

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Itamar Rodrigo de Moura Soares

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE RECARGA DE
VEÍCULOS ELÉTRICOS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS NA
CIDADE DE SANTA MARIA**

Santa Maria, RS

2022

Itamar Rodrigo de Moura Soares

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE RECARGA DE VEÍCULOS
ELÉTRICOS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS NA CIDADE DE SANTA
MARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro de Mecânico**.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Roos

Santa Maria, RS
2022

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS NA CIDADE DE SANTA MARIA

Itamar Rodrigo de Moura Soares¹, Cristiano Roos²

RESUMO

No atual cenário mundial, a adesão aos veículos elétricos vem crescendo cada vez mais, inclusive no Brasil. A fim de fomentar ainda mais esse crescimento, é essencial que os países realizem investimentos em infraestrutura, como por exemplo, instalação de estações de recarga. Diante deste panorama, o objetivo da presente pesquisa é analisar a viabilidade econômica de um sistema de recarga de veículos elétricos em um posto de combustível na cidade de Santa Maria. Para desenvolver o estudo, coletou-se informações referente a 9 estações de carregamento rápido nível III. Foram modelados 54 cenários, compreendendo os modelos de recarga selecionados, as bandeiras tarifárias de energia elétrica e os horários de funcionamento dos equipamentos. Os métodos de Engenharia Econômica utilizados foram o Valor presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback Descontado, combinados com o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) e o valor R\$/kWh consumido de cada modelo. Os resultados obtidos foram um VPL máximo negativo de R\$ -2.896.317,54, sendo seu investimento inviável. O Modelo mais viável foi o WEG wemob Parking, com um VPL de R\$ 79.688,14, apresentando uma TIR de 23,58% e o Payback de 4,47 anos.

Palavras-Chave: Veículos Elétricos; Estações de recarga; Engenharia econômica.

¹ Graduando em Engenharia de Mecânica, autor; Departamento de Engenharia de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia – UFSM.

² Engenheiro de Produção, orientador; Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – UFSM.

ECONOMIC FEASIBILITY OF AN ELECTRIC VEHICLE RECHARGE SYSTEM AT A FUEL STATION IN THE CITY OF SANTA MARIA

AUTHOR: Itamar Rodrigo de Moura Soares

ADVISOR: Cristiano Roos

ABSTRACT

In the current world scenario, the adhesion to electric vehicles has been growing more and more, including in Brazil. In order to further foster this growth, it's essential that countries make investments in infrastructure, such as installing charging stations. Given this scenario, the objective of this research is to analyze the economic feasibility of an electric vehicle charging system at a fuel station in the city of Santa Maria. To develop the study, information was collected from 9 level III fast charging stations. 54 scenarios were modeled, comprising the selected recharge models, the electricity tariff flags and the operating hours of the equipment. The Economic Engineering methods used were the Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Discounted Payback, combined with the Annual Equivalent Cost (CAUE) and the R\$/kWh consumed value of each model. The results obtained were a maximum negative NPV of R\$ -2.896.317,54, making its investment unfeasible. The most viable model was the WEG wemob Parking, with a NPV of R\$ R\$ 79.688,14, presenting an IRR of 23,58% and a Payback of 4,47 years.

Keywords: Electric Vehicles; Charging Stations; Economic Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- CAUE expresso em R\$, referente a bandeira verde.	33
Figura 2 - CAUE expresso em R\$, referente a bandeira vermelha patamar 2.	34
Figura 3 - Combinação entre o CAUE e o R\$/kWh referente à bandeira tarifária verde.....	35
Figura 4 - Combinação entre o CAUE e o R\$/kWh referente à bandeira tarifária vermelha patamar 2.	36
Figura 5 - Gráfico da TIR para as bandeiras verde e vermelha Patamar 2.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo da modalidade tarifa Horosazonal Verde para o subgrupo A4.	23
Tabela 2 - Histórico da inflação (IPC-A) anual nos últimos 10 anos.....	24
Tabela 3 - Histórico de reajuste da tarifa de energia elétrica anual nos últimos 8 anos.....	25
Tabela 4 - Histórico de rendimento anual da poupança nos últimos 8 anos.	26
Tabela 5 - Custo com energia elétrica.	30
Tabela 6 - Cenários para aplicação do VPL, TIR e Payback Descontado.....	31
Tabela 7 - VPL aplicado para a bandeira tarifária verde.	37
Tabela 8 - VPL aplicado à bandeira tarifária vermelha patamar 2.....	38
Tabela 9 - Resultado cálculo do Payback descontado, em anos, para as bandeiras verde e vermelha patamar 2.	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos de análise econômica aplicados e seus respectivos autores.	21
Quadro 2 - Bandeiras tarifárias.....	23
Quadro 3 - Modelos analisados com suas respectivas características.	27
Quadro 4 - Preços dos modelos de postos de recarga rápida escolhidos neste estudo.	28
Quadro 5 - Divisão dos turnos de funcionamento da estação de recarga.	30
Quadro 6 - Quantidades de recargas referentes aos modelos elétricos.....	33

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE QUADROS.....	7
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA DE PESQUISA	9
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 OBJETIVOS	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS	12
2.2 POSTOS DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS	13
2.3 PERSPECTIVAS PARA VEICULOS ELÉTRICOS E POSTOS DE RECARGA	13
2.4 ESTUDOS ENVOLVENDO A INSTALAÇÃO DE POSTOS DE RECARGA	14
2.5 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	16
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
3.1 CENÁRIO.....	19
3.2 MÉTODOS DE PESQUISA.....	19
3.3 ETAPAS DE PESQUISA.....	20
4 RESULTADOS E ANÁLISES	22
4.1 DADOS BÁSICOS PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	22
4.1.1 Tarifa de energia elétrica.....	22
4.1.2 Correção monetária e reajuste da tarifa de energia elétrica	24
4.1.3 Taxa Mínima de Atratividade	25
4.2 DADOS ESPECÍFICOS PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	26
4.2.1 Modelos de postos de recarga rápida selecionados para o estudo.....	26
4.2.2 Investimentos para a aquisição e custos com a depreciação dos equipamentos	28
4.2.3 Custos com a instalação e a manutenção dos equipamentos.....	29
4.2.4 Custos com energia elétrica consumida pelo equipamento.....	29
4.3 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS	31
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
5 CONCLUSÃO.....	42
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

Veículos com motores à combustão detiveram uma evolução mais rápida devido à menor complexidade do sistema e ao baixo custeamento (FGV ENERGIA, 2016). No entanto, com as mudanças climáticas causadas pela emissão de poluentes, além do avanço da tecnologia, os veículos elétricos começaram a ganhar destaque, sendo atualmente um modo de locomoção ideal para substituir os modelos com motores à combustão.

Hoje a mobilidade baseada em veículos elétricos no mundo é pequena, porém, em virtude dos impactos ambientais e o aumento na produção de energia sustentável, a frota de veículos elétricos vem crescendo rapidamente. Em 2018 as vendas de veículos elétricos atingiram um valor de 1,98 milhão, levando o estoque global a um total de 5,12 milhões, quebrando o recorde de 2017 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018). No Brasil o primeiro veículo elétrico foi emplacado somente em 2006, mas desde então a frota vem crescendo aos poucos. Em 2018 o Brasil fechou o ano com 10.590 veículos elétricos e híbridos, na qual este número representa um crescimento anual médio desde 2012 de 112% ao ano, atingindo neste período um valor de 0,2% das vendas totais no país (CENTRO BRASILEIRO DE INFRA ESTRUTURA, 2020).

Para que a frota continue crescendo é essencial que o país realize investimentos em infraestrutura, aumentando a quantidade de postos de recarga rápida, fator significativo para estimular os consumidores a adquirir veículos elétricos. A empresa EDP Brasil (Energias de Portugal) planeja inaugurar 30 eletropostos de recarga ultra rápida na região sudeste entre 2019 e 2020, ao custo de R\$ 32,9 milhões. Não há dados oficiais sobre a quantidade de estações de recarga no país, entretanto segundo o site ou aplicativo PlugShare (2020), o país hoje dispõe de mais de 300 estações de recarga, a maioria localizado no Sudeste. O estado do Rio Grande do Sul contabiliza 22 postos de recarga, sendo: catorze em Porto Alegre, dois em Caxias do Sul, um em cidades como Novo Hamburgo, Sapiranga, Gramado, Canoas, Santa Cruz do Sul e Gravataí. Com estes dados e conceitos introdutórios, segue-se para a definição do tema e do problema de pesquisa que originou este trabalho.

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA DE PESQUISA

A presente pesquisa tem como temática a Engenharia Econômica aplicada em um estudo para a instalação de uma estação de recarga rápida para veículos elétricos nas dependências de um posto de combustíveis em Santa Maria. O tema de pesquisa segue uma

indagação desenvolvida em um contexto atual e prático, descrito da seguinte forma: há viabilidade econômica na instalação de um posto de recarga rápida para veículos elétricos nas dependências de um posto de combustíveis em Santa Maria?

1.2 JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa pode ser justificada pelo aumento na frota de veículos elétricos no país. Isto é, sistemas de realimentação são cruciais para o avanço deste tipo de tecnologia. A eletromobilidade tem como maior fator de impacto a capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, principalmente em um mundo extremamente direcionado para a descarbonização (ROITMAN, 2019). Os veículos elétricos surgem como uma alternativa para a redução das emissões de gases de efeito estufa, os quais trazem efeitos negativos nos ecossistemas, na saúde humana e ambiental (VARGAS, 2016).

Em 2018 a câmara dos deputados aprovou a Lei 13. 755/ 2018 que institui o Programa Rota 2030, Mobilidade e Logística, nova política industrial para o setor automotivo, programa que apoia o desenvolvimento tecnológico, competitividade, inovação, eficiência energética e a proteção ao meio ambiente (redução na emissão dos Gases de Efeito Estufa). Segundo a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climática (COP 2021), os países deverão reduzir ou cortar as suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e descarbonizar as suas economias, durante a segunda metade deste século, para limitar o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais. O Brasil está incluído neste acordo, e se propôs a reduzir as suas emissões em 37% até 2025 (em relação às emissões de 2005), com uma meta indicativa de 43% até 2030.

Em vista destas perspectivas o desenvolvimento de infraestrutura para sistemas de recarga para veículos elétricos dever ser grande, de forma a atender a demanda do país. Portanto, para atender estas soluções são necessários estudos relacionados a viabilidade técnica e econômica para diferentes modelos de recarga, afim de determinar a viabilidade do investimento considerando o ponto de vista econômico.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo geral desta pesquisa é analisar a viabilidade econômica de uma estação de recarga de veículos elétricos a ser instalado em um posto de combustível na cidade Santa

Maria. A fim de complemento do objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Buscar diferentes fabricantes que comercializam postos de recarga rápida;
- Coletar dados técnicos a respeito dos modelos de postos de recarga rápida comercializados pelos fabricantes selecionados;
- Buscar informações a respeito dos modelos com os fabricantes, levantando dados sobre os investimentos iniciais, além dos custos de operação e manutenção;
- Aplicar métodos de cálculo buscando verificar a viabilidade do investimento do ponto de vista econômico.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco seções principais. A primeira consiste na introdução, onde se definiu o tema, o problema de pesquisa, a importância do desenvolvimento da pesquisa, além dos objetivos geral e específicos. Posteriormente realizou-se o referencial teórico, onde se estabeleceu conceitos relevantes para a compreensão da pesquisa, além de selecionar referências que abordam problemas semelhantes ao presente trabalho. A partir do referencial teórico foi possível estruturar de forma correta os procedimentos metodológicos. Assim, na terceira seção, a respeito procedimentos metodológicos, descreveram-se o cenário, as classificações e as etapas de pesquisa. A quarta seção refere-se aos resultados, onde se tem o estudo de viabilidade econômica e as análises dos resultados. Finalmente a última seção, descreve a conclusão do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico vai abordar as definições básicas sobre veículos elétricos, estações de recarga de veículos, bem como alguns estudos sobre o avanço destas tecnologias. Também serão apresentados conceitos básicos referentes à análise de viabilidade econômica. Por último, serão abordados estudos aplicados abrangendo a análise de viabilidade econômica para a instalação de estações de recarga de veículos elétricos.

2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Segundo Zhao (2019), a indústria de veículos elétricos surgiu em alguns países industrializados como resposta aos efeitos da crise ambiental, às preocupações com a segurança energética e à crescente demanda por carros. Segundo a EVgo (2019), existem algumas distinções entre os veículos elétricos. Segundo esta referência, os veículos são classificados conforme o grau em que a eletricidade é usada como fonte de energia, isto é, existem três modelos principais: Veículo Elétrico a Bateria (VEB), Veículo Elétrico Híbrido (VEH) e Veículo Elétrico Plug-in (VEHP).

A bateria é um fator crucial para o funcionamento dos veículos elétricos e híbridos, pois seu propósito é prover energia ao motor. Veículos elétricos puros, ou seja, Veículos Elétricos a Bateria (VEBs) dependem apenas de baterias como fonte de energia, dispondo de um alcance limitado em relação a autonomia (RAFELE, 2019). Por outro lado, Veículos Elétricos Híbridos (VEHs) são projetados para operar tanto com um motor elétrico quanto um motor de propulsão por combustível fóssil tradicional, configuração que permite a estes veículos percorrerem distâncias maiores (RAFELE, 2019).

Atualmente existem dois modelos de veículos elétricos híbridos, conhecidos como não Plug-in (VEH comum) e Plug-in, sendo que nos VEHs comuns não há a possibilidade de recarregar as baterias em uma rede elétrica (HIERMANN, 2019).

Os veículos Elétricos Plug-in (VEHP) são constituídos por dois motores, um alimentado a combustão interna e outro alimentado através de eletricidade, dispondo de uma bateria recarregável embutida em seu sistema (HIERMANN, 2019). O modo de propulsão de um VEHP pode ser alterado pelo usuário através de uma unidade de bordo, desta forma, o que o distingue do VEH é que, este pode ser conectado a uma rede elétrica para regenerar sua carga (HIERMANN, 2019).

2.2 POSTOS DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

De acordo com Ge, Feng e Liu (2011), postos de recarga é o fator crucial para o avanço da mobilidade elétrica. Basicamente uma estação de carregamento é constituída por cabo de energia, suporte, plugue de conexão, tomada elétrica e conector, sendo que as configurações das estações podem variar de país para país, visto que há dependência de alguns fatores como frequência, tensão, conexão à rede elétrica entre outros padrões (FALVO, 2014).

Segundo o Center on Global Energy Policy (2019), o tempo de carga está diretamente associado ao nível de potência do carregador, que estão classificados em três níveis de carga. Nível I: geralmente esse nível é utilizado em residências e locais de trabalho, com uma voltagem de até 120 Volts, dispondo de capacidades energéticas de 1,4 kW a 1,9 kW. Nesse modelo o tempo para atingir a carga total pode levar até 12 horas.

Nível II: Modelo empregado em residências, locais públicos e locais de trabalho, dispondo de uma voltagem de 220 a 240 Volts, apresentando uma capacidade energética de 3,4 a 19,2 kW. O tempo de carregamento total para uma bateria de 30kWh é de aproximadamente 6 horas. Nível III: denominado *Fast Chargers* ou recarga rápida, disposto em centros urbanos, possuindo uma voltagem de 240 a 480 Volts e capacidade energética pode variar de 24 kW a 90 kW. O tempo de recarga pode variar de estação para estação, em vista de que alguns postos podem fornecer até 400 kW, o que proporciona carga completa em um curto espaço de tempo, de aproximadamente 10 minutos.

Conforme Gjelij (2017), além dos níveis I, II, III, existe o nível IV de recarga, desenvolvido para carregar veículos elétricos em corrente contínua, modelo disposto em locais urbanos, com uma capacidade energética de 240 a 300 kW, com até 400 amperes. O tempo de recarga para uma bateria de 50 a 120 kW pode variar de 30 a 50 minutos.

2.3 PERSPECTIVAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS E POSTOS DE RECARGA

De acordo com Bokolo (2020), a mobilidade elétrica é um sistema que tem como propósito melhorar os meios de locomoção nas cidades, contribuindo para o desenvolvimento de transporte sustentável, através de investimento em infraestrutura e tecnologia. Conforme a Bloomberg New Energy Finance (2019), a projeção para vendas de veículos elétricos de passageiros no mundo deve subir de 2 milhões de 2018, para 28 milhões em 2030 e 56 milhões em 2040. Enquanto que o comércio de veículos convencionais deve ter uma queda

nas vendas, em torno de 42 milhões em 2040. A tendência da eletrificação ocorre devido, principalmente, às reduções acentuadas nos custos das baterias dos veículos elétricos.

As fabricantes Tesla, BMW, Ford, General Motors e outras, anunciaram investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor de mobilidade elétrica para o período de 2020 a 2025 (ALLEN, 2017). De acordo com International Energy Agency (2019), considerando o cenário EV30@30, é estimado um valor de 44 milhões de VEs comercializados por ano até 2030, corroborando para um estoque global superior a 250 milhões de VEs.

A infraestrutura é um setor que necessita de altos investimentos, segundo a Bloomberg New Energy Finance (2019), a frota global VEs em 2018 alcançou 5 milhões, apoiada por 632 mil estações de recarga públicas em todo mundo. No cenário EV30@30, as projeções da International Energy Agency afirmam a necessidade de algo entre 14 e 30 milhões de postos de recarga para atender pelo menos veículos de passageiros regulares.

Conforme Wang, Tang e Pan (2019), com o intuito de obter um sistema de transporte sustentável, autoridades governamentais de todo mundo pretendem aderir aos veículos elétricos, sendo que alguns países realizam políticas de incentivo, como subsídios, incentivos fiscais e política regulatória para promover a mobilidade elétrica. No Brasil, de acordo com a CPFL Energia (2015), o governo federal zerou o imposto de importação para veículos movidos à eletricidade ou hidrogênio. Ainda, estados como São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul concedem um desconto de 50% no IPVA para veículos elétricos, enquanto que, Piauí, Maranhão, Ceará, Sergipe, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte e Pernambuco oferecem isenção de IPVA para modelos elétricos. Já o Programa Rota 2030 cobrirá um período de 15 anos (até o fim de 2032), contribuindo para uma redução do IPI para carros elétricos e híbridos, além da isenção do imposto de importação, e redução de até 15,3% do valor gasto em P&D no Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e Construção Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL).

2.4 ESTUDOS ENVOLVENDO A INSTALAÇÃO DE POSTOS DE RECARGA

Com o avanço da mobilidade elétrica e a necessidade da implantação de estações de recarga são necessários investimentos em infraestrutura e tecnologia, o que corrobora para o desenvolvimento de estudos envolvendo a viabilidade técnica e econômica, fatores essenciais para determinar a melhor opção de investimento. Com o intuito de entender como resolver melhor o problema de pesquisa deste trabalho, foram buscados trabalhos com propostas semelhantes.

Gjelaj (2017), desenvolveu um estudo com o propósito de determinar um projeto ideal de carregamento rápido com integração de BESs (Sistema de Armazenamento de Energia da Bateria), reduzindo impactos na rede, com uma análise de custo Benefício (CBA) de: custo da instalação, vida útil das baterias e preço da bateria. Utilizou-se dois métodos, o primeiro utiliza os BESs dentro das estações de carregamento com a conexão às redes de baixa tensão e, o segundo método, com as estações de carregamento conectadas à rede de média tensão (MV). No projeto considerou os métodos de *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor presente Líquido (VPL).

Liu et al. (2013), apresentam um estudo com intuito de otimizar um investimento em estações de recarga de veículos elétricos, abordando a relação entre o número de dispositivos de cobrança e a economia de investimento. A análise inclui a configuração da infraestrutura, sistemas de distribuição de energia, carregamento e controle. A viabilidade do projeto é verificada através da TIR, calculada considerando nove cenários para os dispositivos de cobrança, fundamentando-se no método Matemático das Filas. No modelo de posto otimizado os níveis de carregamento correspondem a regular, rápido e mecânico. Após a análise de resultados, mesmo com alguns valores da TIR maiores, os autores selecionam um modelo com TIR um pouco inferior, justificado pela qualidade do serviço oferecido ao consumidor, e pelo fato de o projeto ser viável economicamente.

Guedes et al. (2019), elaboram um estudo com a finalidade de implantar estações de recarga de níveis II e III em universidades brasileiras. Os dados da pesquisa foram retirados da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) de Minas Gerais. Nesse contexto os autores consideram universidades genéricas (situação hipoteticamente criada com características semelhantes) de estados como: Bahia, São Paulo, Rio de Janeiro e Sergipe, com a finalidade de realizar comparações econômicas, considerando tarifas de energia de cada um dos estados de acordo com a ANEEL, além do Imposto sobre a Circulação de Bens e Serviços (ICMS). Para a análise de viabilidade calcularam o VPL, a TIR e o *Payback*, fundamentando-se em um período de 10 anos. O sistemas que apresentaram uma maior viabilidade nos níveis II e III, foram os modelos sugeridos para a UFJF, onde os valores para o VPL, TIR e *Payback* corresponderam a R\$ 453.029,00, 89,3% e 2 anos respectivamente para a estação nível II. Para a estação Nível III, os valores para VPL, TIR e *Payback* foram R\$ 660.816,00, 19,3% e 9 anos respectivamente. Assim, os dois investimentos comprovaram viabilidade.

Os autores Ortenzi, Orchi e Pede (2017), desenvolveram um estudo de viabilidade técnica e econômica para um serviço de transporte público elétrico na cidade italiana de L'Aquila, na qual as estações de recarga rápida são equipadas com Sistema de

Armazenamento de Energia (ESS). Avaliou-se dois tipos de posto recarga: um no terminal e o segundo a ser inserido em alguns pontos de ônibus. Foram avaliados cinco cenários, com a finalidade de identificar os custos de investimentos. Examinou-se a rentabilidade do projeto através do VPL para um período de 10 anos. Em conclusão todos os cenários obtiveram VPL positivo, entretanto, o modelo de recarga destacado teve um custo de R\$ 0,65 milhões de euros e um VPL de 137,082 mil euros. Os autores ressaltam a dificuldade de confirmar a viabilidade do projeto, em virtude das condições de mercado, dado um alto grau da variabilidade que caracterizam os dados econômicos que tem evolução contínua e rápida.

Schroeder e Traber (2012), apresentam um estudo de cobrança pública onde foi realizado um estudo de viabilidade econômica sobre um investimento referente a um posto de recarga nível III, com potência de 62,5 kW, situado na Alemanha. No estudo consideraram-se os gastos com eletricidade, manutenção, além dos custos operacionais. Utilizou-se o Retorno sobre o Investimento (ROI) para determinar a viabilidade do investimento. Para uma única estação de carregamento, obteve-se um custo de 95 mil euros, sendo necessário uma demanda de mais de 30 veículos elétricos plug-in por dia (600kWh) para cobrir os custos. Assim, os autores consideram improvável a implementação do projeto.

2.5 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

De acordo com Reilly e Brown (2011), investimento é a alocação de recursos financeiros por um determinado período de tempo com a finalidade de obter pagamentos futuros, ou seja, visando retorno financeiro que compensem o investidor, na qual este pode ser um indivíduo, um governo, um fundo de pensão ou uma corporação, enquanto que, os investimentos podem ser realizados em empresas, ações, imóveis, instalações entre outros. Conforme Puccini (2011), a análise de investimentos é essencial em projetos, em vista de possibilitar a determinação da viabilidade financeira do mesmo, sendo essa análise realizada através dos fluxos de caixas.

Investimento pode ser definido como um gasto que tem a finalidade de realizar melhorias no processo de produção, sendo um estudo abrangente que envolve critérios financeiros, econômicos e imponderáveis, onde os métodos para análise de investimento correspondem: *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) (RYBA; LENZI; LENZI, 2012). Para Motta e Calôba (2011) investimento envolve conhecimento em estatística, matemática financeira e informática, com uso dos seguintes

métodos: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* e Método de Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).

Taxa mínima de atratividade (TMA), corresponde à menor taxa de juros que se deseja obter ao realizar um investimento, de forma ser a ser considerada como uma taxa de retorno necessária para que investidores apliquem seu capital em um negócio (FRASER; JEWKES, 2012). A TMA pode ser considerada a alma de qualquer análise de investimento, mas não há uma fórmula que calcule a TMA, assim, há alguns critérios para a escolha da TMA: rentabilidade, grau de risco e segurança da aplicação, liquidez, cenário do local do investimento (país ou estado) e inflação (RYBA; LENZI; LENZI, 2012).

O Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) consiste em determinar uma série anual uniforme que corresponda aos fluxos de caixa, seja receitas e despesas dos investimentos descontados a taxa mínima de atratividade (DUARTE et al., 2007). Nos projetos que envolvem equipamento, é fundamental o estudo de viabilidade do empreendimento, pois, as justificativas de execução, ou não, do projeto são baseadas em análises (HIRSCHFELD, 2000). Conforme Casarotto e Kopttike (2017), através do CAUE é possível determinar se um equipamento deve ser substituído.

Valor Presente Líquido (VPL), corresponde ao valor presente dos fluxos de caixa somado ao investimento inicial de um projeto (CASAROTTO; KOPTTIKE, 2000). Segundo Kassai et al. (2000), o VPL é um dos melhores métodos e o mais indicado para análise de investimentos de projetos, visto que, além de trabalhar com fluxo de caixa descontado, apresenta resultados em espécie, evidenciando a riqueza do investimento. Conforme Helfert (1997), o VPL indica se um investimento, durante a sua vida econômica, alcançara a taxa de retorno aplicada no cálculo, em vista que, seus resultados dependem de prazos e oportunidades de ganhos estabelecidos.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como uma taxa de juros na qual o valor presente de um fluxo de caixa é nulo (RYBA; LENZI; LENZI, 2012). A TIR é a taxa de desconto que faz com que o VPL do investimento se iguale a zero, quando o VPL de um investimento é positivo, tem-se que a TIR excede seu custo de capital, caso o VPL seja negativo, logo a TIR é menor que seu custo capital (ATKINSON et al., 2015).

O *Payback* Simples (PBS) é o método que não considera nenhum tipo de taxa de juros, sendo utilizado para determinar o tempo necessário para que um investimento seja recuperado, e este processo acontece quando a soma dos lucros em um determinado período se torna maior que o investimento (RYBA; LENZI; LENZI, 2012). Segundo Lapponi (1996), o *Payback* Simples consiste em um método de avaliação que determina o prazo de

recuperação do investimento, desconsiderando o custo de capital, enquanto que, o *Payback* Descontado (PBD) determina o prazo de recuperação do capital investido em um projeto, levando em consideração o dispêndio do dinheiro no tempo à TMA.

Com os conceitos apresentados, segue-se para seção de procedimentos metodológicos desta pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, dividida em três subseções, serão abordados os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho de pesquisa. A primeira subseção descreve o cenário na qual a pesquisa é aplicada. A segunda subseção detalha o método de pesquisa. Enfim, na terceira subseção são descritas as etapas de pesquisa.

3.1 CENÁRIO

Este estudo foi desenvolvido na cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, especificamente para um posto de combustíveis. A localização do posto não é definida, pois, trata-se de um estudo aplicável para qualquer posto de combustíveis na cidade. Isto contribui com o fato de que estes estabelecimentos futuramente poderão instalar estações de recarga de veículos elétricos. Outra justificativa é que o retorno financeiro, que será conhecido ao fim do trabalho, poderá despertar interesse do investidor ou empresário da cidade.

A cidade de Santa Maria localiza-se na região central do estado. Estima-se que a cidade possua uma população de 282.123 habitantes para o ano de 2020 (IBGE, 2020). De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito (2020), a cidade conta com uma frota de 171.042 veículos em abril de 2020, na qual 102.836 são automóveis, o que corresponde a 60,12% da frota total da cidade. Referente à frota de veículos, contabiliza-se 36 veículos elétricos híbridos e 6 veículos elétricos a bateria.

O crescimento do comércio de veículos elétricos no Brasil é dependente diretamente dos incentivos políticos e econômicos, além de investimentos em infraestrutura, que sustentam e promovem a adesão desta tecnologia no país. Sendo assim, o presente trabalho propôs-se a analisar tecnicamente e economicamente a instalação de uma estação recarga rápida nível III nas dependências de um posto de combustíveis na cidade Santa Maria.

3.2 MÉTODOS DE PESQUISA

Pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático constituído de várias fases, na qual sua finalidade é a busca para soluções de problemas (GIL, 2017). Pesquisa corresponde a soma de processos sistemáticos, empíricos e críticos usados para estudar fenômenos (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2012). Conforme Miguel (2012), para

encontrar a resposta de uma mesma pergunta de pesquisa, pode utilizar-se diferentes métodos de pesquisa, tal qual, a escolha pode depender de fatores como: tempo e recursos, essência do problema de pesquisa, acesso aos dados, entre outros.

Segundo Gil (2002), toda e qualquer classificação é definida de acordo com algum critério, tratando-se de pesquisa, a classificação ocorre com base nos objetivos gerais. No contexto da forma de abordagem do problema, a presente pesquisa é definida como quantitativa. A pesquisa quantitativa é caracterizada pela objetividade, na qual utiliza linguagem matemática como ferramenta para descrever as causas de um fenômeno, além das relações entre as variáveis (DA FONSECA, 2002). Segundo Silva (2015), a abordagem quantitativa é descrita pela adoção de métodos dedutivos, além da objetividade, validade e a confiabilidade.

Quanto aos procedimentos técnicos, a presente pesquisa é classificada como modelagem e simulação. Conforme Miguel (2010), a utilização deste método é ideal quando há correlação simultânea das variáveis pré-definidas, com finalidade de obter-se um sistema que viabilize a solução do problema.

No que tange a tipologia da pesquisa, conforme as definições de Miguel (2010), este trabalho classifica-se como axiomático e quantitativo, em vista do conhecimento gerado pelo mesmo com relação ao comportamento de algumas variáveis do modelo, baseado em princípios equivalentes ao comportamento de outras variáveis.

3.3 ETAPAS DE PESQUISA

O principal objetivo da revisão bibliográfica é promover um trabalho com um embasamento teórico apropriado, propiciando a compreensão sobre o contexto no qual o assunto de pesquisa está inserido. Em vista destes aspectos, o conhecimento com relação aos diferentes métodos de Engenharia Econômica foi crucial para dar segmento a esta pesquisa. No Quadro 1 são dispostas as referências utilizadas como base, juntamente com os métodos de Engenharia Econômica aplicados em cada problema de estudo semelhante ao deste trabalho.

Quadro 1 - Métodos de análise econômica aplicados e seus respectivos autores.

Autores	Métodos de Engenharia Econômica
Gjelaj (2017)	TIR, Payback, VPL
Liu et al. (2013)	TIR
Guedes et al. (2019)	VPL, Payback, TIR
Ortenzi, Orchi e Pede (2017)	VPL
Schroeder e Traber (2012)	ROI

Fonte: Autor 2021

Por meio dos conceitos vistos na revisão bibliográfica, os métodos apontados como adequados para este estudo foram o VPL, e *Payback* Descontado. Essas ferramentas foram definidas com o intuito de que, futuramente a instalação de estações de recarga em postos de combustíveis pode ser algo normal, assim, compreender a situação financeira do projeto é essencial para que o investimento seja realizado. Entretanto, inicialmente na presente pesquisa, busca-se somente o modelo mais viável economicamente para fins de instalação, desconsiderando monetização.

A fim de atender o objetivo proposto pela pesquisa, alguns parâmetros foram definidos: valores e taxas referentes a energia elétrica, custos dos equipamentos, custos de instalação dos modelos, custos de manutenção, Taxa mínima de atratividade, correção monetária e depreciação dos equipamentos.

As despesas referentes a aquisição dos sistemas de recarga rápida Nível III, basearam-se em pesquisas com seis fornecedores, sendo nove modelos ao total. Custos relacionados a instalação e manutenção foram determinados conforme bibliografias.

Com todas as informações coletadas, realizou-se as simulações dos 54 cenários com intuito de analisar a situação econômica de cada modelo. Os resultados relacionados a VPL, TIR e *Payback*, foram obtidos através do *software Microsoft Excel*. Os resultados foram exibidos através de tabelas e gráficos, sendo estes comparados com estudos mencionados na neste trabalho.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

A presente seção tem o intuito de apresentar os resultados da pesquisa juntamente com as análises realizadas, consistindo em quatro subseções: a primeira trata dos dados básicos do projeto; a segunda traz os dados específicos para o estudo de viabilidade econômica; a terceira apresenta a modelagem e a simulação de cenários; a quarta mostra a análise dos resultados.

4.1 DADOS BÁSICOS PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Os dados básicos referentes ao estudo de viabilidade econômica são estruturados em: tarifa de energia elétrica; correção monetária; Taxa Mínima de Atratividade.

4.1.1 Tarifa de energia elétrica

A tarifa de energia elétrica corresponde à composição de valores calculados que representam cada parcela dos investimentos e operações técnicas realizadas pelos agentes da cadeia de produção e da estrutura necessária para que a energia possa ser utilizada pelo consumidor (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020). Para a cidade de Santa Maria e região a empresa encarregada pela distribuição de energia é a Rio Grande Energia Sul (RGE Sul).

É fundamental ter conhecimento quanto à classificação do custo da energia elétrica. Esse custo é determinado pela diferença do consumo energético em determinados horários do dia. Conforme a Companhia Paulista de Força e Luz (2019), há um aumento na tarifa de energia no turno das 18h até às 21h, pois se refere ao “horário de pico”, ou simplesmente horário de ponta, onde há um maior consumo de energia por parte da população, além dos setores industriais. Segundo a Companhia Paranaense de Energia (2019), o intervalo fora do horário das 18h até às 21h é denominado “horário fora de pico”, também chamado de horário fora de ponta, na qual a tarifa atribuída ao consumo de energia detém um valor menor com relação ao valor cobrado no horário de ponta.

Conforme Azevedo et al. (2011), a modalidade tarifária para um posto de combustível é a THS-Verde (Tarifa Horosazonal Verde) Grupo A4 convencional (2,3 a 25kV). A Tabela 1 exhibe o custo do consumo de energia com a classificação do horário, com os tributos já acrescidos.

Tabela 1 - Custo da modalidade tarifa Horosazonal Verde para o subgrupo A4.

Horário	Tarifa (R\$/kWh) já acrescida dos tributos
Ponta	2,340451872
Fora de Ponta	0,553017642

Fonte: CPFL Energia, RGE SUL (2021).

Conforme a Agencia Nacional de Energia Elétrica (2015), no Brasil além das tarifas estabelecidas para os horários de ponta e fora de ponta, há um sistema de bandeiras tarifárias na qual se determina a probabilidade de ocorrer um acréscimo no valor da energia repassado ao consumidor final. Esse acréscimo ocorre devido às condições para geração de energia. No Quadro 2, tem-se as bandeiras com suas respectivas condições para geração de energia, além dos acréscimos ao valor do quilowatt-hora (KWh).

Quadro 2 - Bandeiras tarifárias.

Cor da bandeira	Condições para geração de energia	Acréscimo (R\$/kWh)
Verde	Condições favoráveis de geração de energia	Nenhum acréscimo
Amarela	Menos favoráveis à geração de energia	0,01874
Vermelha patamar 1	Mais custosas para geração de energia	0,03971
Vermelha patamar 2	Ainda mais custosas para geração de energia	0,09492

Fonte: Agencia Nacional de Energia Elétrica 2021

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2016), os custos médios com tributos representam um valor de 29,5% da conta de energia elétrica. Entretanto, esse valor pode variar de estado para estado, devido às diferenças das alíquotas, especificamente: ICMS, PIS e COFINS. Conforme a Rio Grande Energia Sul (2015), a alíquota referente ao ICMS é de 30%. De acordo com Companhia Paulista de Força e Luz (2019), as alíquotas referentes ao PIS e COFINS para o estado do Rio Grande do Sul correspondem respectivamente a 0,95% e 4,42%.

4.1.2 Correção monetária e reajuste da tarifa de energia elétrica

No presente estudo determinou-se a correção monetária com base nos valores da inflação em um período de 10 anos, de 2011 até 2020. Os dados da inflação anual no período com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPC-A) do IBGE foram obtidos pela calculadora do cidadão (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021). Na Tabela 2 está o histórico de inflação pelo IPC-A nos 10 anos coletados.

Tabela 2 - Histórico da inflação (IPC-A) anual nos últimos 10 anos.

Ano	Inflação anual pelo IPC-A (%)
2012	5,84
2013	5,91
2014	6,41
2015	10,67
2016	6,29
2017	2,95
2018	3,75
2019	4,31
2020	4,52
2021	9,26

Fonte: Adaptado Banco Central do Brasil (2021).

Com base nos dados da Tabela 2, obteve-se o valor total da inflação aproximado de 78,5% para o período determinado. Por meio da Equação 1, referente a taxa de juros equivalente (BLANK, TARQUIN, 2008), calculou-se a inflação média anual correspondente ao período.

$$i_a = (1 + i)^m - 1 \quad (1)$$

Onde: i_a corresponde a taxa de juros (% ao período); i é a taxa de juros do período escolhido (% ao período); m é o período de relação das duas taxas de juros. Realizado o cálculo obteve-se o valor de 5,96543% ao ano para taxa média de inflação.

Determinou-se na sequência o reajuste da tarifa de energia elétrica pelos dados do período de 2014 até 2021, obtidos segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2021), para a empresa RGE Sul. Na Tabela 3 está o histórico de reajustes.

Tabela 3 - Histórico de reajuste da tarifa de energia elétrica anual nos últimos 8 anos.

Ano	Reajuste Anual da Tarifa Elétrica (%)
2014	28,90
2015	42,10
2016	-0,30
2017	-5,60
2018	21,10
2019	2,94
2020	5,22
2021	9,08

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2021).

Destarte, com os dados da Tabela 3 e considerando um período de tempo de 8 anos aplicou-se a Equação 1, obtendo um reajuste médio da tarifa de energia elétrica de 9,2835% ao ano.

4.1.3 Taxa Mínima de Atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade foi determinada com base no rendimento da poupança dos últimos 8 anos. Em virtude da mudança na regra de correção com a medida provisória nº 567/2012, divulgado no dia 04 de maio de 2012, encontram-se alteradas as regras de caderneta de poupança, assim sendo, as novas cadernetas de poupança ou depósitos feitos nessa modalidade detiveram uma nova regra de remuneração (PORTAL BRASIL, 2012). Foram coletados dados do início de 2014 até 2021, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Histórico de rendimento anual da poupança nos últimos 8 anos.

Ano	Rendimento Anual Acumulado
2014	7,02%
2015	7,945 %
2016	8,348%
2017	6,889%
2018	4,681%
2019	4,345%
2020	4,52%
2021	10,74%

Fonte: Portal Brasil (2021).

O rendimento total para o período de 8 anos foi de 54,4879. Ao aplicar a Equação 1 obtém-se o rendimento médio anual de 6,41% valor que foi utilizado para TMA nos cálculos referentes a viabilidade econômica.

4.2 DADOS ESPECÍFICOS PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Esta subseção traz dados e informações técnicas sobre os modelos das estações de recarga rápida, nível III, determinados para o estudo. Ademais são apresentados dados específicos com relação a investimentos e despesas destes equipamentos.

4.2.1 Modelos de postos de recarga rápida selecionados para o estudo

A seleção dos modelos de estações de recarga rápida foi baseada em uma pesquisa com fabricantes e distribuidores. Além dos modelos já utilizados em território nacional, também se considerou protótipos compatíveis com a presente pesquisa. A busca foi realizada, onde encontrou-se nove modelos de seis fabricantes distintos, comercializados por quatro distribuidoras, na qual, duas são estrangeiras.

É importante ressaltar que devido às diferenças entre os nove modelos selecionados a escolha de um equipamento para aplicação real deve se basear em informações técnicas, como: voltagem, potência, corrente, modelos de conectores e cabos, capacidade da estação (capacidade de carregamento de mais de um veículo de forma simultânea), eficiência de

recarga e o software de operação. O Quadro 3, apresenta as informações técnicas básicas dos modelos.

Quadro 3 - Modelos analisados com suas respectivas características.

Modelos	Nível	Voltagem (V)	Potência (kW)	Amperes (A)	Veículos suportados	Marca dos veículos compatíveis
ChargePoint Express 100 CPE100	III	480	25	62	1	Chevrolet, Ford, Nissan, Tesla, BMW, outros
ChargePoint Express 200 CPE200	III	480	50	125	2	Chevrolet, Ford, Nissan, Tesla, BMW, outros
ChargePoint Express 250	III	480	62,5	125	2	Chevrolet, Ford, Nissan, Tesla, BMW, outros
Efacec QC45	III	480	50	125	2	Chevrolet, Ford, Nissan, Tesla, BMW, outros
Delta wallbox DCFC 25kW	III	208, 480 e 240	25	90,40 e 165	2	Volkswagen, GM, BMW, Nissan, Mitsubishi, Audi, Citroen, Mercedes, outros
ABB Terra 53CJG	III	400 e 500	43 e 50	63 e 125	3	Volkswagen, GM, BMW, Nissan, Mitsubishi, Mercedes, Peugeot outros
WEG Wemob Parking	III	380	22	32	2	Compatível com a maioria dos VEs atuais
Evlink Parking Wall mounted	III	220 - 415	22	32	2	Ford, GM, BMW, Tesla, Mitsubishi, Citroen, Renault, Nissan, Kia, Peugeot, Daimler
Evlink Parking Floor Standing	III	220 - 415	22	32	2	Ford, GM, BMW, Tesla, Mitsubishi, Citroen, Renault, Nissan, Kia, Peugeot, Daimler

Fonte: Autor 2021

Assim, características dos modelos como voltagem, amperagem e potência são fatores cruciais para as escolhas das estações. Entretanto, a classe da estação é um fator a ser considerado, seja ela *Floor Standing* ou *Wall Mounted*. Essas características podem ser relevantes para estudos futuros, seja na instalação em postos de combustíveis ou em outros estabelecimentos.

4.2.2 Investimentos para a aquisição e custos com a depreciação dos equipamentos

O presente estudo consiste na análise de uma estação com capacidade de carregamento de mais de um veículo de forma simultânea, considerando a potência de demanda dos modelos. No Quadro 4, estão apresentados os modelos das estações de recarga com seus respectivos valores de mercado, já com a aplicação dos tributos referentes a produtos de importação. Como alguns dispositivos são importados, e possuem seu valor de mercado em dólar, a conversão foi ajustada conforme o valor do dólar para o final do mês de dezembro de 2021 (em 28/12/2021).

Quadro 4 - Preços dos modelos de postos de recarga rápida escolhidos neste estudo.

Distribuidor	Fabricante	Modelo	Preço (R\$)
Smart Charge America	Charge Point	ChargePoint Express 100 CPE100	124.726,81
		ChargePoint Express 200 CPE200	357.217,60
		ChargePoint Express 250	407.108,32
	Efacec	Efacec QC45	321.056,80
Evcharge Solutions	Delta	Delta wallbox DCFC 25kW	124.676,92
ABB	ABB	ABB Terra 53CJG	150.000,00
Neo Solar	WEG	WEG Wemob Parking	33.299,00
	Schneider Electric	Evlink Parking Wall Mounted	35.999,00
		Evlink Parking Floor Standing	39.699,00

Fonte: Autor 2021

As alíquotas sobre importação referente aos modelos comercializados pelos distribuidores Evcharge Solutions e Smart charge America, corresponderam à: Imposto de Importação (II) 18%; Imposto de Produto Industrializado (IPI) 15% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS, 2017); Programa de Integração Social (PIS) 1,65%; Contribuição para Fins Sociais (COFINS) 7,6%; Imposto sobre Operações Financeiras (IOF) 0,38%; Imposto sobre Circulação e Mercadorias e Serviços (ICMS) 18% (PORTAL TRIBUTÁRIO, 2019).

Conforme informações dos fornecedores estima-se que a vida útil do equipamento corresponde a um valor de 10 anos. Entretanto, esse valor pode variar devido às condições de uso do equipamento, local de instalação, obsolescência, manutenção preditiva e preventiva. O cálculo de depreciação neste trabalho baseou-se no método linear, que consiste em uma

redução que ocorre sempre na mesma fração do valor inicial do equipamento (EHRlich; MORAES, 2013). Desta maneira para uma vida útil de 10 anos para os equipamentos selecionados, a taxa de depreciação é de 10% ao ano.

4.2.3 Custos com a instalação e a manutenção dos equipamentos

As despesas referentes à instalação de EVSE podem apresentar uma grande variação, devido aos recursos do local, capacidade elétrica disponível e mão de obra (SMITH e CASTELLANO, 2015). Ainda, existem custos como: de aterramento, segurança, quantidade de estações a ser instalada, empresa executora da instalação, entre outros. Levando em consideração os parâmetros citados, o presente trabalho baseou-se em referências bibliográficas para determinar os custos relacionados à instalação da infraestrutura.

Alguns autores delimitaram o custo de instalação de uma estação de carregamento através da potência do equipamento. De acordo com a Nationale Plattform Elektromobilität (2015), modelos com potências entre 11 e 22 kW apresentam um custo aproximado de R\$ 48.150,00. Conforme Schroeder e Traber (2012), estações com potências de 50 kW tem um custo aproximado de R\$ 321.000,00, enquanto que modelos com 62,5 kW apresentam um custo de R\$ 353.100,00. Os valores de instalação foram convertidos do Euro para o Real, sendo o valor do Euro referente ao dia 03/01/2022, com valor de R\$ 6,42.

O custo de manutenção foi determinado conforme as referências bibliográficas citadas no presente trabalho. Schroeder e Traber (2012), determinam um valor de 10% para custos de manutenção. Desta maneira, o valor estabelecido para o custo anual de manutenção foi de 10% com relação aos custos de instalação do equipamento.

4.2.4 Custos com energia elétrica consumida pelo equipamento

Os modelos selecionados possuem características diferentes. Então, para simplificar o estudo e com a finalidade de analisar cada uma das estações, foi estabelecido um valor padrão para o consumo elétrico dos postos de recarga. Os horários de funcionamento das estações foram baseados no período de atividade comercial de um posto de combustível, sendo determinado o tempo de utilização de cada uma das estações em horas de consumo. É importante salientar que o horário de funcionamento de postos de combustíveis pode variar, sendo que em alguns casos o estabelecimento pode operar por 24 horas. No Quadro 5 está a divisão dos horários de operação da estação de recarga.

Quadro 5 - Divisão dos turnos de funcionamento da estação de recarga.

Turnos	Horário de Funcionamento	Total de Horas
Manhã	6h até 12h	6 horas
Tarde	12h até 18h	6 horas
Integral	6h até 20h	14 horas

Fonte: Autor 2021

Portanto, determinou-se que, o serviço de recarga estará disponível no período em que o posto de combustível estiver em operação, ou seja, no horário comercial de atendimento do estabelecimento.

O consumo de eletricidade dos equipamentos foi definido através de uma estimativa. O valor estimado teve como base a potência dos equipamentos e o turno de funcionamento, sendo este obtido em kWh. Já o custo com a energia elétrica consumida é delimitado com o custo obtido para o R\$/kWh. Na Tabela 5, apresenta-se a relação citada, na qual é possível visualizar o custo diário e mensal de energia elétrica para os modelos selecionados.

Tabela 5 - Custo com energia elétrica.

Modelo (Nível III)	Custo Diário (R\$)			Custo Mensal (R\$)		
	Manhã	Tarde	Integral	Manhã	Tarde	Integral
ChargePoint Express 100 CPE100	82,95	82,95	282,93	1.659,05	1.659,05	5.658,56
ChargePoint Express 200 CPE200	165,91	165,91	565,86	3.318,11	3.318,11	11.317,12
ChargePoint Express 250	207,38	207,38	707,32	4.147,63	4.147,63	14.146,39
Efacec QC45	207,38	207,38	707,32	4.147,63	4.147,63	14.146,39
Delta Wallbox DCFC 25kW	82,95	82,95	282,93	1.659,05	1.659,05	5.658,56
ABB Terra 53CJG	165,91	165,91	565,86	3.318,11	3.318,11	11.317,12
WEG Wemob Parking	73,00	73,00	248,98	1.459,97	1.459,97	4.979,53
Evlink Parking Wall mounted	73,00	73,00	248,98	1.459,97	1.459,97	4.979,53
Evlink Parking Floor Standing	73,00	73,00	248,98	1.459,97	1.459,97	4.979,53

Fonte: Autor (2021).

Os valores das bandeiras tarifárias não foram acrescidos nos dados da Tabela 5. Entretanto, a adição dos valores das bandeiras é fundamental, pois influenciam no resultado

final. Logo, as bandeiras tarifárias serão utilizadas para determinar os cenários, sendo adicionadas na próxima seção.

4.3 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Com a finalidade de obter os resultados referentes ao VPL, TIR, CAUE e *Payback* Descontado, 54 cenários foram construídos considerando os seguintes aspectos: os modelos de recarga rápida; o período de funcionamento; bandeiras tarifárias verde e vermelha patamar 2. As bandeiras tarifárias amarela e vermelha patamar 1 não foram incluídas na simulação, pois o presente trabalho baseia-se em situações extremas, não levando em consideração as bandeiras intermediárias. Tabela 6 são apresentados os cenários de simulação.

Tabela 6 - Cenários para aplicação do VPL, TIR e *Payback* Descontado.

Modelos	Verde			Vermelho Patamar 2		
	M	T	I	M	T	I
ChargePoint Express 100 CPE100	1	2	3	4	5	6
ChargePoint Express 200 CPE200	7	8	9	10	11	12
ChargePoint Express 250	13	14	15	16	17	18
Efacec QC45	19	20	21	22	23	24
Delta wallbox DCFC 25kW	25	26	27	28	29	30
ABB Terra 53CJG	31	32	33	34	35	36
WEG Wemob Parking	37	38	39	40	41	42
Evlink Parking Wall mounted	43	44	45	46	47	48
Evlink Parking Floor Standing	49	50	51	52	53	54

Fonte: Autor (2021).

Os preços de carregamento para estações de recarga nível III são mais elevados quando comparado às cobranças de estações nível II. A estimativa de preços de recarga para eletropostos é diferente de país para país, devido as características energéticas, econômicas, entre outras. Assim, uma série de informações são necessárias para estabelecer um valor coerente de acordo com a economia local.

De acordo com a *Kelley Blue Book* (2019), no Brasil, em média, veículos de passeio (hatch, sedan e perua) rodam 13.000 km por ano, assim os brasileiros percorrem aproximadamente 36,111 km diários. O Chevrolet Bolt padrão europeu tem autonomia de 520 km, apresenta um custo de carregamento de R\$ 39,00 no Brasil. Já o Nissan Leaf padrão europeu, com autonomia de 389 km, tem um custo estimado de carregamento de R\$ 30,00 no Brasil. Segundo a *InsideEVs* (2020), a autonomia média dos veículos elétricos em 2020 correspondeu a 416 km.

Na cidade de Santa Maria há 42 veículos elétricos, sendo 6 VEBs e 36 VEHs. Não há informações cruciais sobre os modelos e suas respectivas características. Desta forma, foi necessário estimar o custo de carregamento para veículos elétricos até a carga completa. O valor estimado foi de R\$ 39,00, mesmo valor de carregamento do Chevrolet Bolt. Para determinação do número de recargas diárias, com base na autonomia média de 416 km, e considerando que o brasileiro percorre em média 36,111 km diários, equivalente a 1.083,6 km mensais, que anualmente corresponde a 13.000 km, estimou-se que cada VEB realizará no mínimo três recargas mensais totalizando 18 recargas ao mês, enquanto que, cada VEHs deverá ter no mínimo 2 recargas mensais, sendo um total de 54 recargas.

A definição de três recargas para os VEBs é justificada pelo fato de que apenas uma recarga representaria um valor equivalente a 38,39% dos 1083,6 km, rodados no mês pelo cidadão brasileiro, ou seja, corresponderia a 416 km. Da mesma forma, 2 recargas seriam insuficientes, assim, seria necessário no mínimo três recargas para que um veículo atingisse os 1083,6 km mensais. Já os VEHs pelo fato de rodarem com combustível fóssil, estima-se um valor duas recargas mensais, porque estes opcionalmente podem rodar 50% do valor total mensal com energia elétrica, e a outra metade utilizando combustível fóssil, assim, partindo da análise realizada para os VEBs, observa-se que apenas uma recarga é insuficiente, pois com uma recarga tem-se 38,39% do valor total mensal rodado, sendo necessário no mínimo duas 2 recargas, que equivalem a uma rodagem de 832 km, que corresponde a 76,78% dos 1083,6 km que são percorridos pelo brasileiro, a quilometragem restante, poderia ser percorrida utilizando combustível fóssil. Logo, estabelece-se 72 recargas mensais para estes modelos. No Quadro 6, são apresentadas as quantidades de recargas:

Quadro 6 - Quantidades de recargas referentes aos modelos elétricos.

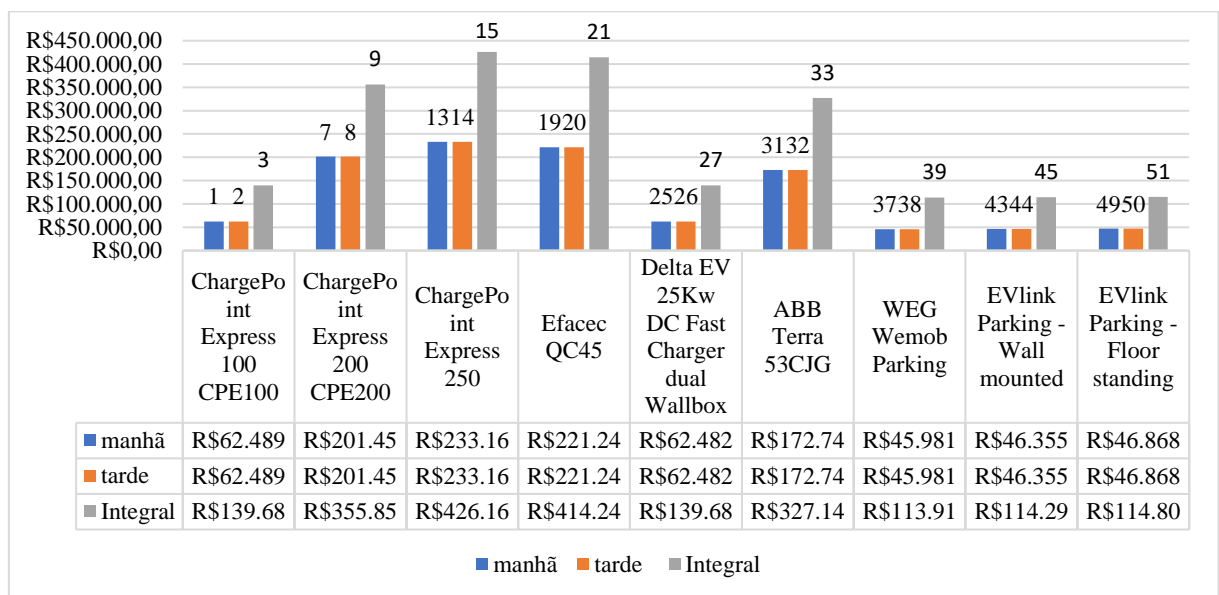
Modelo	Número de veículos	Recargas mensais
VEB	6	18
VEH	36	72
Total	42	90

Fonte: Autor 2021.

Com um valor de 90 recargas mensais estabelecidos, tem-se um total de 1.080 recargas ao ano, ao aplicar o valor de cobrança por recarga, obtém-se a receita anual, o valor da receita é corrigido anualmente ao longo de um período de 10 anos, com a taxa de inflação anual.

Com todos os parâmetros necessários definidos, foi realizado o cálculo do CAUE. Na Figura 1 são apresentados os resultados referentes a bandeira tarifária verde.

Figura 1- CAUE expresso em R\$, referente a bandeira verde.



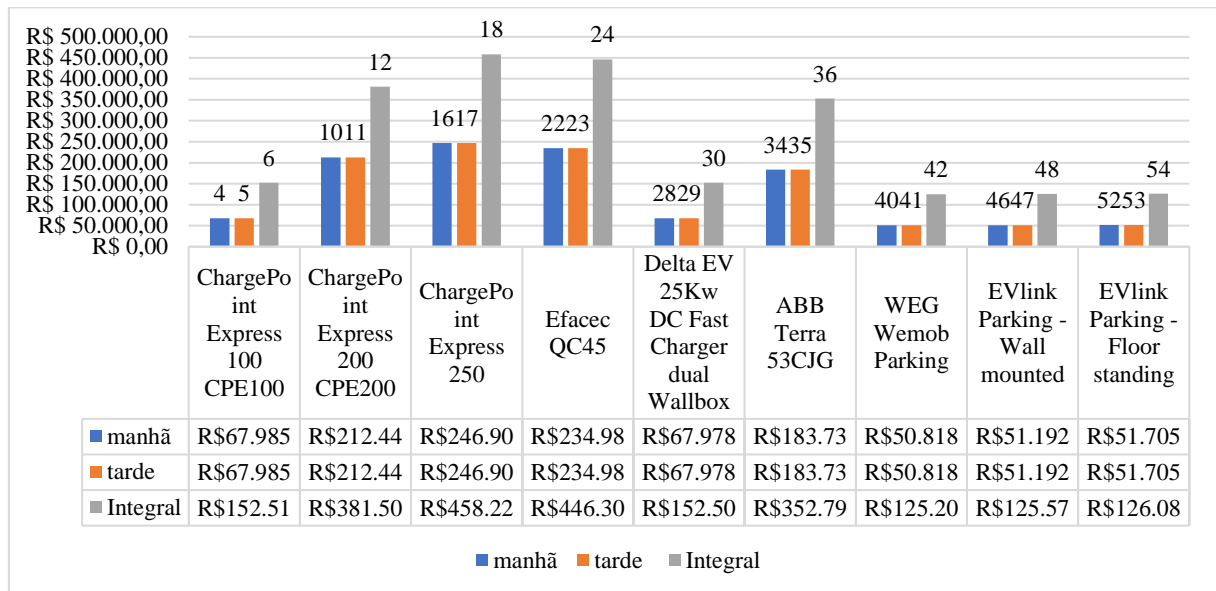
Fonte: Autor (2022).

Observando o gráfico, percebe-se que o valor do CAUE para todos os dispositivos de recargas, tanto para o turno da manhã quanto o da tarde apresentam valores análogos. Isso ocorre devido a divisão de horários estabelecida no Quadro 5, o que faz com que as horas de serviço cumpridas nos turnos da manhã e tarde sejam idênticas, resultando em valores iguais. O modelo WEG Wemob Parking 22 kW, deteve o menor CAUE. Esse modelo apresenta um

custo menor justamente pela potência ser menor. Existe o fato ainda de que é um dispositivo de fabricação nacional, logo não há custos com importação, o que faz com que o equipamento seja relativamente mais viável se comparado aos outros modelos. O modelo ChargePoint Express 250 62,5 kW, deteve o maior valor para o CAUE, justificado pela sua potência, havendo um maior consumo de energia, além do fato das despesas de importação contribuírem consideravelmente para o alto custo exibido para este dispositivo.

Referente à bandeira vermelha patamar 2, onde a geração de energia tem um custo maior, considerando o acréscimo da tarifa de R\$ 0,09492 kWh, realizou-se o cálculo do CAUE e na Figura 2 está o gráfico com os resultados.

Figura 2 - CAUE expresso em R\$, referente a bandeira vermelha patamar 2.



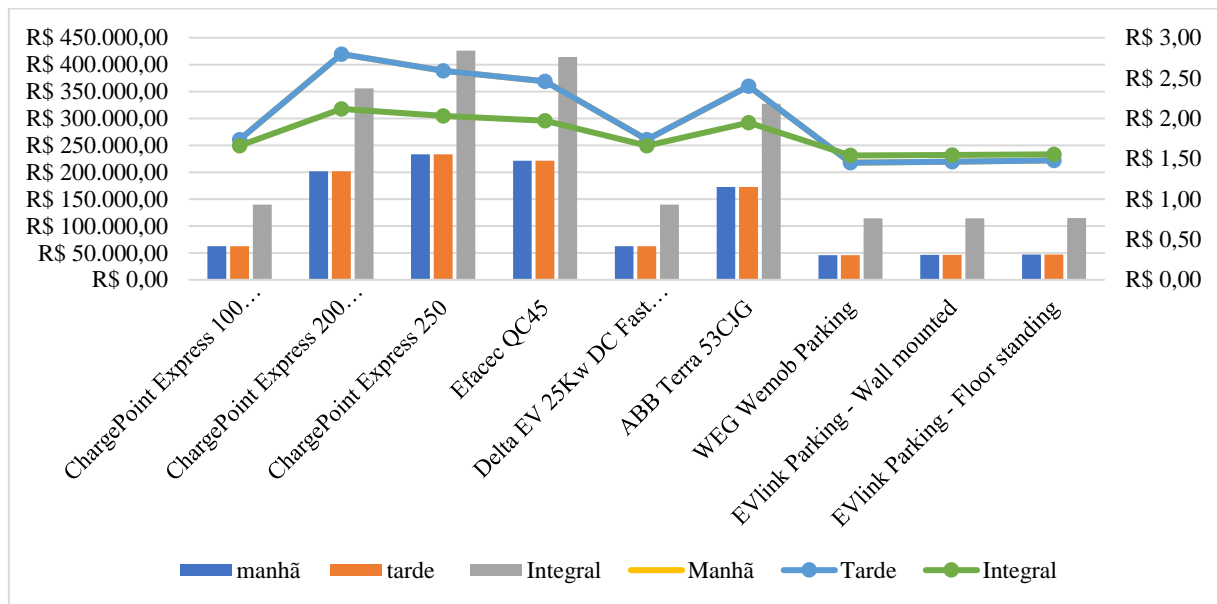
Fonte: Autor (2022).

Constata-se que, assim como na bandeira verde, os valores para manhã e tarde na bandeira vermelha patamar 2 são idênticos. O modelo WEG Wemob Parking mais uma vez mostrou-se economicamente mais acessível, por outro lado, o modelo ChargePont Express 250, continuou sendo um equipamento de alto custo. Devido ao acréscimo tarifário, os aumentos dos dispêndios variaram entre valores de 5,46% à 10,52%. Embora possam parecer valores baixos, ao fim da análise econômica, esses dados vão apresentar uma diferença significativa, referente não só ao retorno financeiro, como o tempo de retorno.

Embora o CAUE seja uma ferramenta essencial para análises de viabilidade econômica, são necessários outros métodos para que haja uma maior compreensão sobre o

investimento. Assim, juntamente do CAUE foi realizada uma comparação entre os valores obtidos para R\$/kWh, valores estes referentes ao consumo dos equipamentos. Para avaliação, considerou-se o cenário com as bandeiras tarifárias verde e vermelha patamar 2. Na Figura 3 são apresentados os resultados.

Figura 3 - Combinação entre o CAUE e o R\$/kWh referente à bandeira tarifária verde.



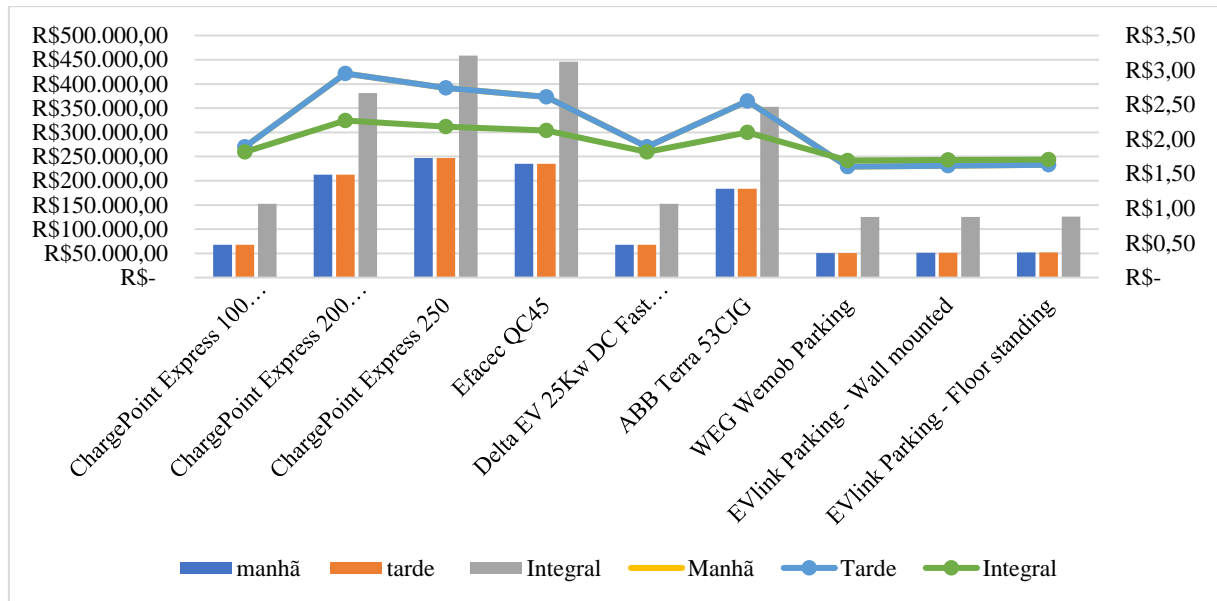
Fonte: Autor (2022).

Analisando o gráfico compreende-se que o valor do R\$/kWh (CAUE/consumo de energia anual) é análogo para os turnos da manhã e tarde, devido ao horário de funcionamento. O turno integral demonstrou valores menores para o R\$/kWh, observa-se que tanto o CAUE como a energia anual consumida para o turno integral são relativamente maiores do que os outros turnos. A explicação específica para o menor R\$/kWh do turno integral neste cenário, é de que quanto maior o tempo de trabalho da estação, maior o valor do kWh. Logo, mesmo o CAUE sendo mais elevado, o valor do R\$/kWh diminui, devido ao aumento de energia consumida, o que proporciona uma redução da razão entre o CAUE e o kWh.

O modelo que deteve o maior valor R\$/kWh para os períodos de manhã, tarde e integral foi o ChargePoint Express 200 CPE200, equipamento que demonstrou um elevado CAUE. Em contrapartida, o modelo que apresentou o menor custo kWh foi o equipamento WEG Wemob Parking, que se manteve como o dispositivo mais viável economicamente. Da

mesma maneira analisou-se o gráfico para uma condição extrema quanto a geração de energia, representado na Figura 4.

Figura 4 - Combinação entre o CAUE e o R\$/kWh referente à bandeira tarifária vermelha patamar 2.



Fonte: Autor (2022).

Os modelos ChargePoint Express 200 CPE200 e WEG mantiveram-se com os valores máximo e mínimo, respectivamente, o que matematicamente já era previsto. No entanto, houve um aumento médio de 7,312% no valor do R\$/kWh para todos os dispositivos, resultado decorrente do valor tarifário da bandeira vermelha patamar 2.

Com relação ao VPL, este foi calculado levando em consideração um fluxo de caixa, onde a primeira saída corresponde ao custo do equipamento juntamente dos valores de instalação. As saídas, referente ao período de dez anos são baseadas nos valores de manutenção do equipamento e também nos custos com energia. Já as receitas são baseadas nas cobranças anuais sobre os carregamentos.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados calculados para a bandeira verde. Os resultados dos 27 cenários referentes à bandeira verde estão no formato de tabela, devido a problemas de visualização do gráfico, visto que os resultados negativos tendem a valores muito altos.

Tabela 7 - VPL aplicado para a bandeira tarifária verde.

Modelos	Manhã (R\$)	Tarde (R\$)	Integral (R\$)
ChargePoint Express 100 CPE100	-39.480,94	-39.480,94	-596.783,45
ChargePoint Express 200 CPE200	-1.042.648,89	-1.042.648,89	-2.157.253,91
ChargePoint Express 250	-1.271.598,80	-1.271.598,80	-2.664.855,09
Efacec QC45	-1.185.547,28	-1.185.547,28	-2.578.803,56
Delta EV 25Kw DC Fast Charger dual Wallbox	-39.431,04	-39.431,04	-596.733,56
ABB Terra 53CJG	-835.431,29	-835.431,29	-1.950.036,32
WEG Wemob Parking	79.688,14	79.688,14	-410.738,07
EVlink Parking - Wall mounted	76.988,14	76.988,14	-413.438,07
EVlink Parking - Floor standing	73.288,14	73.288,14	-417.138,07

Fonte: Autor (2022).

Ao analisar a Tabela 7, nota-se que independentemente do turno a maioria dos resultados para o VPL é negativo, sendo alguns destes valores muito negativos. Isso ocorre devido aos custos relacionados ao equipamento. O modelo ChargePoint Express 250, deteve o maior valor negativo, o que é justificável visto a potência na qual o dispositivo pode operar, ocasionando assim maiores gastos, se comparado com os demais. Apenas 3 equipamentos apresentaram-se viáveis economicamente. Estes correspondem aos sistemas com menor potência, com dispêndios menores, devido a menor capacidade de consumir energia. O dispositivo WEG Wemob Parking foi o detentor do maior VPL para os turnos de manhã e tarde, embora apresente resultado negativo para o turno integral. Um ponto importante a ser destacado é de que nenhum equipamento para o turno integral se mostrou viável economicamente, todos expressaram resultados negativos.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados para a Bandeira Vermelha patamar 2, da mesma forma, os resultados são assim dispostos devido aos valores negativos.

Tabela 8 - VPL aplicado à bandeira tarifária vermelha patamar 2.

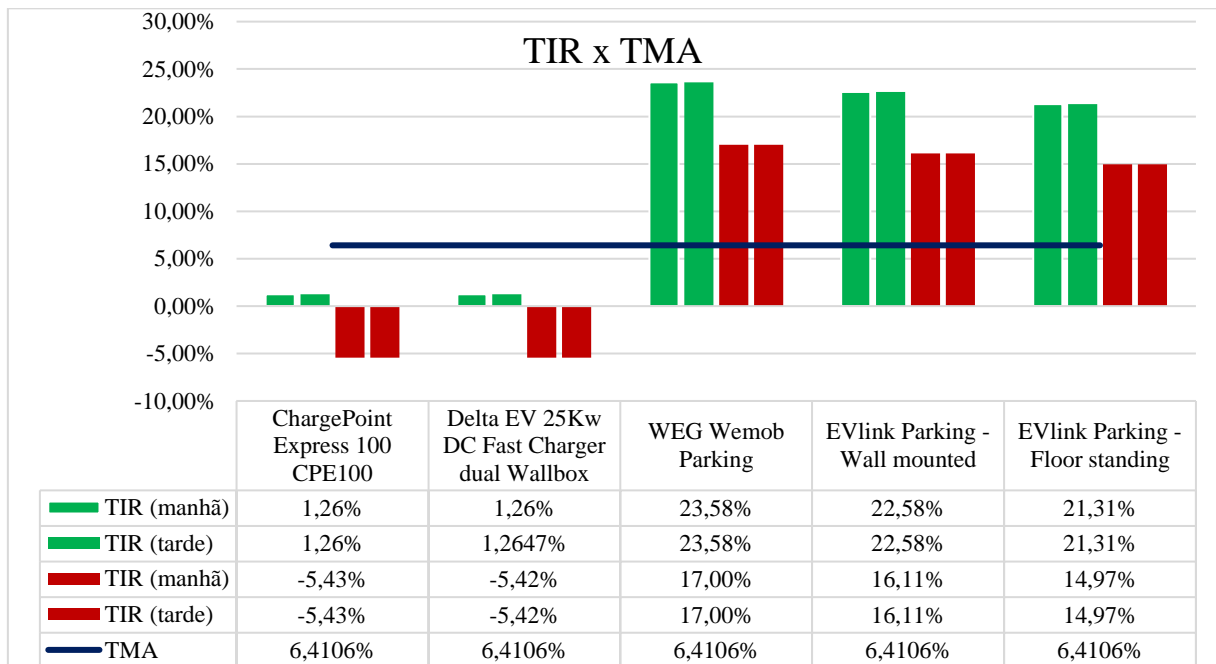
Modelos	Manhã (R\$)	Tarde (R\$)	Integral (R\$)
ChargePoint Express 100 CPE100	-79.160,21	-79.160,21	-689.368,43
ChargePoint Express 200 CPE200	-1.122.007,44	-1.122.007,44	-2.342.423,88
ChargePoint Express 250	-1.370.797,00	-1.370.797,00	-2.896.317,54
Efacec QC45	-1.284.745,47	-1.284.745,47	-2.810.266,02
Delta EV 25Kw DC Fast Charger dual Wallbox	-79.110,32	-79.110,32	-689.318,54
ABB Terra 53CJG	-914.789,85	-914.789,85	-2.135.206,28
WEG Wemob Parking	44.770,38	44.770,38	-492.212,85
EVlink Parking - Wall mounted	42.070,38	42.070,38	-494.912,85
EVlink Parking - Floor standing	38.370,38	38.370,38	-498.612,85

Fonte: Autor (2022).

Como esperado, devido ao acréscimo da tarifa obteve-se VPL's mais negativos, o que é natural, pois, aumentou-se os dispêndios com relação ao equipamento. Estações que apresentaram VPL positivo, tiveram uma redução drástica, sendo válido ressaltar que nenhum dispositivo referente ao turno integral se mostrou viável economicamente. Mesmo com a queda nos valores, o dispositivo WEG Wemob Parking manteve-se com valores mais altos, enquanto que, o modelo ChargePoint Express 250, mostrou-se ainda mais inviável, pois o VPL acabou-se mostrando mais negativo.

Para o cálculo da TIR, optou-se por indicar no gráfico, apenas os casos onde o valor foi positivo, visto que, alguns cenários apresentaram valores muito negativos, sendo assim, o software não conseguiu determinar o quão negativos eram estes valores, não exibindo resultados superiores que -30%. Na Figura 5 é apresentado o gráfico da TIR.

Figura 5 - Gráfico da TIR para as bandeiras verde e vermelha Patamar 2.



Fonte: Autor (2022).

No gráfico, é traçado uma linha que representa a TMA, onde, o valor mínimo desejado são os resultados acima desta linha. Apenas 3 modelos cumpriram essa exigência, o modelo WEG, deteve a maior TIR, seja para bandeira verde ou para bandeira vermelha patamar 2, evidenciando-se o mais viável nesse quesito quando comparado aos outros 2, que obtiveram valores próximos um dos outros. Há de ressaltar que o turno integral se mostrou inviável economicamente.

Com relação ao Payback Descontado, o cálculo foi determinado somente para os casos onde o valor da TIR foi superior ao da TMA. Na Tabela 9, estão os resultados para o Payback Descontado, calculados tanto para bandeira verde quanto para bandeira vermelha.

Tabela 9 - Resultado cálculo do Payback descontado, em anos, para as bandeiras verde e vermelha patamar 2.

Modelos	Bandeira Verde		Bandeira Vermelha Patamar 2	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
WEG Wemob Parking	4,47	4,47	5,6	5,6
EVlink Parking - Wall mounted	4,63	4,63	5,82	5,82
EVlink Parking - Floor standing	4,85	4,85	6,12	6,12

Fonte: Autor (2022).

Na Tabela 9 não constam valores para o turno integral, devido a inviabilidade já demonstrada pelos cálculos anteriores presentes nessa pesquisa. Analisando a tabela, percebe-se uma diferença média de de 1,15 anos do Payback da bandeira verde para o da bandeira vermelha. A diferença mais notável ocorre no modelo EVlink Parking Floor Standing, onde a diferença é de 1,27 anos. O dispositivo WEG Wemob Parking se apresentou como mais viável, devido a possibilidade do retorno financeiro mais rápido, para as duas modalidades.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A instalação de estações de recargas para veículos elétricos envolve diferentes variáveis, como local, custos com energia elétrica, instalação, manutenção ente outros. Assim para uma maior compreensão do estudo apresentado fez-se uma análise comparativa, relacionando a presente pesquisa com um trabalho bibliográficos semelhantes.

Comparou-se o presente trabalho com a pesquisa publicada por Guedes et al. (2019), onde a autora realizou um estudo de viabilidade econômica para estações de recarga níveis II e III, em Universidades Brasileiras dos estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Rio de Janeiro e São Paulo. A universidade de Juiz de Fora (UFJF) de Minas Gerais se apresentou mais viável economicamente, logo, a comparação' foi realizada com os resultados referentes da (UFJF). A autora realizou uma análise econômica para um período de 10 anos, considerando todas as bandeiras tarifárias (Verde, Amarela, Vermelha e Vermelha Patamar 2), sendo, nenhum acréscimo para Bandeira Verde, e um acréscimo de 0,09492 Para Bandeira Vermelha patamar 2. Ainda, como se trata da instalação de estações de recargas em uma universidade de Minas Gerais, o ICMS utilizado foi de 6%. Na pesquisa de Guedes, o dispositivo mais viável economicamente deteve um VPL de 660,816 mil, sendo a TIR de

19,3%, com um *Payback* de 8 anos aproximadamente. Ao comparar esses resultados com o modelo WEG Wemob Parking, dispositivo que se mostrou o mais viável economicamente no presente trabalho, tem-se os seguintes valores: VPL de R\$ 79.688,14 e a TIR de 23,58%, sendo o *Payback* de 4,47 anos.

O VPL do presente estudo é cerca de 8 vezes menor do que o valor constatado na pesquisa de Guedes. As possíveis justificativas para que o VPL deste trabalho seja inferior está relacionado com os custos de energéticos, ICMS mais alto, custo dos dispositivos acompanhados das tributações, ou seja, o investimento, além dos dispêndios com instalação e manutenção do equipamento. As tributações e os dispêndios são maiores quando se compara a instalação de um equipamento em um setor comercial particular do que uma universidade, sendo notável essa diferença ao realizar as comparações.

5 CONCLUSÃO

Embora existam campanhas no Brasil a favor de meios de transporte mais sustentáveis ambientalmente, a adesão aos veículos elétricos não é algo tão simples. Há diferentes variáveis que enfatizam isso, como o valor da aquisição um veículo elétrico no mercado brasileiro, a infraestrutura insuficiente para sustentar esse tipo de transporte, a falta de estímulo por parte do governo.

A fim de obter um maior conhecimento sobre transporte envolvendo veículos elétricos, o presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo analisar a viabilidade econômica de um sistema de recarga de veículos elétricos em um posto de combustíveis. Uma pesquisa imprescindível, pois nas maiores potências mundiais, o transporte elétrico não é mais um futuro distante, mas o presente. Assim, países como o Brasil, devem seguir o exemplo, estudando e investindo em infraestrutura que envolva transporte elétrico. Neste trabalho foram avaliados 54 cenários, compreendendo 9 dispositivos de recarga rápida, considerando duas bandeiras tarifárias, para 3 períodos de funcionamento. Para realizar a análise econômica, foram aplicados os métodos do VPL, TIR e *Payback* Descontado, combinando estes métodos com o CAUE e o valor de RS/kWh, referente à energia consumida pelos equipamentos.

No trabalho estabeleceu-se que apenas uma estação de recarga seria instalada nas dependências de um posto de combustível, este não definido, na cidade de Santa Maria. Entretanto, foram considerados dispositivos que possuem a característica de carregar até 2 veículos simultaneamente. Após a obtenção dos resultados, advindos da aplicação de métodos de Engenharia Econômica nos cenários modelados, observou-se que o modelo ChargePoint Express 250, para a bandeira vermelha patamar 2 com turno integral, deteve o maior CAUE, valor de R\$ 458.227,84, apresentando um VPL negativo de R\$ 2.896.317,54, não havendo possibilidade de calcular a TIR e o *Payback*. De forma contrária, o Modelo WEG Wemob Parking, na situação de bandeira verde, turno manhã ou tarde, mostrou-se o dispositivo economicamente mais viável, exibindo um CAUE com valor de R\$ 45.981,56, sendo o VPL de R\$ 79.688,14, o valor da TIR de 23,58% ao ano e o *Payback* de 4,47 anos.

Considerando os dados referentes aos modelos apresentados, como a capacidade de carregar 2 veículos simultaneamente, logicamente o modelo WEG Wemob Parking é superior em quesitos econômicos e não técnicos. O equipamento apresentou uma maior viabilidade econômica, além disso, é um dispositivo de fabricação nacional. Assim a compra do equipamento é relativamente mais barata, pois não envolve tributos de importação. Isso tudo

contribui para que os dispêndios sejam muito mais baixos, se comparados aos equipamentos importados, que além dos altos valores de tributação, ainda tem seu valor de venda em dólar, o que corrobora para valores altíssimos no CAUE e VPL. Isso, conseqüentemente impactando a TIR e o Payback, fazendo com que seja inviável a aquisição do equipamento. Vale ressaltar que a potência de carregamento do WEG Wemob é relativamente mais baixa. Assim, além do consumo energético ser inferior aos demais equipamentos, a instalação e manutenção também são mais baixos, o que torna o investimento muito mais barato com relação aos equipamentos importados. Há de mencionar ainda que as estações EVlink Parking Wall mounted e EVlink Parking Floor standing, também demonstraram resultados positivos, grande parte por ser comercializada em território nacional e também pela baixa potência do equipamento. Outro ponto importante é a relação R\$/kWh dos modelos, sendo perceptível de que à medida que o valor do CAUE e o período de uso da estação aumentavam, ocorria uma redução no do R\$/kWh.

Com base nos resultados obtidos, sendo uma TIR quase 4 vezes maior que a TMA, e um Payback de 4,47 anos, inicialmente comprova-se um investimento viável. Entretanto, esses resultados são todas retiradas de simulações onde os cenários em grande maioria apresentam condições ideais, e algumas situações não ideais. Como trata-se de um trabalho com multivariáveis, as condições de contorno para o trabalho podem variar e em algumas vezes serem incertas, como por exemplo a estimativa de veículos elétricos em Santa maria, assim como o número de carregamentos diários, embora os valores estimados sejam baseados em dados reais fornecidos por órgãos do governo. Outro ponto são problemas relacionados a economia do país, que atingem diretamente o comércio de veículos elétricos, investimentos em infraestrutura, e ainda deve-se considerar os recursos energéticos como a energia, que em geral, oscila para valores maiores. Portanto, pode-se concluir que embora os resultados da presente pesquisa sejam satisfatórios, e considerando as limitações mencionadas, a implementação de um sistema de carregamento em um posto de combustíveis ainda não é algo válido para a cidade de Santa Maria, devido as muitas incertezas presentes. A chances de sucesso para a implementação desse sistema, são muito maiores para uma cidade com uma frota maior de veículos elétricos, pois com a alta necessidade surge uma alta demanda.

O conhecimento proporcionado pelo estudo é fundamental para compreensão da aplicabilidade de um estudo econômico juntamente de um estudo envolvendo sustentabilidade. A instalação de uma estação de uma recarga para veículos elétricos, em um posto de combustível é algo que pode se tornar real, e não apenas uma simulação, embora, a instalação do dispositivo não precise ser necessariamente nesse tipo de estabelecimento. É

essencial que haja por parte do governo brasileiro um maior estímulo para compra de veículos elétricos, assim também como, um aumento de subsídios, proporcionando uma infraestrutura adequada para um sistema de recargas.

No que diz respeito a estudos futuros, propõe-se a instalação de uma ou múltiplas estações de carregamento de veículos elétricos em Edifícios-Garagem, visto que em grande centro urbanos, devido à grande frota de veículos, existem uma grande demanda com relação a vagas de estacionamento nos centros das cidades, além disso, a quantidade de veículos elétricos é relativamente maior. Outro ponto, é a segurança desses locais, visto que tratando-se de um estabelecimento comercial, oferece uma segurança maior se comparada aos estacionamentos livres nas ruas das cidades. É uma ótima oportunidade financeira para investidores, pois além dos valores cobrados referentes ao serviço de estacionamento, ainda poderia ser incluso cobrança para carregar veículos elétricos.

Por fim, cabe frisar que houve algumas limitações neste estudo, não sendo possível obter todas as variáveis técnicas para o trabalho. As principais a destacar são as informações dos equipamentos, limitadas devido ao sigilo de fornecedores. Assim, algumas informações foram baseadas em referências bibliográficas. Outra situação de limitação é o percurso médio percorrido pelos veículos elétricos em Santa Maria. Não há possibilidade de mapear quanto um veículo elétrico percorre em média por dia na cidade. Contudo, o objetivo geral determinado para este trabalho foi satisfeito, sendo realizado a aplicação de técnicas de Engenharia Econômica para a análise de diferentes estações, avaliando múltiplos cenários. Logo, houve a possibilidade de executar uma análise econômica de instalação entre os 9 equipamentos selecionados, obtendo conhecimento com relação ao transporte elétrico. Assim, se obteve informações relevantes para estudo futuros, e talvez uma implementação futura.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT Disponível em: < <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf> > Acesso em 31 de Março de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras tarifárias**. Brasil, 2015. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias> > Acesso em 01 de dezembro de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Como é composta a tarifa**. Brasil, 2016. Disponível em:< https://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false> Acesso em 20 de janeiro de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Efeito dos Reajustes Tarifários**. Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDFmMzIzM2QtM2EyNi00YjkyLWIxNDMtYTU4NTI0NWlyNTI5IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>> Acesso em 20 de janeiro de 2020.

ALLEN, Paul et al. **Utility Investment In Electric Vehicle Charging Infrastructure: Key Regulatory Considerations**. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. **Tendências Globais: O crescimento dos Veículos Híbridos e Elétricos pelo mundo**. São Paulo, 2017. Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cdeic/arquivos-raiz/abve> > Acesso em 22 de dezembro de 2021.

ATKINSON, Anthony A. et al. **Contabilidade Gerencial: informação para tomada de decisão e execução da estratégia**. São Paulo: Atlas, 2015.

AZEVEDO, Anderson Prado et al. **Análise de um projeto de eficiência energética em um posto de combustíveis com base metodológica no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP)**. Exatas & Engenharias, v. 1, n. 02, 2011

AUTOESPORTE. **Quanto roda, onde recarregar, custo... como é o dia a dia com carros elétrico**. 2019. Disponível em: < <https://g1.globo.com/carros/carros-eletricos-e-hibridos/noticia/2019/08/13/o-quanto-roda-onde-recarregar-custo-como-e-o-dia-dia-com-carros-eletricos.ghtml> > Acesso em 05 de fevereiro de 2021.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do Cidadão**. Brasil, 2021. Disponível em: < <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=xibirFormCorrecaoValores> >. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

BLANK, L. T.; TARQUIN, A. **Engenharia Econômica**. 6 ed. São Paulo: McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 2008

BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE, 2019. **Electric Transport Revolution Set To Spread Rapidly Into Light and Medium Commercial Vehicle Market**. Disponível em : < <https://about.bnef.com/blog/electric-transport-revolution-set-spread-rapidly-light-medium-commercial-vehicle-market/> > Acesso em 20 de Abril de 2020.

BOKOLO, Anthony Junior et al. Big Data Driven Multi-Tier Architecture for Electric Mobility as a Service in Smart Cities: A Design Science Approach. 2020.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11 Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

CASAROTTO FILHO; Nelson, KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9 Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRA ESTRUTURA. **Frota de veículos elétricos no Brasil**. 2018. Disponível em: < <https://cbie.com.br/artigos/qual-a-frota-de-veiculos-eletricos-no-brasil/> > Acesso em 28 de Março de 2020.

CENTER ON GLOBAL ENERGY POLICY, 2019. **Electric Vehicle Charging in China and the United States**. Disponível em : < https://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/file-uploads/EV_ChargingChina-CGEP_Report_Final.pdf > Acesso em 16 de Abril de 2020.

CPFL EMPRESAS. Companhia Paulista de Força e Luz. **Tarifas PIS/COFINS**. Brasil, 2019. Disponível em: < <https://www.cpfempresas.com.br/institucional/pisconfins.aspx?emp=8> >. Acesso em 15 de dezembro de 2019.

CPFL ENERGIA. 2015. Disponível em: < <https://www.cpf.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/legislacao/Paginas/Governo-zero-imposto-de-importa%C3%A7%C3%A3o-para-carro-el%C3%A9trico-e-a-hidro%C3%AAnio.aspx> > Acesso em 17 de Abril de 2020.

CPFL ENERGIA, RGE SUL. 2021. Disponível em: < <https://www.cpfempresas.com.br/institucional/tarifas.aspx?emp=D008> > Acesso em 01 de dezembro de 2021.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Horário de ponta/fora de ponta**. Curitiba, 2019. Disponível em: < <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fb2f4a2f0687eb6cf03257488005939b9> > Acesso em: 29 de julho de 2020.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **Horário de pico**. Campinas 2019. Disponível em: < <https://www.cpf.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/uso-consciente/Paginas/horario-de-pico.aspx> > Acesso em: 20 de agosto de 2021.

DA FONSECA, João José Saraiva. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota Nacional (abril 2020) – Frota por Município e Tipo**. Brasil, 2020. Disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/estatistica/639-frota-2020> >. Acesso em 28 de maio de 2020.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota Nacional (Abril 2020) – Quantidade de Veículos por UF Município e Combustível**. Brasil, 2020. Disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/estatistica/639-frota-2020> >. Acesso em 28 de maio de 2020.

DUARTE, C. L. G.; ALMEIDA, S. F.; ALMEIDA, P. L. P. e ROCHA, J. S. **Método do custo anual uniforme equivalente como ferramenta para a substituição de frota**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

ECKHOUSE, B.; STRINGER, D.; HODGES, J. The World Still Doesn't Have Enough Places to Plug in Cars. **Bloomberg LP Retrieved from [https://www. bloomberg.com/news/features/2019-02-14/the-world-still-doesn-t-have-enough-places-toplug-in-cars](https://www.bloomberg.com/news/features/2019-02-14/the-world-still-doesn-t-have-enough-places-toplug-in-cars)**, 2019.

EHRlich, P. J.; MORAES, E. A.; **Engenharia econômica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2013.

ELEKTROMOBILITÄT, Nationale Plattform. Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland-Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015. **Berlin: November**, 2015.

ENERGIAS DE PORTUGAL BRASIL. 2019. Disponível em: < <https://www.edp.com.br/noticias/edp-anuncia-a-primeira-rede-de-recarga-ultrarrapida-de-veiculos-eletricos-do-brasil> > Acesso em 28 de março de 2020.

EVgo. **Types of Electric Vehicles**. 2019. Disponível em: < <https://www.evgo.com/why-evs/types-of-electric-vehicles/> > Acesso em 09 de maio de 2020.

EVgo. **Planos de Carregamento Rápido**. 2021. Disponível em: <https://www.evgo.com/charging-plans/> > Acesso em 20 de janeiro de 2021.

FALVO, Maria Carmen et al. EV charging stations and modes: International standards. In: **2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion**. IEEE, 2014. p. 1134-1139.

FGV ENERGIA. **Mobilidade Elétrica: Desafios e Oportunidades**. 2016. Disponível em: < https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19217/Celso%20Novais_Mobilidade%20Eletrica.pdf > Acesso em 28 março 2020.

FRASER, Niall M.; JEWKES, Elizabeth M. **Engineering economics: Financial decision making for engineers**. Pearson Education Canada, 2012.

GE, Shaoyun; FENG, Liang; LIU, Hong. The planning of electric vehicle charging station based on grid partition method. In: **2011 International Conference on Electrical and Control Engineering**. IEEE, 2011. p. 2726-2730.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GJELAJ, Marjan et al. Cost-benefit analysis of a novel DC fast-charging station with a local battery storage for EVs. In: **2017 52nd International Universities Power Engineering Conference (UPEC)**. IEEE, 2017. p. 1-6.

GRUPO ROTA 2030. **Benéficos do Rota 2030**. 2020. Disponível em: < <https://www.rota2030.com.br/beneficios-fiscais-rota-2030/> > Acesso em 17 de abril de 2020.

GUEDES, Wanessa et al. Techno-Economic Assessment of EV Charging Infrastructure Development in Brazilian Universities. In: **2019 IEEE Milan PowerTech**. IEEE, 2019. p. 1-6.

HELFERT, Erich A. **Técnicas de análise financeira**: Um guia prático para medir o desempenho dos negócios. Porto Alegre: Artmed, 1997.

HIERMANN, Gerhard et al. Routing a mix of conventional, plug-in hybrid, and electric vehicles. **European Journal of Operational Research**, v. 272, n. 1, p. 235-248, 2019.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

INSIDEEVS. **O alcance dos carros elétricos cresceu rapidamente em um curto período de tempo**. 2020. Disponível em: < <https://insideevs.uol.com.br/news/464606/autonomia-media-carros-eletricos-2020/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20levantamento,dos%20402%20km%20por%200carga.> > Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Censo Demográfico**: população estimada. 2019. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santamaria/panorama> > Acesso em 28 de maio de 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electric vehicles Tracking Clean Energy Progress**. 2018. Disponível em: < <https://www.iea.org/tcep/transport/evs/> > Acesso em 28 de março de 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **These dynamic developments underpin a positive outlook for the increased deployment of electric vehicles and charging infrastructure**. 2019. Disponível em : < <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019> > Acesso em 17 de abril de 2020.

KASSAI, José Roberto; KASSAI, Silvia; SANTOS, Ariovando dos; ASSAF, Neto; FIPECAPÍ, Alexandre. **Retorno de investimento**: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KELLEY BLUE BOOK. **Brasileiros rodam em média 12,9 mil Km no primeiro ano de uso de um veículo**. 2019. Disponível em: < <https://www.kbb.com.br/detalhes-noticia/quanto-brasileiro-roda-carro-ano/?ID=1830> > Acesso em 06 de fevereiro de 2021.

LAPPONI, Juan Carlos. **Avaliação de Projetos de Investimento**. São Paulo: Lapponi Treinamentos, 1996.

LIU, Wen Xia et al. Device Configuration and Investment Decision-Making of Fast Charging Station. In: **Applied Mechanics and Materials**. Trans Tech Publications Ltd, 2013. p. 866-871.

MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIGUEL, P. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Tarifa de energia elétrica**. Brasil, 2020. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/servicos/ouvidoria/perguntas-frequentes/tarifa-de-energia-eletrica>> acesso em: 27 de Julho de 2020.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise investimentos**. 1 ed. São Paulo: Atlas. 2011

NICHOLAS, Michael; HALL, Dale; LUTSEY, Nic. Quantifying the electric vehicle charging infrastructure gap across US markets. **The International Council on Clean Transportation: Washington, DC, USA**, 2019.

NOVAIS, Celso Ribeiro Barbosa de. Mobilidade elétrica: desafios e oportunidades. 2016.

ORTENZI, Fernando; ORCHI, Silvia; PEDE, Giovanni. Technical and economical evaluation of hybrid flash-charging stations for electric public transport. In: **2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)**. IEEE, 2017. p. 549-554.

Portal Brasil. **Caderneta de Poupanças: índices Mensais**. Brasil, 2012. Disponível em: <https://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal/> Acesso: em 20 de dezembro de 2021.

PORTAL TRIBUTÁRIO. **Incidências de tributos na importação**. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.portaltributario.com.br/artigos/tributosimportacao.htm>> Acesso em 22 de dezembro de 2020.

PUCCINI, E.C. **Matemática financeira e análise de investimentos**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2011.

_____. **PLUGSHARE**, 2020. Disponível em: < <https://www.plugshare.com/> > Acesso em 28 de março de 2020.

RAFELE, Carlo et al. Assessing batteries supply chain networks for low impact vehicles. **International Journal of Energy Sector Management**, 2019.

REILLY, Frank K.; BROWN, Keith C. **Investment analysis and portfolio management**. Cengage Learning, 2011.

RGE SUL. Rio Grande Energia Sul. **Alíquota ICSM do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<https://www.rge-rs.com.br/atendimento-a->

consumidores/rge/tarifas-na-conta-de-energia/aliquota-icms-rs/Paginas/default.aspx>. Acesso em 15 de dezembro de 2021.

ROITMAN, Tamar. Biocombustíveis e veículos elétricos no Brasil: a coexistência é possível. **Boletim de Conjuntura**, n. 9, p. 30-33, 2019.

RYBA, Andréa; LENZI, E. K.; LENZI, Marcelo Kaminski. Elementos de engenharia econômica. **Editora Intersaberes. São Paulo–SP**, 2012.

SCHROEDER, Andreas; TRABER, Thure. The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles. **Energy Policy**, v. 43, p. 136-144, 2012.

SILVA, A. M. **Metodologia da Pesquisa**. 2 ed. Ceara: Editora da Universidade Estadual do Ceará, 2015.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. Ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SMITH, Margaret; CASTELLANO, Johnathan. **Costs associated with non-residential electric vehicle supply equipment: Factors to consider in the implementation of electric vehicle charging stations**. 2015.

URIONA-MALDONADO, Mauricio. PANORAMA DO ESTADO ATUAL DA DIFUSÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL Tainara Volan Caroline Rodrigues Vaz.

VARGAS, J. E. V. Análise da competitividade ambiental de veículos elétricos no Brasil no cenário atual e futuro. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas –São Paulo, 2016.

WANG, Ning; TANG, Linhao; PAN, Huizhong. A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 597-603, 2019.

ZHAO, Shuyan et al. Closing the gap: the Chinese electric vehicle industry owns the road. **Journal of Business Strategy**, 2019.