

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

Eva Jaqueline Marques de Andrade

**ENGENHARIA ECONÔMICA: APLICAÇÃO EM UM POSTO DE  
RECARGA RÁPIDA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS**

Santa Maria, RS  
2019

**Eva Jaqueline Marques de Andrade**

**ENGENHARIA ECONÔMICA: APLICAÇÃO EM UM POSTO DE RECARGA  
RÁPIDA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS**

Projeto de pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Roos

Santa Maria, RS  
2019

# ENGENHARIA ECONÔMICA: APLICAÇÃO EM UM POSTO DE RECARGA RÁPIDA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

## ECONOMIC ENGINEERING: APPLICATION IN A QUICK RECHARGE STATION OF ELECTRIC VEHICLES

Eva Jaqueline Marques de Andrade<sup>1</sup>, Cristiano Roos<sup>2</sup>

### RESUMO

A adesão ao veículo elétrico vem tornando-se irrefreável, logo cabe a cada país se adaptar e investir em infraestrutura adequada, como por exemplo, postos de recarga, sendo este o item essencial para acelerar a disseminação dos veículos. Mediante esse panorama, o objetivo do presente trabalho é analisar a viabilidade econômica de instalação de um posto de recarga rápida de veículos elétricos. O estudo foi realizado para a instalação de um posto nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria. Para realizar o objetivo, foram coletadas informações e dados referentes a nove postos de recarga rápida (nível III), os quais possuem capacidade de recarregar 80% da bateria de um veículo em aproximadamente 30 minutos. Em consequente, foram definidos 54 cenários envolvendo os modelos selecionados, as bandeiras tarifárias de energia elétrica e os horários de funcionamento dos equipamentos. O método de Engenharia Econômica utilizado foi o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) juntamente com a determinação do valor do R\$/kWh consumido de cada modelo. Os resultados obtidos foram o CAUE máximo de R\$ 286.676,33, com os valores máximos de R\$/kWh obtidos de R\$ 2,21 e R\$/kWh mínimo de R\$ 0,99. Concluindo-se que o modelo mais viável resultou no modelo EVlink Parking Wall com um CAUE de R\$ 39.767,51.

**Descritores:** Engenharia Econômica; Postos de Recarga; Veículo Elétrico.

### ABSTRACT

The adhesion to electric vehicle has becoming unstoppable. It is therefore up to each country to adapt and invest in adequate infrastructure, such as charging stations, which is the essential item to accelerate the spread of vehicles. Against this background, the objective of the present work is to analyze economic viability of installing a fast charging station for battery and hybrid electric vehicles. The study was conducted for the installation of a post on the inside of the Federal University of Santa Maria. In order to achieve this objective, information was collected from nine level III quick recharge stations, which can recharge 80% of a vehicle's battery in approximately 30 minutes. Therefore, 54 scenarios were defined involving the selected models, the current tariff flags and the equipment operating hours. The Economic Engineering method used was the Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC) together with the determination of the value of R\$/kWh consumed of each model. The results obtained were the maximum EUAC of R \$ 286.676,33, with the maximum values of R \$/kWh obtained from R \$ 2,21 and R\$/kWh minimum of R \$ 0,99. In conclusion, the most viable model resulted in the EVlink Parking Wall model with a EUAC of R \$ 39.767,51.

**Keywords:** Economic Engineering; Recharging Stations; Electric Vehicle

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Produção, autor; Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro de Tecnologia – UFSM.

<sup>2</sup> 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.

## 1 INTRODUÇÃO

Os automóveis elétricos estão presentes no cenário mundial desde meados do século XIX, onde brigavam por espaço com os veículos movidos a vapor e a combustão (KIRSCH, 2000). Entretanto, desde o início do século XXI as preocupações ambientais, a volatilidade do mercado de petróleo e o desenvolvimento de novas baterias reabilitaram o veículo elétrico, que voltou a figurar como alternativa aos veículos movidos a combustão (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Com o impacto socioambiental e econômico positivo, o número de veículos elétricos teve grande crescimento. Em 2017 houve um recorde de vendas de carros elétricos, 1,1 milhão, levando a um estoque global de mais de 3 milhões (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018). No Brasil, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2019a), os primeiros veículos elétricos começaram a ser licenciados em 2006, possuindo uma lenta evolução, encerrando 2018 com 10.875 veículos licenciados ao total. Com base nos Registros Nacionais de Veículos Automotores, houve um aumento de 20,5% na venda de carros elétricos no país, quando comparado o período de 2018 com o de 2017, porém, isso representa apenas 0,2% do total de novos veículos licenciados no Brasil em 2018 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2019b).

Hoje se sabe que até para o país arcar com uma pequena demanda de veículos elétricos é necessária uma infraestrutura, como a instalação de postos de recarga rápida e investimentos por parte do governo visando à expansão da frota dos veículos (DELGADO, et al., 2017). No Brasil não se tem dados oficiais relacionados à parte de infraestrutura de recarga dos automóveis, mas se pode obter algumas informações de terceiros, como o site ou aplicativo PlugShare (2019). Baseando-se neste aplicativo, o país conta com aproximadamente 289 postos de recarga públicos, sendo apenas 31 denominados de alta potência, com a predominância dos postos na região sudeste. Já o estado do Rio Grande do Sul conta com apenas 15 postos, sendo nove na região de Porto Alegre, dois em Caxias do Sul, um em Novo Hamburgo, um em Gravataí, um em Gramado e um em Santa Cruz do Sul.

### 1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA DE PESQUISA

Neste contexto, a presente pesquisa tem como temática a Engenharia Econômica direcionada a análise de um investimento para a instalação e manutenção de um posto de

recarga rápida para veículos elétricos nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Este tema de pesquisa está baseado no questionamento originado em um contexto prático e atual que pode ser descrito da seguinte maneira: há viabilidade econômica para a instalação de um posto de recarga rápida para veículos elétricos nas dependências do campus da UFSM?

Esta oportunidade de pesquisa pode se sustentar pelo fato de abordar no contexto geral uma temática atual e inovadora, com poucas pesquisas acadêmicas aplicadas que tragam a Engenharia Econômica em estudos envolvendo postos de recarga de veículos elétricos.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

A relevância desta pesquisa está no crescimento que vem acontecendo no território nacional em relação à aquisição veículos elétricos. O Brasil vem se desenvolvendo através de pequenos impulsos governamentais, contando com os incentivos da Lei 13.755/18, que regulamenta o Programa Rota 2030, que conforme a ementa da Lei publicada no Diário Oficial da União, Brasil (2018), estabelece requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil como também a sua importação.

Segundo a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (2017), há também a isenção de Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para sete estados brasileiros, incluindo o Rio Grande do Sul, pela Lei Estadual 8.115/85, Art. 4º, II (RIO GRANDE DO SUL, 1985). Além dos incentivos estipulados pela lei voltada para a aquisição dos veículos elétricos, a Agência Nacional de Energia Elétrica (2018a), regulamentou a Resolução Normativa nº 819, de 19 de junho de 2018, a primeira regulamentação sobre recarga de veículos elétricos por interessados na prestação desse serviço (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018b).

Juntamente com o aspecto econômico e de incentivos por parte do governo estadual e federal, há principalmente o ganho ambiental sobre a utilização de veículos elétricos, que conforme dados da Clean Energy Ministerial (2018), um quarto das emissões globais de gases de efeito estufa provém dos veículos de transporte. No Brasil, as atividades ligadas ao subsetor de transportes respondiam, em 2014, por 46% das emissões de gases de efeito estufa, de modo que a eletrificação da frota teria importante papel para a redução das emissões totais deste setor (DELGADO et al., 2017).

### 1.3 OBJETIVOS

Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa é analisar economicamente a instalação de um posto de recarga rápida de veículos elétricos. Os objetivos específicos são: 1. Encontrar diferentes fabricantes que comercializam postos de recarga rápida; 2. Buscar dados técnicos a respeito dos modelos de postos de recarga rápida comercializados pelos fabricantes escolhidos; 3. Coletar dados com estes fabricantes a cerca dos investimentos iniciais, bem como dos custos de operação e de manutenção dos modelos escolhidos; 4. Aplicar o método do Custo Anual Uniforme Equivalente e concluir a respeito da instalação de um posto de recarga rápida.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco etapas principais. A primeira delas é a introdução, na qual se definiu o tema, o problema de pesquisa, a relevância do desenvolvimento da pesquisa, além dos objetivos geral e específicos. Posteriormente buscou-se estabelecer o referencial teórico, na qual se procurou definir conceitos importantes para o entendimento do estudo, além de encontrar na literatura estudos semelhantes para o desenvolvimento e o entendimento do problema que originou este trabalho. A revisão bibliográfica também foi fundamental para a estruturação dos procedimentos metodológicos. Assim, na terceira etapa abordaram-se os procedimentos metodológicos que definiram qual o cenário, as classificações e as etapas de pesquisa. Depois, a quarta seção traz os resultados, os estudos de viabilidade e as análises dos resultados. Por fim, tem-se a seção com as conclusões do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico irá abordar conceitos referentes à veículos elétricos, postos de recarga de veículos elétricos e as perspectivas de crescimento destas tecnologias. Além disso, serão apresentadas definições básicas referentes à análise de investimentos, como também, estudos semelhantes ao do presente trabalho, envolvendo análise de viabilidade econômica para a instalação de postos de recarga.

## 2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Sabidamente existem distinções em relação a algumas características que diferenciam veículos elétricos a bateria e híbridos. Os veículos elétricos são classificados com base na quantidade de eletricidade usada para a propulsão do veículo, possuindo a seguinte classificação: Veículo Elétrico a Bateria (VEB), Veículo Elétrico Híbrido (VEH) e Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (VEHP) (REDDY; NATARAJAN, 2018).

O Veículo Elétrico a Bateria (VEB) é desprovido de um tanque de combustível e como o nome sugere, possui seu completo ciclo de funcionamento estritamente realizado através da energia elétrica (REDDY; NATARAJAN, 2018). Já o Veículo Elétrico Híbrido (VEH), está no limiar entre o veículo elétrico a bateria e o movido à combustão. Em resumo, um veículo elétrico híbrido tradicional consiste em um motor de combustão interna usado como a principal fonte de energia e um dispositivo auxiliar de armazenamento de energia elétrica (FATHABADI, 2019).

Os veículos elétricos híbridos, geralmente possuem duas ou mais fontes de energia destinada a propulsão, sendo que de uma forma geral, veículos híbridos possuem duas classificações: Veículo Elétrico Híbrido não Plug-in (VEH) e Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (VEHP) (REDDY; NATARAJAN, 2018). O Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (VEHP), utiliza uma bateria, um motor de combustão interna e um motor elétrico, sendo que a bateria possui maior capacidade de armazenamento, podendo ser recarregada quando conectada à rede de distribuição de energia elétrica (REDDY; NATARAJAN, 2018).

## 2.2 POSTOS DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os postos de recarga são constituídos de conectores, condutores (fios), acessórios e outros equipamentos associados que são plugados na entrada dos veículos elétricos e fornecem eletricidade para recarregar as baterias dos veículos (DELGADO et al., 2017). Conforme U.S. Department of Energy (2015), existem vários tipos de infraestrutura de carregamento, sendo uma importante distinção entre elas é variação da rapidez com que eles podem carregar um veículo. Assim, os postos de recarga são definidos através de sua classificação em três níveis de carregamento.

O nível I de carregamento, é uma tomada elétrica de 120 volts padrão, que pode ser disponibilizada para condutores por um baixo custo, fornecendo autonomia de 4 à 8 km por

hora de carga, sendo mais conveniente para um veículo elétrico híbrido plug-in, com baterias pequenas, mas não para todos os modelos (DANIEL et al., 2012).

O nível II de carregamento é normalmente provido por uma caixa independente que pode ser montada em uma parede e ligada diretamente a um painel elétrico, sendo que transporta uma carga de 220 a 240 volts (DANIEL et al., 2012). O nível II é capaz de prover uma autonomia por hora de recarga entre 10 a 96 km (DELGADO et al., 2017). O nível III de carregamento, também intitulado como carregador rápido, será o nível abordado no presente estudo. Tem a capacidade de preencher até 80% das baterias em cerca de 30 minutos, com uma voltagem na faixa de 200 a 400 volts, sendo este nível conveniente para curtas paragens nas estradas ou nos estacionamentos (COALITION FOR GREEN CAPITAL, 2015). O nível III é capaz de prover uma autonomia por hora de recarga de 96 a 160 km (DELGADO et al., 2017).

### 2.3 PERSPECTIVA DE CRESCIMENTO PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS E POSTOS PARA RECARGA

Existe um consenso geral de que a forte demanda por automóveis no mundo em desenvolvimento empurrará a população global de veículos dos atuais 1,2 bilhão, para cerca de 2 bilhões até 2040, e desse valor se projeta uma população de veículos elétricos de 320 milhões (SIOHANSI; WEBB, 2019). As preocupações e compromissos ambientais têm, portanto, estado por trás da maioria das políticas dos países desenvolvidos, que exigem uma maior economia de combustível, embora com graus variados de aceleração (SIOHANSI; WEBB, 2019). Sabe-se então, que os governos devem ter um papel no encorajamento e intermediação dessas parcerias para que ocorra esse crescimento do mercado (EARL; FELL, 2019).

A tecnologia de carregamento rápido, para as baterias de veículos elétricos, possuem a vantagem de facilitar os acionamentos de longo alcance para estes veículos, servindo como um meio de atenuar a ansiedade do consumidor, disponibilizando a oportunidade de acessar a infraestrutura de carregamento público em horários e locais onde eles estão com pouca carga (SCHROEDER; TRABER, 2012). Logo, os usuários potenciais de veículos elétricos plug-in, frequentemente pedem instalações de recarga pública antes de comprar um veículos (GNANN et al., 2018). Entretanto, para isso ocorrer, se espera uma maior adoção de incentivos e infraestrutura capacitada para receber esses novos usuários de veículos elétricos (VASCONCELOS, 2017). No âmbito mundial, é esperado um crescimento maior no número



destes postos, já que em 2012 havia aproximadamente 4200 postos de recarga rápida vendidos globalmente e até 2020, prevê-se aproximadamente 460.000 unidades instaladas em todo o mundo (JERRAM; GARTNER, 2012).

#### 2.4 ESTUDOS ENVOLVENDO A INSTALAÇÃO DE POSTOS DE RECARGA

Algumas pesquisas englobam a temática de veículos elétricos e postos de recarga, porém há falta de pesquisas para a implantação de postos de recarga de veículos elétricos envolvendo estudos de viabilidade econômica. Apenas alguns trabalhos consideraram estudar a implementação de estações de carregamento rápido a partir desta perspectiva (ALHAZMIA; SALAMA, 2017).

Schroeder e Traber (2012) elaboraram um estudo de cobrança pública, realizando uma avaliação econômica para um caso na Alemanha, analisando um modelo de posto de recarga nível III com potência de 62,5 kW. Para o estudo os autores utilizaram dados como: custo de eletricidade, custo de manutenção e outros custos operacionais, obtendo uma receita como retorno. No estudo o Retorno sobre o Investimento (ROI) foi utilizado como indicador de rentabilidade. Os autores consideram um benefício do projeto bastante improvável sob as taxas de custos realistas, sendo que eles obtiveram um custo total de investimento de 95 mil Euros. A demanda em uma única estação precisaria exceder 30 veículos elétricos plug-in por dia (600 kWh), para que o investimento fosse benéfico.

Já os autores Daniel et al. (2012), elaboraram um relatório no qual foi avaliado três diferentes cenários, um supermercado, um shopping center e um local de trabalho, localizados na cidade de Los Angeles, para a instalação de postos de recarga nível I e nível II, com o objetivo de analisar a rentabilidade da estação. Para análise, os autores realizaram o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR). Em todos os cenários os autores obtiveram um VPL negativo. Em conclusão a análise financeira realizada, os proprietários dos locais teriam pouco controle sobre receitas e custos em relação as estações de recarga dos veículos, e logo os proprietários não se beneficiariam financeiramente da cadeia de valor apresentada.

Já Zhang et al. (2018) determinaram um preço de cobrança aceitável para investidores privados que fizessem a aquisição de postos de recarga para veículos elétricos. Tomando como base o Valor Presente Líquido (VPL) e a Dinâmica de Sistemas, eles também usaram um modelo de custo benefício para identificar os principais determinantes dos preços de cobrança. O projeto apresentou um VPL positivo, utilizando uma Taxa Mínima de

Atratividade (TMA) de 4,41% ao ano, considerando racional a cobrança 1,6299 CNY/ kWh. O estudo foi realizado para a instalação de oito postos de recarga, com fundo capital de CNY 978.000,00 e empréstimo de CNY 1.017.000,00.

Vagropoulos, Kleidas e Bakirtzis (2014) avaliaram a viabilidade financeira de um investimento em postos de recarga para veículos elétricos. Dois métodos típicos de Engenharia Econômica foram utilizadas aos fluxos de caixa descontados, a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o método do Valor Presente Líquido (VPL) foram usados para medir a rentabilidade do investimento. As instalações de carregamento de nível II (3,3 kW e 7,2 kW) são examinadas e o caso centra-se numa instalação grega, são considerados os contratos de tarifas de varejo do maior varejista de eletricidade da Grécia e cenários de penetração dos veículos elétricos.

Os estudos envolvendo a instalação de postos de recarga abordados nesta seção contribuíram para a compreensão da melhor metodologia de Engenharia Econômica a se aplicar neste trabalho, além de servir como base bibliográfica para estimativas a cerca de determinados custos.

## 2.5 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

O termo investimento pode ser definido como a decisão de aplicar determinada soma de recursos em um ativo, baseada geralmente na expectativa de ganhos futuros ou rendimentos, resultando assim, no possível aumento da riqueza de quem toma a decisão (CAMARGO, 2014). O estudo de avaliação de investimentos se refere às decisões de aplicações de capital em projetos que prometem retornos positivos, sendo que o tema se insere no âmbito da administração financeira (ASSAF NETO, 1992). A análise de investimentos, é habitualmente referida como a técnica que apoia a tomada de decisões quanto à implementação de um investimento, a partir da determinação das relações de grandeza entre os respectivos custos e benefícios esperados (SOARES, 2015).

Os métodos de análise visam proporcionar ao investidor ou empreendedor subsídios para a tomada de decisão racional de aceitar ou rejeitar determinado projeto (CAMARGO, 2014). Alguns métodos que podem ser utilizados são descritos por Motta e Calôba (2011): *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Método de Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).

Camargo (2014) ainda cita outras derivações dos métodos expostos por Motta e Calôba, como *Payback* efetivo (PE), *Payback* médio (PM), Taxa Interna de Retorno

Modificada (TIRM), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa) e Índice de Lucratividade (IL).

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA), é a menor taxa que o investidor aceita como rentabilidade para um investimento, isto é, a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros (CASAROTTO; KOPPITKE, 2007). A TMA é a taxa que será utilizada para a descapitalização dos valores previstos.

Conforme Camloffski (2014), existem três conceitos passíveis de utilização para a definição da taxa de desconto: taxa mínima de atratividade (TMA), custo de capital e custo de oportunidade, sendo que basicamente, essas três taxas representam o mínimo que o gestor espera ou precisa ganhar com o projeto. Na análise de investimentos, é primordial que se determine, ou se estabeleça, da maneira mais racional e precisa, uma taxa que o investidor ou a empresa deseja obter de rendimento com a implantação do projeto de investimento (CAMARGO, 2014).

O Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), consiste em achar a série uniforme equivalente ao fluxo de caixa, receitas e despesas dos investimentos, descontados a uma TMA (CASAROTTO; KOPITKE, 2000). Para as análises que envolvem equipamentos, faz-se necessário a criação de alternativas em que possam ser defrontados os custos do equipamento com a vida útil, o valor residual em alienação, e os custos para manter o equipamento (HIRSCHFELD, 1989). O método é utilizado para analisar dois ou mais equipamentos adequando a diferença em vida útil na comparação (ROOS et al., 2015). Outra maneira é utilizar uma receita virtual, para permitir o cálculo de um excedente líquido, sendo que a alternativa que obtiver menor excedente (menor custo) é a melhor do ponto de vista econômico (MOTTA; COLÔBA, 2011).

Com estes conceitos em mente, segue-se para a seção que apresentará os procedimentos metodológicos deste trabalho.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Esta seção aborda os métodos que foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa. Primeiramente define-se o cenário e os métodos de pesquisa e, em seguida, são expostas as etapas de pesquisa.

### 3.1 CENÁRIO

Este estudo foi desenvolvido na cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), que é uma instituição federal de ensino público, fundada em 1960. O campus sede localiza-se na Cidade Universitária Professor José Mariano da Rocha Filho, no bairro Camobi. A UFSM possui 262 cursos, atende aproximadamente 28 mil alunos, conta com 2.064 docentes e 2.689 técnicos administrativos (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2019).

A cidade de Santa Maria possui uma população estimada de 280.505 habitantes para o ano de 2018 (IBGE, 2018). Segundo ainda dados do IBGE, no ano de 2016 possuía uma frota de 155.261 veículos, dentro desse número 94.920 eram automóveis de passeio. Sabendo-se desse cenário e através dos cálculos realizados pela Iniciativa Verde (2019), estima-se uma emissão de gás de efeito estufa (GEE) de aproximadamente 27 toneladas ao mês de CO<sup>2</sup>, por veículo, levando em consideração questões de quilometragem mensal e motor.

Para sua imersão no mercado brasileiro os veículos elétricos requerem incentivos econômicos, políticos e de infraestrutura para sustentar esta tecnologia. Logo o presente estudo teve como enfoque um item crucial para aumentar o número de veículos elétricos, que consiste na instalação de um posto de recarga rápida (nível III), nas dependências da UFSM. Esta universidade foi escolhida por ser um local de grande trânsito de automóveis e pessoas diariamente, como também por ser uma universidade modelo para as demais da região.

### 3.2 MÉTODOS DE PESQUISA

Método pode ser entendido como o roteiro, os procedimentos e as técnicas utilizados para se alcançar um fim ou pelo qual se atinge um objetivo (MATIAS, 2006). Para Gil (2018) o termo pesquisa pode ser definido como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo fornecer respostas aos problemas que são propostos, sendo desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos e técnicas de investigação científica.

A presente pesquisa pode ser classificada quando à sua natureza como aplicada, caracterizando-se por seu interesse prático, isto é, os resultados são aplicados ou utilizados, imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade (SILVA, 2015). No contexto da forma de abordagem do problema, se trata de uma pesquisa quantitativa. Seguindo a descrição de Silva (2015), a abordagem quantitativa se caracteriza pela adoção de

métodos dedutivos e busca a objetividade, a validade e a confiabilidade. O método preocupa-se com a representatividade numérica, isto é, com a medição objetiva e a quantificação dos resultados (ZANELLA, 2006).

No que tange aos procedimentos técnicos, classifica-se como modelagem e simulação, sendo que Miguel (2010) apresenta o método como adequado quando há a correlação simultânea das variáveis pré-definidas afim da obtenção de um sistema que possibilite a solução do problema. Sendo fundamental a ideia de controle estabelecida pela técnica de modelagem e simulação, porque exercendo controle sobre as variáveis, é possível experimentar alternativas e verificar o efeito sobre a variável dependente, e este fato, leva a pesquisa a ter forte validade interna (MARTINS, 1998).

Quanto à tipologia da pesquisa, seguindo as definições de Miguel (2010), enquadra-se como axiomática quantitativa, considerando que a mesma produz conhecimento sobre o comportamento de algumas variáveis do modelo, baseada em princípios equivalentes ao comportamento de outras variáveis.

### 3.3 ETAPAS DE PESQUISA

A finalidade primordial da busca pelo referencial bibliográfico foi criar um embasamento teórico apropriado para a execução da proposta da pesquisa. Mediante a isso, se fez necessário compreender os diferentes métodos de Engenharia Econômica utilizados por alguns dos autores supracitados. As referências utilizadas para a fundamentação, se encontram organizadas no Quadro 1, juntamente com os métodos de Engenharia Econômica aplicados em cada problema de estudo semelhante ao deste trabalho.

Quadro 1- Métodos de Engenharia Econômica aplicados e seus respectivos autores.

<b>Autores</b>	<b>Métodos de Engenharia Econômica</b>
Schroeder e Traber (2012)	VPL, ROI
Daniel et al. (2012)	VPL, TIR
Zhang et al. (2018)	VPL
Vagropoulos, Kleidas e Bakirtzis (2014)	CAUE, TIR, VPL

Fonte: Autora (2019)

Apesar dos achados no referencial teóricos, o método que se concluiu ser o mais apropriado foi o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). Isto porque o projeto

inicialmente não busca monetizar, mas somente encontrar o modelo de posto de recarga rápida economicamente mais viável para aquisição e instalação nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria.

Para atingir o objetivo proposto pela pesquisa, os seguintes parâmetros econômicos foram levantados: valores de energia elétrica, custos dos equipamentos, custos de instalação dos equipamentos, custos de manutenção, taxa mínima de atratividade, correção monetária e depreciação dos equipamentos.

Os custos de aquisição dos postos de recarga rápida para os veículos foram obtidos através de pesquisas com quatro distribuidores de postos de recarga de nível III, onde totalizaram nove equipamentos. Os custos de manutenção e instalação foram estimados com base em bibliografias.

Após a coleta de dados, se realizou a análise dos dados que envolveram a simulações de 54 cenários para averiguar distintas situações. Os resultados obtidos foram estudados a fim de analisar o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) dos diferentes postos de recarga. Assim, a viabilidade econômica foi calculada com o auxílio do *software Microsoft Excel*. Por último, os resultados analisados foram organizados em gráficos e tabelas, e comparados com um estudo semelhante encontrado na bibliografia qualificada.

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Esta seção traz os resultados da pesquisa e as análises decorrentes, sendo dividida em quatro subseções: a primeira apresenta os dados básicos do projeto; a segunda apresenta os dados específicos para o estudo da viabilidade econômica; a terceira traz a modelagem e a simulação de cenários; a quarta traz a análise dos resultados.

### **4.1 DADOS BÁSICOS PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA**

Os dados básicos para o estudo de viabilidade econômica encontram-se organizados em três partes: energia elétrica; correção monetária; taxa mínima de atratividade.

#### **4.1.1 Energia elétrica**

A tarifa de energia elétrica, nada mais é, do que a composição de valores calculados que representam cada parcela dos investimentos e operações técnicas (MINISTÉRIO DE

MINAS E ENERGIA, 2019). A distribuidora de energia elétrica para a cidade de Santa Maria e região é a RGE Sul. Assim, de acordo com a fatura eletrônica emitida pela RGE Sul, referente ao mês de outubro de 2019, fornecida pela Pró Reitoria de Infraestrutura (PROINFRA) da UFSM, foi possível afirmar que a universidade se enquadra na modalidade tarifária azul, com tarifas vigentes para clientes subgrupo A4 (2,3 a 25kV).

Para complementação, houve a necessidade de encontrar as tarifas referentes aos horário de ponta, ou ‘horário de pico’, sendo este definido e composto por três horas diárias consecutivas, no período das 18h às 21h (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2019). E o horário fora de ponta, conhecido como “horário fora de pico”, sendo este o intervalo de tempo que não o das três horas consecutivas, definidas no horário de ponta (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2019). Na Tabela 1 se tem relacionado o custo do consumo de energia com a classificação do horário em que ela está sendo utilizada para o subgrupo A4, tarifa horário azul, com vigência desde 19 de junho de 2019, já acrescido dos tributos.

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

<b>Horário</b>	<b>Tarifa (R\$/kWh) já acrescido dos tributos</b>
Ponta	0,786614051
Fora de Ponta	0,522810275

Fonte: Pró Reitoria de Infraestrutura da UFSM (2019).

Além da tarifa dos horários de ponta e fora de ponta, há também o acréscimo em determinados momentos das bandeiras tarifárias. O Quadro 2, mostra o acréscimo ao valor do quilowatt-hora (kWh) consumido, de acordo com cada bandeira tarifária.

Quadro 2 - Bandeiras tarifárias.

<b>Cor da bandeira</b>	<b>Condições de abastecimento do sistema</b>	<b>Acréscimo</b>
Verde	Condições favoráveis de geração de energia	Nenhum acréscimo
Amarela	Menos favoráveis à geração de energia	R\$ 0,015 / kWh
Vermelha patamar 1	Mais custosas para geração de energia	R\$ 0,040 / kWh
Vermelha patamar 2	Ainda mais custosas para geração de energia,	R\$ 0,060 / kWh

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2015).

Os custos médios com tributos representam 29,5% da conta de energia elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016), mas variam de estado para estado. Onde se enquadram as alíquotas referentes ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), nos valores do custo da energia. Segundo a Rio Grande Energia Sul (2015), a alíquota do ICMS sobre energia elétrica é de 30% e as alíquotas do PIS e COFINS, segundo informações analisadas através da fatura de energia elétrica da UFSM, para o mês de outubro de 2019, são respectivamente, 0,96% e 4,42%.

#### 4.1.2 Correção monetária e reajuste da tarifa elétrica

Para a realização do estudo utilizou-se o valor da inflação de um período de 10 anos, de 2009 até 2018. Os dados da inflação anual no período em questão foram obtidos pela Calculadora do Cidadão (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019), com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPC-A) do IBGE. Na Tabela 2 está apresentado o histórico de inflação pelo IPC-A nos últimos 10 anos.

Tabela 2 - Histórico da inflação no período de 2009 a 2018.

Ano	Inflação anual pelo IPC-A
2009	4,31%
2010	5,90%
2011	6,50%
2012	5,83%
2013	5,91%
2014	6,41%
2015	10,67%
2016	6,29%
2017	2,95%
2018	3,75%

Fonte: Adaptado Banco Central do Brasil (2019).

Obteve-se como resultado a taxa média da inflação de 5,8351% ao ano. Para a realização do cálculo se utilizou a Equação 1, referente a Taxa Anual Efetiva de Juros (BLANK, TARQUIN, 2008).

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



Onde:  $i_a$  é a taxa anual de juros (% ao período);  $i$  é a taxa correspondente ao período da aplicação (% ao período);  $m$  é a frequência da capitalização.

Para determinar o índice de reajuste da tarifa elétrica, utilizou-se os dados dos últimos oito anos do reajuste tarifário anual. Os reajustes foram obtidos na Agência Nacional de Energia Elétrica (2019), para a empresa RGE Sul, sendo apresentados na Tabela 3.

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

Ano	Reajuste tarifário anual da energia elétrica
2011	6,30%
2012	5,20%
2013	-20,90%
2014	28,90%
2015	42,10%
2016	-0,30%
2017	-5,60%
2018	21,10%

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2019).

Depois se aplicou novamente a Equação 1 para a obtenção da taxa de reajuste da tarifa média, onde se encontrou uma taxa equivalente de 7,3829% ao ano.

#### 4.1.3 Taxa Mínima de Atratividade

Para o estabelecimento de uma Taxa Mínima de Atratividade optou-se por utilizar como base o rendimento da poupança nos últimos seis anos. Devido a mudança na regra de correção com a Medida Provisória nº 567/2012, publicada no Diário Oficial da União no dia 04 de maio de 2012, ficam alteradas as regras da caderneta de poupança. Assim, a partir desta data, novas cadernetas de poupança ou depósitos feitos nessa modalidade passaram a ter uma nova regra de remuneração (PORTAL BRASIL, 2012). Então devido a esta mudança, foram coletados dados do início de 2013 até o início de 2019, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Histórico de rendimento da poupança.

<b>Ano</b>	<b>Rendimento anual acumulado</b>
2013	5,672%
2014	7,0200%
2015	7,945 %
2016	8,348%
2017	6,889%
2018	4,681%

Fonte: Autora (2019).

Aplicando o valor do rendimento total na Equação 1, obteve-se o rendimento médio anual como sendo 5,8377 %, valor que foi utilizado para a TMA nos cálculos de viabilidade econômica.

#### 4.2 DADOS ESPECÍFICOS PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Nesta subseção estão apresentados os modelos dos postos de recarga rápida, nível III, escolhidos para o estudo. Também são mostrados dados específicos sobre os investimentos e as despesas relacionados com cada um destes equipamentos.

##### 4.2.1 Modelos de postos de recarga rápida selecionados para o estudo

Para a escolha dos modelos dos postos de recarga rápida foi realizada uma pesquisa com fabricantes e distribuidores, levando em consideração os modelos já em uso no território nacional, além de outros possíveis modelos que se adequariam a situação estudada. Para a análise neste trabalho foram escolhidos nove modelos de postos de quatro fabricantes distintos, provindos de quatro distribuidoras, sendo duas distribuidoras localizadas fora do Brasil.

Alguns dos aspectos que distinguem os postos se encontram no Quadro 3, exibindo as características técnicas básicas como a potência e a capacidade de veículos suportada para recarga simultânea.

Quadro 3 – Características dos modelos analisados

Modelos	Voltagem (V)	Potência (kW)	Amperes (A)	Veículos suportados	Tipos de veículos
ChargePoint Express 100 CPE100	480	25	62	1	Nissan, Chevrolet, BMW, Ford, Tesla, Outros
ChargePoint Express 200 CPE200	480	50	125	2	Nissan, Chevrolet, BMW, Ford, Tesla, Outros
ChargePoint Express 250	480	62,5	125	2	Nissan, Chevrolet, BMW, Ford, Tesla, Outros
Delta Ev 25kw DC Fast Charger Dual Wallbox	400	50	95	3	BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi, Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia, Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes, BYD
Delta Ev 25kw DC Fast Charger Single Wallbox	400	20	95	3	BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi, Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia, Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes, BYD
ABB Terra 23CJG	208, 240 e 480	25	90, 40 e 165	2	Nissan, Chevrolet, BMW, Ford, Tesla, Outros
ABB Terra 53CJG	208, 240 e 481	25	90, 40 e 166	1	Nissan, Chevrolet, BMW, Ford, Tesla, Outros
EVlink Parking - Floor standing	400	22	32	2	Renault, Tesla, Daimler, Nissan, Mitsubishi, Kia, Peugeot, Citroen, BMW, Ford e GM
EVlink Parking - Wall mounted	400	22	32	2	Renault, Tesla, Daimler, Nissan, Mitsubishi, Kia, Peugeot, Citroen, BMW, Ford e GM

Fonte: Autora (2019)

Estas são características importantes e consideradas em análises neste trabalho. Também pode se pontuar os distintos veículos que cada posto atende, como sua voltagem e amperagem, também relevante para estudos futuros que se basearem em dados técnicos relacionados a estrutura e capacitância dos modelos.

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

Alguns dos fatores técnicos que influenciam a escolha de um equipamento são: a potência do equipamento, a capacidade de recarregar mais de um veículo ao mesmo tempo, a corrente elétrica, os tipos de conectores disponíveis, a voltagem, o sistema de software de operação, o tamanho dos cabos e a eficiência de recarga.

Para a realização do presente estudo serão utilizadas para análises as potências de carregamento de cada equipamento e a capacidade de carregar mais de um veículo simultaneamente. Os modelos que serão analisados estão no Tabela 5, já convertidos em real brasileiro com a aplicação das alíquotas referentes a produtos de importação.

Tabela 5 - Preços dos modelos de postos de recarga rápida escolhidos neste estudo.

<b>Distribuidor</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Smart Charge America	Charge Point	Charge Point Express 100 CPE100	90.464,94
		Charge Point Express 200 CPE200	259.091,59
		Charge Point Express 250	269.277,65
Evcharge Solutions	Delta	Delta EV 25kW DC Fast Charger Dual Wallbox	90.428,75
		Delta EV 25kW DC Fast Charger Single Wallbox	72.335,77
ABB	ABB	ABB Terra 23CJG	100.000,00
		ABB Terra 53CJG	150.000,00
Neo Solar	Schneider Electric	EVlink Parking - Floor standing	28.590,00
		EVlink Parking - Wall mounted	25.990,00

Fonte: Autora (2019)

As alíquotas sobre a importação aplicadas aos modelos vendidos pelo distribuidor Smart Charge America e Evcharge Solutions, foram: 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).

A vida útil de um equipamento, segundo alguns fornecedores, pode se estimar como sendo de 10 anos, porém essa estimativa varia de acordo com a periodicidade da realização de manutenção preditiva e preventiva, e as condições de uso do equipamento, como também a sua obsolescência.

Para a realização do cálculo de depreciação utilizou-se o método linear, no qual se deprecia sempre a mesma fração do valor inicial do equipamento (EHRlich; MORAES, 2013). Sendo assim, com a vida útil de 10 anos para os modelos selecionados, a taxa de depreciação obtida é de 10% ao ano.

#### **4.2.3 Custos com a instalação e a manutenção dos equipamentos**

A instalação dos equipamentos depende de vários parâmetros como: a proximidade da posição da colocação dos postos ao painel do disjuntor, o número de instalações, os custos com de mão de obra, aterramento, etc., bem como a necessidade de cumprir requisitos de segurança, entre outros. Analisando estes parâmetros optou-se, neste trabalho, por levar em consideração referências bibliográficas para estabelecer estas despesas com instalação. Isto

porque as despesas tornam-se relativas em certo grau, dependendo do equipamento e do local de instalação.

Seguindo algumas referências como a Nationale Plattform Elektromobilität (2015) e Schroeder e Traber (2012), foi possível relacionar a potência aos custos de instalação, delimitando o custo de instalação de R\$ 44.723,21 para potências entre 20 à 25 kW; R\$ 223.616,04 para potências de 50 kW e R\$ 245.977,64 para potências entre 60 à 65 kW.

Para o cálculo de manutenção baseou-se também em alguns estudos já realizados. Schroeder e Traber (2012) utilizam o custo de manutenção como sendo 10% do custo utilizado de material, Daniel et al. (2012) utilizam como manutenção do equipamento 10% do custo da instalação. Assim, para a estimativa do custo anual de manutenção optou-se por adotar 10% do custo da instalação do equipamento.

#### 4.2.4 Custos com a energia elétrica consumida pelo equipamento

Para o estabelecimento do valor do consumo elétrico se buscou um padrão para os postos de recarga. Pois a finalidade é realizar uma avaliação para cada modelo especificado. Assim, foi determinados horários de funcionamento do posto de recarga, expresso na Tabela 6, sendo estabelecido o tempo de utilização de cada um dos postos em horas de consumo. Como não se tem uma estimativa do período mais apropriado, optou-se por simular estas três situações horárias distintas.

Tabela 6 - Distribuição dos turnos do estacionamento.

<b>Turnos</b>	<b>Horário de Funcionamento</b>	<b>Total de Horas</b>
Manhã	6h30min até 12h30min	6 horas
Tarde	12h30 min até 18h30min	6 horas
Integral	6h30min até 20h30min	14 horas

Fonte: Autora (2019).

Logo, considera-se que, enquanto o posto de recarga estiver em horário de funcionamento, estará ocorrendo a recarga de veículos elétricos, de forma que, exista um consumo de energia constante durante todo o horário de recarga.

Para a delimitação do consumo de eletricidade dos equipamentos, realizou-se uma estimativa, buscando determinar o consumo de energia. Esta estimativa foi obtida em kWh, sendo este dado obtido com base na potência de cada equipamento e com base no seu turno de

funcionamento. Seguindo este contexto, o custo com a energia elétrica consumida é determinada com o custo obtido para o R\$/kWh. Essa relação é expressa na Tabela 7, onde é apresentado o custo da energia por dia e o custo da energia mensal para cada modelo analisado.

Tabela 7 - Custo com energia elétrica.

Modelo	Custo Diário (R\$)			Custo Mensal (R\$)		
	Manhã	Tarde	Integral	Manhã	Tarde	Integral
ChargePoint Express 100 CPE100	78,54	78,54	186,85	1.570,80	1.570,80	3.737,01
ChargePoint Express 200 CPE200	157,08	157,08	373,70	3.141,60	3.141,60	7.474,03
ChargePoint Express 250	196,35	196,35	467,13	3.927,00	3.927,00	9.342,53
Delta EV 25kW DC Fast Charger Dual Wallbox	78,54	78,54	186,85	1.570,80	1.570,80	3.737,01
Delta EV 25kW DC Fast Charger Single Wallbox	78,54	78,54	186,85	1.570,80	1.570,80	3.737,01
ABB Terra 23CJG	62,83	62,83	149,48	1.256,64	1.256,64	2.989,61
ABB Terra 53CJG	157,08	157,08	373,70	3.141,60	3.141,60	7.474,03
EVlink Parking - Floor standing	69,12	69,12	164,43	1.382,30	1.382,30	3.288,57
EVlink Parking - Wall mounted	69,12	69,12	164,43	1.382,30	1.382,30	3.288,57

Fonte: Autora (2019).

É pertinente ressaltar que os dados da tabela se encontram sem a adição das bandeiras tarifárias que influenciam no valor final. Contudo, as bandeiras tarifárias serão utilizadas para a determinação dos cenários, sendo adicionadas na seção secundária, referente a simulação de cenários.

#### 4.3 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Para a obtenção dos resultados do estudo da aplicação do método CAUE, foram modelados 54 cenários, como mostra a Tabela 8, envolvendo os modelos dos postos de recarga rápida, seu período de funcionamento, a bandeira tarifária verde e a bandeira tarifária vermelha patamar 2. Não foram envolvidos nesta simulação a bandeira tarifária amarela e a bandeira tarifária vermelha patamar 1, pois elas implicam naturalmente em valores e resultados intermediários.

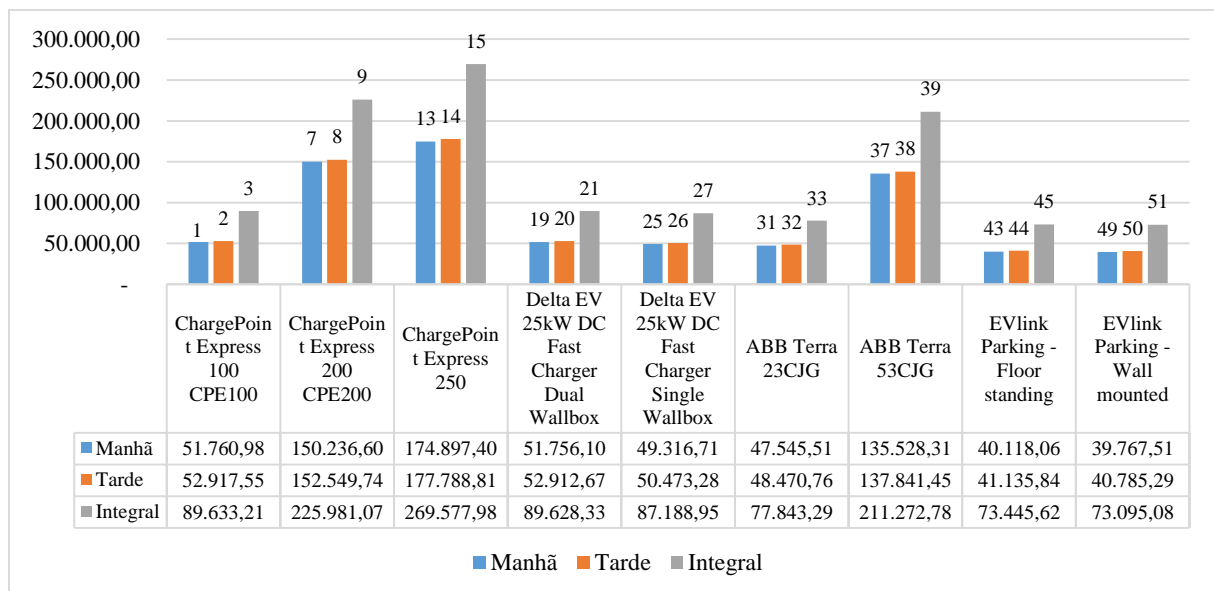
Tabela 8 - Cenários para aplicação do CAUE

Modelos	Verde			Vermelho Patamar 2		
	M	T	I	M	T	I
<b>Horário: Manhã (M); Tarde (T); Integral (I)</b>						
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
Delta Ev 25kW Dc Fast Charger Dual Wallbox	19	20	21	22	23	24
Delta Ev 25kW Dc Fast Charger Single Wallbox	25	26	27	28	29	30
Abb Terra 23 CJG	31	32	33	34	35	36
Abb Terra 53 CJG	37	38	39	40	41	42
Evlink Parking - Floor Standing	43	44	45	46	47	48
Evlink Parking - Wall Mounted	49	50	51	52	53	54

Fonte: Autora (2019).

Os resultados obtidos com a aplicação do método CAUE estão expostos no gráfico da Figura 1, com o número dos cenários apresentados no rotulo de dados e os valores encontrados para a bandeira tarifária verde na tabela de dados.

Figura 1 - CAUE expresso em R\$ aplicado à bandeira tarifária verde



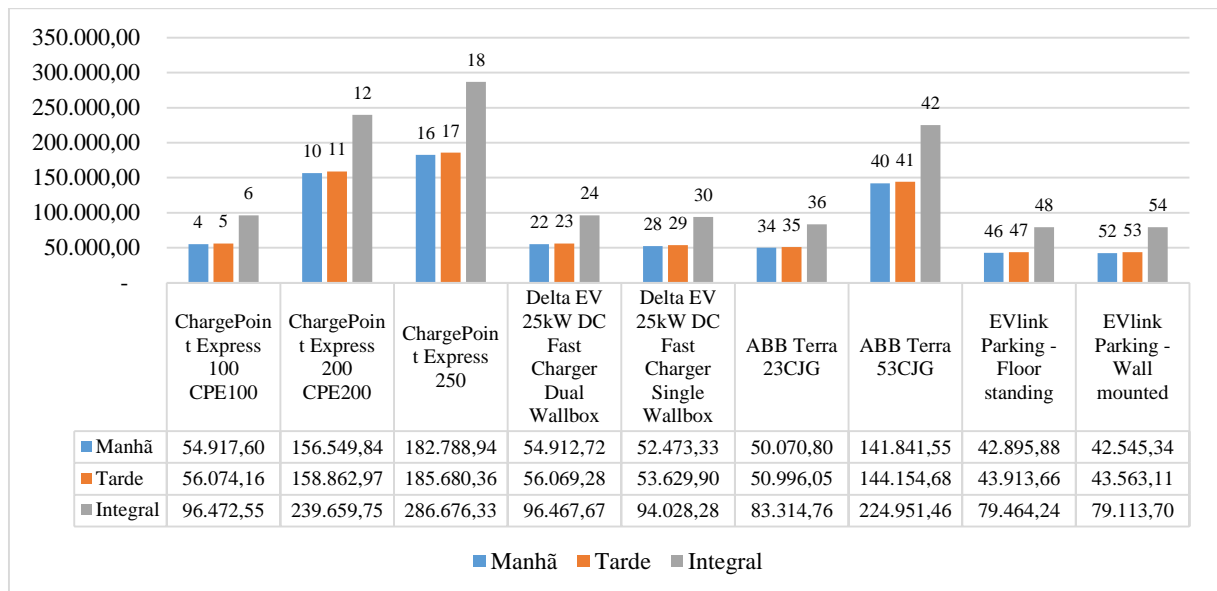
Fonte: Autora (2019)

Ao analisar a utilização dos postos em tempo integral, é perceptível que a estação de recarga Charge Point Express 250 possui o maior CAUE dentre as demais analisadas, visto que este modelo tem uma potência de 62,5 kW, a maior dentre os modelos, e possui a

capacidade de recarregar dois carros simultaneamente. Em contra partida, o modelo EVlink Parking - Wall standing apresentou o menor CAUE, sendo um dos modelos com menor potência, possuindo 22 kW, com a possibilidade de carregamento simultâneo de dois veículos. Trata-se de uma opção economicamente vantajosa em questões de custo comparado a sua concorrente mais cara, a Charge Point Express 250.

A aplicação do método para a bandeira tarifária vermelha patamar 2 ocorreu com o acréscimo de R\$0,06, por kW consumido. No gráfico da Figura 2 é possível verificar o CAUE calculado para os modelos e os cenários em questão.

Figura 2 - CAUE expresso em R\$ aplicado à bandeira tarifária vermelha patamar 2



Fonte: Autora (2019)

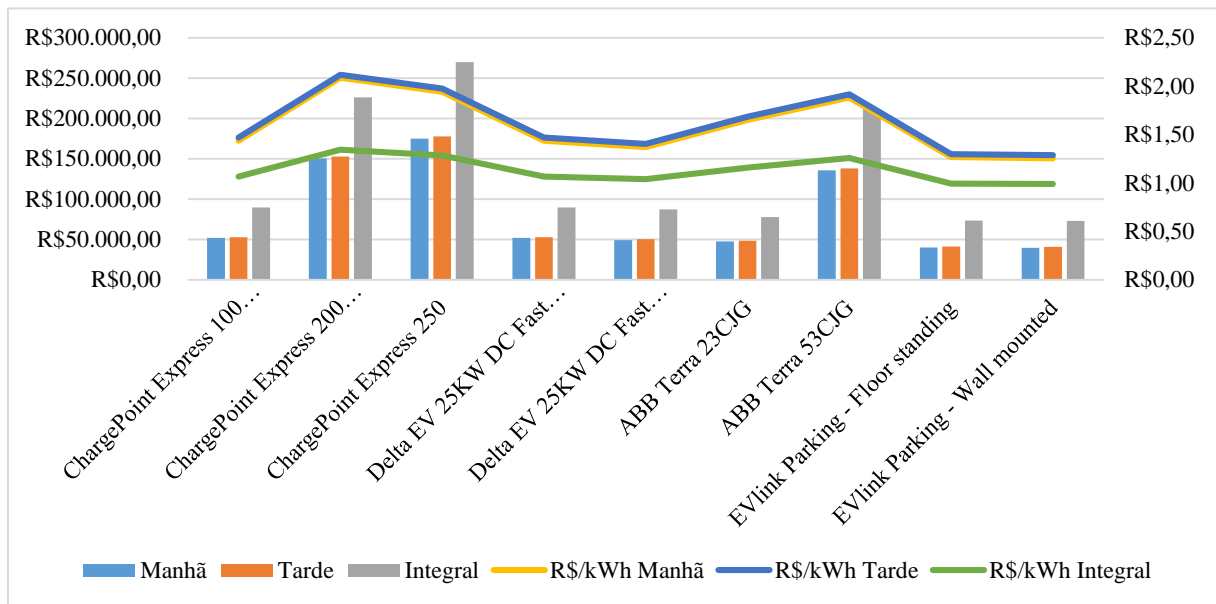
Como esperado, houve um aumento em cada CAUE em função ao acréscimo da bandeira tarifária vermelha patamar 2. Esse aumento variou entre 4,14% e 8,23% em relação ao CAUE da bandeira tarifária verde. Em ambas as bandeiras os modelos EVlink Parking, do fabricante Schneider Electric, apresentaram um menor CAUE.

Toda via, somente os valores apresentados através do método CAUE não são suficientes para a avaliação da melhor opção de investimento. Além da comparação do CAUE entre os modelos de recarga rápida, também foi realizada a comparação entre o valor obtido para o R\$/kWh consumido dos modelos. Com esta comparação, obtém-se os valores máximos e mínimos para o R\$/kWh consumido, relacionando o CAUE obtido com a energia



anual consumida dos equipamentos. Os equipamentos foram avaliados nos cenários com a bandeira tarifária verde e com a bandeira tarifária vermelha patamar 2. Logo, foi realizado a divisão entre o CAUE de cada modelo pela energia elétrica anual consumida, obtendo-se a seguinte combinação para a bandeira tarifária verde, como mostra o gráfico da Figura 3.

Figura 3 - Combinação entre o CAUE e o R\$/kWh consumido para a bandeira tarifária verde

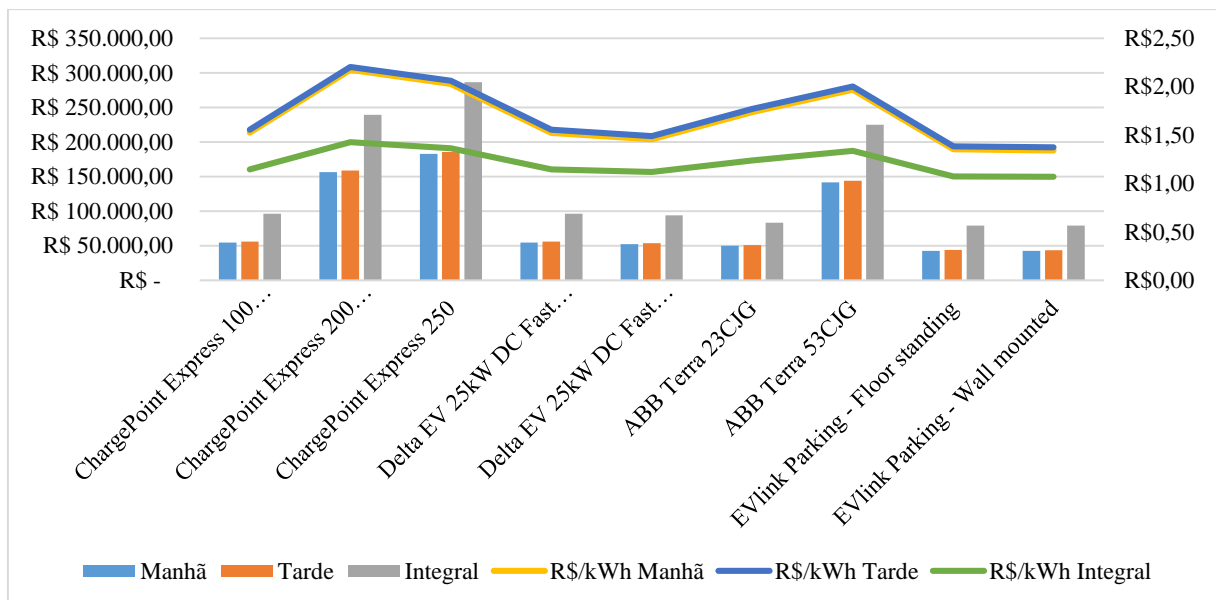


Fonte: Autora (2019).

É possível notar que o valor do R\$/kWh consumido no período da manhã e tarde é relativamente o mesmo para os modelos devido ao fato das duas situações apresentarem horários de funcionamentos iguais. Entretanto, no horário da tarde, ocorre um pequeno acréscimo no custo em decorrência de sua participação com 30 minutos na categoria de ponta. Além disto, o horário integral é onde os equipamentos apresentam o menor R\$/kWh consumido, concluindo-se que quanto maior o tempo em que a estação de recarga estiver funcionamento, menor será o R\$/kWh. Observa-se também, que conforme há um aumento do CAUE, o valor do R\$/kWh diminui. Essa diferença acontece devido ao aumento de energia consumida pelo modelo, que é resultado da mudança dos horários de funcionamento. De forma similar, ao alternar os horários, o CAUE também sofre um acréscimo em seu valor. Logo, o aumento do valor da energia consumida acaba sendo maior que o aumento do CAUE, resultando em uma diminuição na razão R\$/kWh.

Deste modo, os modelos que apresentam o menor R\$/kWh, no período manhã, tarde e integral, se mantem sendo os modelos da EVlink Parking e o modelo com o maior R\$/kWh continua sendo o Charge Point Express 250, mantendo a Charge Point como a fabricante que possui os modelos de maior CAUE. Do mesmo modo se analisou o CAUE dos modelos com a bandeira tarifária vermelho patamar 2 e sua relação com o R\$/kWh, sendo que o resultado se encontra no gráfico da Figura 4.

Figura 4 - Combinação entre o CAUE e o R\$/kWh consumido para a bandeira tarifária vermelha patamar 2



Fonte: Autora (2019).

Como esperado, os equipamentos com os valores máximos e mínimos para o R\$/kWh consumido se mantiveram os mesmos da bandeira tarifária verde para a bandeira tarifária vermelha patamar 2, porém, com um aumento médio de 6,18% no valor do R\$/kWh para todos os modelos.

#### 4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o objetivo de analisar a instalação de um posto de recarga rápida de veículos elétricos nas dependências da UFSM, relacionou-se o presente estudo com trabalhos bibliográficos semelhantes.

Para uma análise comparativa dos resultados utilizou-se a pesquisa publicada por Zhang et al. (2018), no qual o autor realizou uma análise econômica para postos de recarga rápida na China. Para a execução dos estudos o autor utilizou uma TMA de 4,41% e período de doze anos, com oito equipamentos iguais de carregamento rápido. Para uma correlação singela com o trabalho do autor já citado, neste estudo escolheu-se um período de dez anos e uma TMA de 5,8377% ao ano. O valor encontrado por Zhang et al. (2018) foi de, CNY 10.800.000,00, convertido a real resulta em R\$ 6.158.333,85. Para cada estação o autor teria um custo de R\$ 769.791,73. Comparado com o custo do equipamento do modelo EVlink Parking Wall, abordado no presente estudo, o valor foi de R\$ 39.767,51.

Alguns dos aspectos passíveis para justificar o valor elevado encontrado pelo autor, são os custos adicionais como aluguel do terreno, seguros necessários, salários e custos relacionados ao bem estar dos operadores dos postos. Esses e outros custos se diferenciam em razão da cultura e da economia entre o local abordado pelo autor e o local utilizado neste projeto.

## **5 CONCLUSÃO**

No Brasil, um dos principais obstáculos para a introdução de veículos elétricos é a competição com o programa de biocombustíveis. Todavia, o uso de eletricidade para o transporte individual pode gerar economias significativas em termos de eficiência energética e a redução no consumo de combustíveis fósseis.

Buscando atender a necessidades de ampliar o conhecimento e as percepções sobre o assunto abordado, o atual trabalho de conclusão de curso teve como objetivo geral analisar a viabilidade econômica de instalação de um posto de recarga rápida de veículos elétricos. O trabalho tem importância porque o crescimento dos veículos elétricos é uma tendência irrefreável, sendo essencial o investimento em infraestrutura de recarga das baterias dos veículos elétricos. Então, com este trabalho foram analisados 54 cenários, envolvendo nove postos de recarga rápida, com duas bandeiras tarifárias e três diferentes períodos de funcionamento. Para realizar a análise econômica, utilizou-se o método do CAUE, juntamente com a combinação do valor do R\$/kWh, referente a energia consumida pelos modelos.

O estudo foi aplicado tendo em vista que se realizaria a instalação de somente um posto de recarga nas dependências do campus da Universidade Federal de Santa Maria. Contudo, levando em consideração a capacidade de veículos suportados para carregamento simultâneo. A partir dos resultados obtidos com a aplicação de um método de Engenharia

Econômica nos cenários modelados, se observou que os modelos que apresentaram o CAUE mais elevado foram os do fabricante Charge Point, em especial o modelo Charge Point Express 250, com o CAUE máximo para a bandeira tarifária vermelha patamar 2 de R\$ 286.676,33. Em contra partida, o menor CAUE que se obteve foi do modelo do fabricante Scheneider Eletric, em especial, o modelo EVlink Parking Wall, com CAUE mínimo na bandeira tarifária verde de R\$ 39.767,51, no período da manhã.

Se conclui que nas circunstâncias atuais, levando em consideração que ambos os modelos apresentam a capacidade de carregamento simultâneo de dois veículos, o melhor modelo é o da EV link Parking, que além de possuir os menores CAUE, possui distribuição nacional, não sendo necessária a importação, o que talvez justificaria em partes o seu custo ser menor em comparação com os do fabricante Charge Point. Além disso, também foram mostrados os valores relacionados ao R\$/kWh de cada modelo, a fim de trazer uma proximidade de comparação. Pode-se perceber, que a medida que o valor do CAUE e o período de uso aumentavam, houve uma redução do R\$/kWh. Para o modelo de menor CAUE o menor R\$/kWh foi de R\$0,99 para o período integral na bandeira tarifária verde.

Este estudo além de proporcionar conhecimento a respeito de alguns modelos de postos de recarga rápida para veículos elétricos, e sua aplicabilidade na UFSM, trouxe questões para uma reflexão a respeito do cenário atual da tecnologia e inovação. Porém, sabe-se que há uma ausência de subsídios por parte do governo federal, visando à aquisição de veículos elétricos e investimentos em infraestrutura.

Diante destas questões abordadas, algumas das limitações presentes na aplicação deste estudo foram a captação de informações com os fornecedores desses equipamentos, visto que algumas informações tiveram que ser estimadas por meio de referências bibliográficas. Porém, chega-se à conclusão que o objetivo geral deste trabalho foi atendido, sendo realizada a aplicação de técnicas de Engenharia Econômica para a análise de diferentes postos, com avaliação de 54 cenários. Assim foi possível realizar uma análise econômica de instalação entre os nove modelos de equipamentos e obter informações relevantes a respeito do melhor equipamento.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Como é composta a tarifa.** Brasil, 2016. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset\\_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false)> Acesso em: 18 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Estações de Recarga de Veículos Elétricos: regulamentação sobre recarga de veículos elétricos.** Brasília, 2018b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos>> Acessado em: 07 fev 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Efeito dos Reajustes Tarifários.** Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDFmMzIzM2QtM2EyNi00YjkyLWlXNDMtYTU4NTI0NWl5NTI5IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9>>. Acesso em 18 set 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras tarifárias.** Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>> Acesso em: 18 set 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos. Resolução n. 819, de 19 de Junho de 2018. **Diário Oficial da União.** República Federativa do Brasil: Poder Legislativo, DF, 5 jul. 2018a. Seção 1, p. 70.

ALHAZMIA, Y. A.; SALAMA, M. M. A. Economical staging plan for implementing electric vehicle charging stations. **Sustainable Energy Grids and Networks**, v. 10, p. 12-25, 2017.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno de Estudos**, São Paulo, n. 6, p. 1-16, 1992.

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: 08 nov 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. **Electric mobility: infraestrutura de recarga de veículos elétricos.** São Paulo, 2018. 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. **IPVA – para veículos elétricos.** São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/ipva-para-veiculos-eletricos/>> Acessado em: 31 jan 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2018.** São Paulo: Ponto & Letra, 2019a.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Publicação mensal da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores**. n. 392, São Paulo: Ponto & Letra, 2019b.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do Cidadão**. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 14 set. 2019.

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

BRASIL. Lei n. 13.755, de 10 de dezembro de 2018. Estabelece requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil; institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística; dispõe sobre o regime tributário de autopeças não produzidas. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: Poder Legislativo, Brasília, DF, 11 de dezembro de 2018. Seção 1, p. 21.

CAMARGO, M, A. **Matemática financeira aplicada a produtos financeiros e análise de investimentos**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

CAMLOFFSKI, R. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

CASAROTTO, N.F.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CASAROTTO, N.F.; KOPITKE, B.H. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CASTRO, B. H. R.; FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 267 – 310, 2010.

CLEAN ENERGY MINISTERIAL. **Electric Vehicles Initiative (EVI): Accelerating the deployment of electric vehicles (EVs) worldwide**. [ S. I.], 2018. Disponível em: <https://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/electric-vehicles-initiative> > Acessado em: 27 jan 2019.

COALITION FOR GREEN CAPITAL. **Review of New York State Electric Vehicle Charging Station Market and Policy, Finance, and Market Development Solutions**. Washington, 2015.

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: 18 set 2019.

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: 17 set. 2019.

DANIEL, D. C. et al. Financial viability of non-residential electric vehicle charging stations. **UCLA Luskin School of Public Affairs**, Los Angeles, 2012.

DELGADO, F. et al. Carros elétricos. **FGV Energia**. Rio de Janeiro. n. 7, 2017.

EARL, J.; FELL, M. J. Electric vehicle manufacturers' perceptions of the market potential for demand-side flexibility using electric vehicles in the United Kingdom. **Energy Policy**, v. 129, p. 646-652, 2019.

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

FATHABADI, H. Combining a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) stack with a Li-ion battery to supply the power needs of a hybrid electric vehicle. **Renewable Energy**, v. 130, p. 714-724, 2019.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GNANN, T. et al. Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. v. 62, p. 314-329, 2018.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Censo Demográfico: população estimada**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-maria/panorama>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

INICIATIVA VERDE. **Transporte individual**. 2019. Disponível em: <<http://www.iniciativaverde.org.br/calculadora/index.php#transporte>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electric vehicles Tracking Clean Energy Progress**. 2018. Disponível em: <<https://www.iea.org/tcep/transport/evs/>> Acesso em: 24 jan 2019.

JERRAM, L.; GARTNER, J. Electric Vehicle Charging Equipment - Level 1 and Level 2, DC fast charging, and wireless EVSE. **Global Market Analysis and Forecasts**, Boulder, 2012.

KIRSCH, D. A. **The Electric Vehicle and the Burden of History**. 1 ed, New Brunswick: Rutgers University Press, 2000.

MARTINS, R. A. **Sistema de medição de desempenho: Um modelo para estruturação do uso de tese**. 1 ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.

MATIAS, P. J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

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

MINISTÉRIO DE MINAS DE ENERGIA. **Tarifa de energia elétrica**. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/5-tarifa-de-energia-eletrica>> Acesso em: 18 set. 2019.

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

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT. Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Germany. **Progress Report and Recommendations**, v.1, p. 1-33. 2015.

\_\_\_\_\_. **PLUGSHARE**, 2019. Disponível em: < <https://www.plugshare.com/> > Acessado em: 25 out. 2019.

PORTAL BRASIL. **Caderneta da Poupança: Novas Regras**. Brasil, 2012. Disponível em: <[https://www.portalbrasil.net/2012/economia/poupanca\\_novasregras.htm](https://www.portalbrasil.net/2012/economia/poupanca_novasregras.htm)>. Acesso em 19 set. 2019.

PORTAL TRIBUTÁRIO. **Incidências de tributos na importação**. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.portaltributario.com.br/artigos/tributosimportacao.htm>> Acesso em: 20 set 2019.

REDDY K. J.; NATARAJAN, S. Energy sources and multi-input DC-DC converters used in hybrid electric vehicle applications: A review. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 43, p. 17387-17408, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 8115, de 30 de dezembro de 1985. Institui o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2008.115.pdf>> Acesso em: 07 fev 2019

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 14 set. 2019.

ROSS, S. A. et. al. **Administração Financeira**. 10 ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

RUBENS G. Z. Who will buy electric vehicles after early adopters? Using machine learning to identify the electric vehicle mainstream Market. **Energy**, v. 172, p. 243-254, 2019.

SCHROEDER, A.; TRABER, T. 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.



SIOHANSI, F.; WEBB J. Transitioning from conventional to electric vehicles: The effect of cost and environmental drivers on peak oil demand. **Economic Analysis and Policy**, v. 61. P. 7-15, 2019.

SOARES, I. et. al. **Decisões de investimento análise financeira de projetos**. 4ed. Sílabo, Lisboa, setembro de 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **UFSM em números**. Santa Maria, 2019. Disponível em: <<https://portal.ufsm.br/ufsm-em-numeros/publico/index.html>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Plug-In Electric Vehicle Handbook for Consumers**. 2015. Disponível em: <[http://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/pev\\_consumer\\_handbook.pdf](http://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/pev_consumer_handbook.pdf)>. Acesso em: 30 mai 2019.

VAGROPOULOS, S.; KLEIDARAS, A.; BAKIRTZIS, A. Financial viability of investmentes on electric vehicle charging stations in workplaces with parking lots under flat rate retail tariff scheme. **International Universities Power Engineering Conference (UPEC)**, v. 49 , p. 1-6, 2014.

VASCONCELOS, Y. A ascensão dos elétricos. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v. 18, n. 258, p 19-25, 2017.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia da Pesquisa**. Florianópolis: SEaD/UFCS, 2006.

ZHANG, L. et al. Charge pricing model for electric vehicle charging infrastructure public-private partnership projects in China: A system dynamics analysis. **Journal of Cleaner Production**. v. 199, p. 321-333, 2018.