

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Patrícia Gomes Dallepiane

**ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO NO SETOR DE TRANSPORTE
DE CARGAS: ESTUDO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE
CAMINHÕES ELÉTRICOS**

Santa Maria, RS
2021

Patrícia Gomes Dallepiane

**ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO NO SETOR DE TRANSPORTE DE CARGAS:
ESTUDO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, área de concentração em Sistemas de Energia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**.

Orientadora: Prof^a. Dra. Luciane Neves Canha

Santa Maria, RS
2021

Dallepiane, Patricia Gomes
ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO NO SETOR DE TRANSPORTE
DE CARGAS: ESTUDO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE CAMINHÕES
ELÉTRICOS / Patricia Gomes Dallepiane.- 2021.
147 p.; 30 cm

Orientadora: Luciane Neves Canha
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica, RS, 2021

1. Caminhão elétrico 2. Transporte de Carga 3.
Logística 4. Impactos Ambientais 5. Método AHP I. Canha,
Luciane Neves II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2021

Todos os direitos autorais reservados a Patrícia Gomes Dallepiane. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

End. Eletr.: patricia.dallepiane@gmail.com

Patrícia Gomes Dallepiane

**ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO NO SETOR DE TRANSPORTE DE CARGAS:
ESTUDO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, área de concentração em Sistemas de Energia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**.

Aprovado em 09 de abril de 2021:



Luciane Neves Canha, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



Carlos José Antônio Kummel Félix, Dr. (UFSM)



Wagner da Silva Brignol, Dr. (IFSUL)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Alcides, minha mãe Cecília e ao meu irmão Felipe.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pela saúde, proteção e pelas oportunidades proporcionadas em minha vida.

Agradeço a minha orientadora Dra. Luciane Neves Canha, pelo acolhimento, paciência, incentivo, orientação e contribuições feitas para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais e meu irmão por todo os ensinamentos, amor, carinho, apoio e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos pelo companheirismo e apoio durante desta jornada.

A empresa FRUKI que me proporcionou a oportunidade de desenvolver o estudo de caso, em especial ao Gerente de Logística Sr. Daniel Korndorfer Coelho pelo suporte e contribuições, e também a todos os demais colaboradores que contribuíram constantemente disponibilizando informações importantes durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Agradeço ao Sr. Zeno lensen Nadal da empresa COPEL-DIS pelo suporte e apoio para o desenvolvimento deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para a realização desta dissertação.

*“Meu refúgio, minha fortaleza, meu Deus eu
confio em ti!”*

Salmo 91.

RESUMO

ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO NO SETOR DE TRANSPORTE DE CARGAS: ESTUDO DE CASO COM A INTRODUÇÃO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS

Autor: Patrícia Gomes Dallepiane
Orientadora: Luciane Neves Canha

O transporte de carga eficiente e econômico é um fator importante para contribuir com o desenvolvimento da economia, competitividade no mercado e a redução de despesas na logística das empresas. Os caminhões elétricos possibilitam uma nova alternativa de mobilidade, devido as vantagens relacionadas à eficiência energética do veículo, atenuação de ruído no trânsito, redução da emissão de poluentes e por registrarem custos menores de abastecimento e manutenções comparados aos caminhões tradicionais. Além de buscar construir uma economia sustentável mediante as recargas por fontes renováveis de energia. Deste modo, o objetivo desta dissertação é realizar uma análise do impacto logístico com a inserção de caminhões elétricos para o transporte de cargas de bebidas. O presente estudo tende a desenvolver análises de possibilidades para contribuir em tomada de decisão nas empresas, no que tange à substituição de caminhões a diesel por elétricos, através da análise de perfis de rotas planejadas para os caminhões operarem durante a jornada de trabalho, avaliação econômica com abastecimento e manutenções de frota, aplicação do custo de mitigação das emissões de carbono ao substituir óleo diesel por eletricidade, análise de despesas para recargas de caminhões nas diferentes modalidades tarifárias e finalizando com a aplicação do método AHP para verificar o grau de importância de caminhões a diesel e elétricos. O estudo é baseado nas informações coletadas na empresa FRUKI em Lajeado e nos centros de distribuição localizados no Rio Grande do Sul. A análise de cada critério visa demonstrar que o processo de substituição da frota pode ser uma alternativa viável para as empresas, devido a economia gerada durante sua operação e redução na emissão de poluentes.

Palavras-chave: Caminhão elétrico. Transporte de Carga. Logística. Impactos Ambientais. Método AHP.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE LOGISTIC IMPACT ON THE LOAD TRANSPORT SECTOR: A CASE STUDY WITH THE INTRODUCTION OF ELECTRIC TRUCKS

AUTHOR: Patrícia Gomes Dallepiane
ADVISOR: Luciane Neves Canha

Efficient and economical cargo transportation is an important factor to contribute to the development of the economy, competitiveness in the market and the reduction of expenses in the logistics of companies. Electric trucks provide a new mobility alternative, due to the advantages related to the vehicle's energy efficiency, noise reduction in traffic, reduction of pollutant emissions and for registering lower supply and maintenance costs compared to traditional trucks. In addition to seeking to build a sustainable economy through recharges by renewable energy sources. Thus, the objective of this dissertation is to carry out an analysis of the logistical impact with the insertion of electric trucks for the transportation of loads of drinks. This study tends to develop analysis of possibilities to contribute to decision making in companies, with regard to the replacement of diesel trucks by electric ones, through the analysis of planned route profiles for trucks to operate during the working day, economic evaluation with supply and fleet maintenance, application of the cost of mitigating carbon emissions when replacing diesel oil with electricity, analysis of expenses for recharging trucks in different tariff modalities and ending with the application of the AHP method to check the degree of importance of trucks diesel and electric. The study is based on information collected at the company FRUKI in Lajeado and at distribution centers located in Rio Grande do Sul. The analysis of each criterion aims to demonstrate that the fleet replacement process can be a viable alternative for companies, due to the economy generated during its operation and reduction in the emission of pollutants.

Keywords: Electric truck. Cargo transport. Logistics. Environmental impacts. AHP method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estoque mundial de VEs.....	35
Figura 2 - Vendas de caminhões elétricos médios e pesados.....	38
Figura 3 - Postos de recargas.....	41
Figura 4 - Projeção da emissão de CO2 associada a matriz energética brasileira ...	43
Figura 5 - Planejamento da gestão de transportes.....	46
Figura 6 - Estrutura genérica para o método AHP.....	48
Figura 7 - Metodologia proposta.....	66
Figura 8 - Estrutura hierárquica para análise de caminhões.....	70
Figura 9 - Localização das unidades em estudo.....	74
Figura 10 - Distribuição física.....	76
Figura 11 - Rota com os pontos de entrega – Região de Missões.....	78
Figura 12 - Rota com os pontos de entrega – Região da Matriz.....	80
Figura 13 - Rota com os pontos de entrega - Região de Pelotas.....	82
Figura 14 - Dados de pesos admissíveis.....	95
Figura 15 - Dimensões do caminhão.....	95
Figura 16 - Carregador carga lenta - 7,4kW.....	96
Figura 17 - Simulação de autonomia (km) do caminhão elétrico.....	97
Figura 18 - Zona de abrangência do caminhão elétrico.....	102
Figura 19 – Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	105
Figura 20 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	106
Figura 21 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	107
Figura 22 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	108
Figura 23 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	110
Figura 24 - Economia anual gerada no abastecimento dos veículos.....	111
Figura 25 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	113
Figura 26 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	114
Figura 27 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	115
Figura 28 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	116
Figura 29 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.....	118
Figura 30 - Economia total gerada no abastecimento dos veículos.....	119
Figura 31 - Demanda de Energia em Canoas.....	129
Figura 32 - Demanda de Energia em Lajeado.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de caminhões elétricos.....	39
Tabela 2 - Distribuição dos caminhões a diesel.....	74
Tabela 3 - Descrição dos produtos.....	75
Tabela 4 - Dados de embarques mensal.....	77
Tabela 5 - Dados do planejamento da rota-centro de distribuição de Santo Ângelo.....	79
Tabela 6 - Dados do planejamento da rota da matriz de Lajeado.....	81
Tabela 7 - Dados do planejamento da rota do centro de distribuição de Pelotas.....	83
Tabela 8 - Simulações de embarques - Matriz.....	85
Tabela 9 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Santo Ângelo.....	86
Tabela 10 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Pelotas.....	86
Tabela 11 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Caxias do Sul....	87
Tabela 12 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Canoas.....	87
Tabela 13 - Dados caminhões – Matriz Lajeado.....	92
Tabela 14 – Dados caminhões - centro de distribuição de Santo Ângelo.....	92
Tabela 15 - Dados caminhões - centro de distribuição de Pelotas.....	92
Tabela 16 - Dados caminhões - centro de distribuição de Caxias do Sul.....	93
Tabela 17 - Dados caminhões - centro de distribuição de Canoas.....	93
Tabela 18 - Acompanhamento do caminhão elétrico.....	97
Tabela 19 - Rota do Caminhão Elétrico – Matriz.....	98
Tabela 20 - Rota do Caminhão Elétrico – Matriz.....	99
Tabela 21 - Rota do Caminhão Elétrico - Centro de Distribuição Canoas.....	99
Tabela 22 - Rota do Caminhão Elétrico - Centro de Distribuição Canoas.....	100
Tabela 23 - Despesas totais no período delimitado.....	102
Tabela 24 - Despesas de janeiro a junho de 2019.....	103
Tabela 25 - Despesas de julho a dezembro de 2019.....	103
Tabela 26 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	104
Tabela 27 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	105
Tabela 28 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	106
Tabela 29 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	107
Tabela 30 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	108
Tabela 31 - Despesa de janeiro a maio de 2020.....	111
Tabela 32 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	112
Tabela 33 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	113
Tabela 34 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	114
Tabela 35 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	115
Tabela 36 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.....	116
Tabela 37 - Despesas com manutenções.....	119
Tabela 38 - Custo de Mitigação.....	120
Tabela 39 - Proposta de substituição de frota pela quantidade.....	123
Tabela 40 - Proposta de substituição de frota pela quantidade de rotas/dia.....	124
Tabela 41 - Custo da Energia.....	125
Tabela 42 - Consumo de energia e demanda.....	128
Tabela 43 - Consumo de energia e demanda.....	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Tipos de conectores de recarga para VEs	42
Quadro 2 - Escala numérica de Saaty.....	48
Quadro 3 - Índice aleatório de consistência.....	49
Quadro 4 - Despesas com recargas.....	128
Quadro 5 - Despesas mensais para recarga.....	131
Quadro 6 - Matriz de avaliação das alternativas.....	132
Quadro 7 - Pesos resultante das alternativas.....	133
Quadro 8 - Desenvolvimento das equações.....	133
Quadro 9 - Matriz de decisão do método AHP.....	134

LISTA DE SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
BEV	<i>Battery Electric Vehicle</i>
CCEAL	Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Livre
CCEAR	Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEA	<i>International Energy Agency</i>
Un	Unidade
PCHs	Pequenas centrais hidrelétricas
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
TE	Tarifa de energia
TUSD	Tarifa de uso do sistema de distribuição
VEs	Veículos Elétricos

LISTA DE SÍMBOLOS

λ	Autovalor da matriz
a_{ij}	Grau de importância do critério de i sobre j
CO ₂	Dióxido de carbono
CoM	Índice de custo de mitigação
IC	Índice de consistência
IR	Índice aleatório de consistência
km	Quilômetro
kWh	Quilowatt-hora
M	Matriz de julgamentos
RC	Razão de consistência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	29
1.1	OBJETIVOS	30
1.1.1	Objetivo geral	30
1.1.2	Objetivos específicos	30
1.2	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	31
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
2.1	VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	33
2.1.1	Tipos de transporte na mobilidade elétrica	36
2.1.2	Transporte rodoviário de carga por caminhões elétricos	38
2.1.2.1	<i>Tendências no mercado brasileiro.....</i>	39
2.1.3	Principais características de recarga e normatização dos VEs	40
2.1.4	Meio ambiente	43
2.2	LOGÍSTICA	44
2.2.1	Logística integrada	44
2.2.2	Planejamento logístico	45
2.2.3	Método para tomada de decisão AHP	47
2.3	GESTÃO DE TRANSPORTE.....	50
2.3.1	Roteirização	51
2.3.1.1	<i>Modelagem.....</i>	52
2.3.2	Programas de roteiros	53
2.3.3	Problemas de roteamento dos veículos	54
2.4	COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	54
2.4.1	Ambiente de contratação livre	55
2.4.2	Ambiente de contratação regulada	56
2.4.2.1	<i>Grupo A</i>	56
2.4.2.2	<i>Grupo B</i>	57
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	59
3	APLICABILIDADE NA LITERATURA TÉCNICA	61
3.1	TRABALHOS RELIZADOS.....	61
3.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	64
4	METODOLOGIA	65
4.1	ANÁLISE DE ROTAS	66
4.2	ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA SUBSTITUIÇÃO DE FROTA	67
4.2.1	Avaliação econômica	68
4.2.2	Custo de mitigação (CoM)	68
4.3	ANÁLISE DE CAMINHÕES ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA.....	69
4.3.1	Análise tarifária	69
4.3.2	Método AHP	70
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	71
5	ESTUDO DE CASO NA EMPRESA FRUKI - ANÁLISE DAS ROTAS.....	73
5.1	EMPRESA FRUKI.....	73
5.2	CARACTERÍSTICA DA CARGA.....	74
5.3	CARACTERÍSTICAS DOS ROTEIROS	76
5.4	ANÁLISE DE ROTAS DIÁRIAS	77
5.4.1	Rota - Região Missões	77
5.4.2	Rota - Região Matriz	80
5.4.3	Rota - Região Pelotas	82

5.5	ANÁLISE DO TRANSPORTE DE CARGA	84
5.5.1	Programações de embarques.....	84
5.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	88
6	ESTUDO DE CASO NA EMPRESA FRUKI – ANÁLISE DA VIABILIDADE	
	DE SUBSTITUIÇÃO DE FROTAS.....	91
6.1	CARACTERÍSTICAS DA FROTA EXISTENTE	91
6.2	CAMINHÃO ELÉTRICO PROPOSTO PARA SUBSTITUIÇÃO	94
6.2.1	Caminhão elétrico em operação	96
6.2.1.1	<i>Análise de Rotas Diárias para o Caminhão Elétrico</i>	<i>98</i>
6.2.1.2	<i>Zona de abrangência.....</i>	<i>101</i>
6.3	GERENCIAMENTO DE FROTAS - ANÁLISE DE DESPESAS COM	
	ABASTECIMENTO	102
6.3.1	Despesas com combustíveis em 2019	103
6.3.1.1	<i>Matriz em Lajeado</i>	<i>104</i>
6.3.1.2	<i>Centro de distribuição de Santo Ângelo.....</i>	<i>105</i>
6.3.1.3	<i>Centro de distribuição de Pelotas</i>	<i>106</i>
6.3.1.4	<i>Centro de distribuição de Caxias do Sul.....</i>	<i>107</i>
6.3.1.5	<i>Centro de distribuição de Canoas.....</i>	<i>108</i>
6.3.1.6	<i>Economia gerada em 2019.....</i>	<i>110</i>
6.3.2	Despesas com combustíveis em 2020	111
6.3.2.1	<i>Matriz em Lajeado</i>	<i>112</i>
6.3.2.2	<i>Centro de distribuição de Santo Ângelo.....</i>	<i>113</i>
6.3.2.3	<i>Centro de distribuição de Pelotas</i>	<i>114</i>
6.3.2.4	<i>Centro de distribuição de Caxias do Sul.....</i>	<i>115</i>
6.3.2.5	<i>Centro de distribuição de Canoas.....</i>	<i>116</i>
6.3.2.6	<i>Economia gerada em 2020.....</i>	<i>118</i>
6.4	GERENCIAMENTO DE FROTAS – ANÁLISE DE DESPESAS COM	
	MANUTENÇÕES	119
6.5	Custo de mitigação.....	120
6.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	120
7	ANÁLISE DE RESULTADOS E PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA	
	METODOLOGIA	123
7.1	PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DE FROTA	123
7.2	RECARGAS DA FROTA DE CAMINHÕES ELÉTRICOS	124
7.2.1	Centro de distribuição de Santo Ângelo.....	125
7.2.2	Centro de distribuição de Caxias do Sul	126
7.2.3	Centro de distribuição de Pelotas	126
7.2.4	Centro de distribuição de Canoas	127
7.2.5	Matriz de Lajeado	129
7.3	MÉTODO AHP	132
7.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	134
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
8.1	PREVISÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	139
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
	ANEXO A - HISTÓRICO DA EMPRESA FRUKI.....	146
	ANEXO B - FICHA PARA ANÁLISE DE ESPECIALISTA.....	147

1 INTRODUÇÃO

O sistema de transporte é fundamental para a economia de uma região e qualidade de vida da população. O aumento da demanda oriunda da frota de veículos a combustão tende a ser cada vez maior, resultando no aumento no consumo de derivados de petróleo que contribui para o impacto ambiental, devido a emissão de poluentes (EPE, 2019c).

Segundo os estudos desenvolvidos pelo Consoni et al. (2018), a indústria automobilística está passando por um processo de transformação, situação que pode difundir o mercado de veículos elétricos (VE) no Brasil. Visto que, é uma alternativa para impactar significativamente na redução da emissão de poluentes e atender as novas demandas da sociedade (JACINTO, 2018).

Os VEs são reconhecidos como a opção de tecnologia mais viável para a redução da emissão de poluentes, especialmente quando combinado com fontes renováveis de energia. Com isso, a fim de aumentar a segurança energética, buscar redução das emissões dos gases do efeito estufa e redução da poluição sonora, os países adotam medidas para promover o desenvolvimento dos VEs (LI; KHAJEPOUR; SONG, 2019).

Considerados como novas opções para a mobilidade elétrica, os caminhões elétricos têm ganhado destaque para a operação no transporte urbano de carga. A aplicação atual é para operações logísticas curtas e de cargas leves, devido insuficiência de pontos de recargas e as análises referentes aos potenciais da mobilidade em relação aos padrões de viagem e quilometragem diária percorrida (IWAN ,2019).

O transporte de carga visa distribuir a mercadoria, na quantidade, local e horário certo ao menor custo possível. Com isso, a importância da logística tem sido reconhecida no ambiente empresarial. Por ser uma técnica eficiente para planejar, executar e controlar as atividades necessárias para alcançar a excelência do nível de serviço. O planejamento logístico se desenvolve através do horizonte temporal, procurando realizar a distribuição das cargas de bebidas de forma efetiva, eficiente e que as características de qualidade dos produtos acabados permaneçam inalteradas (BALLOU, 2006).

Considerando o crescimento e massificação da tecnologia de VE, o estudo futuro do impacto logístico com a introdução de caminhões elétricos no transporte de

carga se torna importante. Neste contexto, a presente dissertação propõe-se desenvolver uma metodologia para a recarga de caminhões leves considerando o impacto na logística e roteirização das empresas e sobre o valor pago na fatura de energia elétrica. O trabalho busca mostrar os resultados das avaliações desenvolvidas para a substituição de frotas de caminhões leves e incentivar demais empresas a avaliarem a possibilidade de implementar a tecnologia em sua frota atual.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o impacto logístico no transporte de carga com a inserção de caminhões elétricos, visando apresentar elementos que possam contribuir para a tomada de decisão nas empresas, no que tange à substituição de caminhões a combustão por elétricos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar o comportamento das rotas planejadas para um caminhão a diesel e verificar o impacto logístico ao ser inserido um caminhão elétrico para operar a programação dos percursos;
- Avaliar o perfil de rotas percorridas por um caminhão elétrico para o transporte de carga de bebidas;
- Realizar uma avaliação econômica, através do comparativo de despesas com combustível e manutenções para a frota de caminhões;
- Aplicar o índice de custo de mitigação para mensurar o custo na redução de emissão de CO₂;
- Desenvolver uma análise tarifária para cada unidade consumidora, com a finalidade de realizar um comparativo de gastos com recargas de uma frota de caminhões elétricos;
- Definir as alternativas de avaliação que irão compor o método de multicritério AHP para a elaboração da tomada de decisão referente a classificação de importância de caminhões a diesel e elétricos.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem como principal motivação o avanço significativo da mobilidade elétrica. Algumas empresas ao redor do mundo, tais como Amazon (NEW ATLAS, 2021) e PepsiCo (CARGA &TRANSPORTE, 2021), já estão utilizando caminhões elétricos leves para realizar a distribuição das mercadorias aos clientes. E, também, empresas com RTE Rodonaves (REVIDE, 2020), DHL (CARGA &TRANSPORTE, 2021) e Jamef Encomendas Urgentes (JAMEF NEWS, 2020) estão desenvolvendo testes para avaliar o desempenho e eficiência da aplicação de caminhões elétricos na operação de distribuição das mercadorias.

O tráfego de caminhões leves ocorre fortemente em centros urbanos e entre municípios, e isso tem um grande impacto na qualidade do ar. Portanto, um meio interessante para mitigar esse problema é através da substituição do diesel pela eletricidade, com a utilização de caminhões elétricos leves.

Mas para que se tenha maior incentivo da aplicação de VEs nas empresas, é importante que estudos que envolvam a área econômica sejam desenvolvidos, pois essa impacta significativamente no faturamento da empresa. Também na área técnica, pois as recargas da frota de caminhões elétricos têm impacto nas instalações elétricas, consumo e demanda de energia elétrica na empresa. E na logística de transporte de carga, pois os caminhões elétricos precisam ter uma estrutura de entregas e devem estar em consonância com os pontos de recargas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos, o presente trabalho foi estruturado em 7 capítulos:

- O Capítulo 1 apresenta uma introdução para contextualizar o tema proposto, descrevendo a caracterização, justificativa, motivação, objetivos esperados e a organização do documento;
- O Capítulo 2 é designado para fundamentar o trabalho, através de uma revisão bibliográfica relacionada aos veículos elétricos, com ênfase aos caminhões elétricos. Além disso, são retratados conceitos referentes a comercialização de energia elétrica no Brasil, a gestão de transporte e o planejamento logístico no

transporte de carga. Concluindo, com uma fundamentação teórica sobre análise de multicritério pelo método AHP;

- No Capítulo 3 é apresentado alguns trabalhos da literatura técnica que empregam conceitos relacionados à mobilidade elétrica e o método AHP;
- No Capítulo 4 é apresentada a metodologia proposta para o desenvolvimento do estudo referente ao impacto no transporte de carga com a utilização de caminhões elétricos;
- O Capítulo 5 é destinado para o desenvolvimento do estudo de caso, mediante a uma análise de rotas utilizadas para o transporte de cargas de bebidas. Com a finalidade de verificar o comportamento dos caminhões a diesel durante a jornada de trabalho e os impactos ao realizar as atividades com caminhões elétricos;
- O Capítulo 6 é designado para a realização de uma análise de viabilidade econômica com abastecimento e manutenções de caminhões. E, posteriormente, aplicar o índice do custo de mitigação para a frota a ser substituída;
- No Capítulo 7 é apresentada a proposta de substituição de frota de caminhões a diesel por caminhões elétricos, para fim de avaliar o impacto na demanda de energia na empresa com as recargas. Além de realizar um comparativo de valores gastos com as recargas dos veículos em cada modalidade tarifária. Por fim, aplicar o método de múltiplos critérios AHP;
- O Capítulo 8 apresenta a conclusão da dissertação, as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por finalidade apresentar a revisão bibliográfica relacionada à mobilidade elétrica, comercialização de energia, gestão de transporte e planejamento logístico. Primeiramente, serão apresentados de forma sucinta os principais transportes elétricos, porém, com maior ênfase em transporte rodoviário de carga por caminhões elétricos, detalhando suas principais características, as novas tendências no mercado e o impacto que isso pode causar referente ao planejamento energético. Além disso, são retratados os impactos no setor de transporte ao meio ambiente em relação a emissão de poluentes, relatando o que essa nova alternativa de mobilidade pode vir a contribuir para amenizar esse cenário.

Posteriormente, são apresentados os dois ambientes de mercado referente a comercialização de compra e venda de energia elétrica no Brasil, para fins de analisar as modalidades tarifárias, designadas ao fornecimento das unidades consumidoras. Também são apresentados conceitos a respeito da gestão de transporte, do planejamento das rotas para uma frota de caminhões e a importância do planejamento logístico em uma empresa para encaminhar a mercadoria ao consumidor de forma eficiente. E, por fim, é desenvolvido um detalhamento da aplicação do método AHP para análise de multicritério para a tomada de decisão.

2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Devido à pressão pela busca por eficiência energética dos automóveis, atenuação de ruído do trânsito, diminuição da emissão de poluentes e danos ao meio ambiente, a indústria automobilística vem passando por um processo de transformação significativa. Circunstância que pode difundir o mercado dos VEs, considerados como pilares dessa nova configuração e alternativa à substituição dos veículos a combustão (CONSONI et al., 2018).

Conforme a ABNT (2013), o VE é designado por ser movido a um motor elétrico, no qual as correntes são alimentadas por bateria recarregável ou elementos de armazenamento de energia. Cujas energias são extraídas de uma fonte externa, que ocorre através da conexão do VE na estação de recarga, que por meio da utilização de dispositivos realiza o fornecimento de corrente alternada ou contínua aos veículos, além de ter finalidade para o controle e a comunicação.

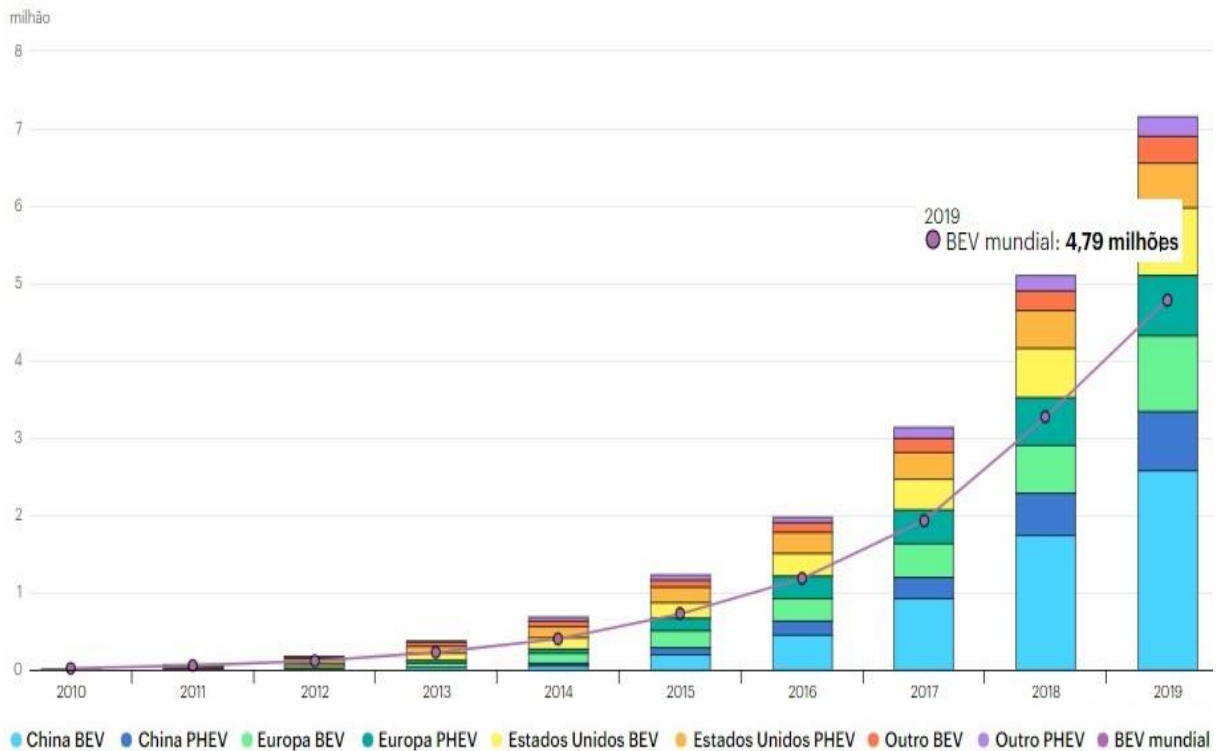
O armazenamento energético nos VEs é realizado por baterias, que possuem diversidade nos critérios de desempenho, porém os principais parâmetros observados na escolha de um modelo é o custo, densidade energética, densidade de potência e número de ciclos de vida. Porém, ainda são objeto de estudos e pesquisas devido ao custo, peso e volume elevado, pois é através de sua aplicação que se determina a autonomia do VE (BALDISSERA, 2016).

O carregador pode ser do tipo externo ou embarcado ao veículo. Grande parte dos VEs possuem um carregador embarcado, denominado de *on-board*, operando em recargas lentas. E os carregadores externos, denominados *off-board*, são utilizados com altas potências e encontrados em estações de recarga rápida (SAUSEN, 2017).

Os VEs são caracterizados por serem silenciosos durante a operação, eficientes e registrarem custos menores de abastecimento e manutenções comparados aos veículos tradicionais à combustão. Além disso, buscam construir uma economia sustentável através de recargas por fontes renováveis de energia, e com melhorias da qualidade no serviço de transporte (EPE, 2019a).

Desta forma, os VEs possibilitam uma nova alternativa de mobilidade, mesmo com números inferiores aos veículos convencionais, observa-se uma contínua expansão de utilização, e principalmente de desenvolvimento tecnológico (CONSONI et al., 2018). Conforme apresentado na Figura 1 pelo IEA (2020), no âmbito mundial, as vendas em 2019 atingiram 1,52 milhões de veículos elétricos à bateria (*Battery Electric Vehicle* – BEV), superando o ano de 2018. Contando com um estoque global de 2010 para 2019 de 7,2 milhões de veículos elétricos à bateria e veículos elétricos híbridos (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - PHEV).

Figura 1 - Estoque mundial de VEs.



Fonte: (IEA, 2020).

Devido ao crescente avanço de inserção de VEs no sistema de transporte brasileiro, a eletrificação tende a aumentar o pico de carga, o que demanda nova capacidade de geração de energia e da rede elétrica para manter a segurança e qualidade do sistema (PENG, 2019). Dessa forma, ressalta-se a importância de analisar as possíveis consequências desta inserção no sistema elétrico atual, que consiste em uma transição que necessita de modificações no âmbito técnico, principalmente no que tange ao sistema elétrico de potência e a disponibilidade de infraestrutura de recarga para viabilizar essa inovação, além de maiores incentivos governamentais e criação de novos modelos de negócios para potencializar o aproveitamento deste segmento (BALDISSERA, 2016).

Os governos locais são importantes para propor e implementar medidas para aumentar a proposta de valor dos VEs. Através de incentivos fiscais para a aquisição do automóvel, tal como, medidas de descontos em pedágios, estacionamentos e zonas de baixa emissão, são ações essenciais para atrair clientes para a mobilidade elétrica (IEA, 2020).

Um parâmetro importante decorrente da penetração dos VEs na rede de energia elétrica está associado a alteração das curvas de carga, considerando a

demanda de carga adicional durante o carregamento dos VEs. Sem o controle com os carregamentos dos veículos, é provável que o pico de consumo de energia no período da noite seja aumentado (BALDISSERA, 2016).

Os níveis de penetração de veículos moderados podem ter um baixo impacto na rede. Porém, com o aumento elevado do número de VEs carregando simultaneamente, acaba causando impactos na rede de energia, como maior demanda de energia, aumento das correntes e influência na vida útil do equipamento de energia (DULĂU; BICĂ, 2020).

Os VEs apresentam um alto valor de compra em comparação com veículos movidos a gasolina ou a diesel, principalmente impulsionadas pelos custos de pesquisa e desenvolvimento e componentes como baterias. Porém, a economia de combustível através do abastecimento por eletricidade, pode compensar o aumento do custo inicial para o consumidor durante a vida útil do veículo (IWAN, 2019). Além de gerar economia com custos de trocas de filtros, fluidos, óleos lubrificantes e demais componentes, inexistentes nos modelos elétricos (JAC MOTORS, 2020).

Com isso, muitas empresas não estão dispostas a pagar um preço alto por novas tecnologias, devido as preocupações existentes com relação a autonomia, recargas, desempenho e durabilidade da bateria. Tornando-se um obstáculo que se sobressai para a adoção de VEs, especialmente para usuários comerciais (IWAN, 2019).

A afinidade por novas tecnologias e a consciência ambiental são fortes elementos para a absorção de VEs. A adoção de veículos leves na Suíça, onde o apoio governamental é baixo, tem forte adoção em clientes com renda mais alta, devido aos preços elevados de compra de novos modelos de VEs, comparados aos modelos a combustão. Além disso, carregadores públicos com recargas rápidas tem forte impacto para tornar os VEs mais atraentes para os futuros usuários (BRÜCKMANN; WILLIBALD; BLANCO, 2021).

2.1.1 Tipos de transporte na mobilidade elétrica

Atualmente, os VEs estão presentes em diversos tipos de transportes, no pessoal, coletivo ou de cargas, com grande parte da inovação no setor rodoviário. A consciência ambiental e a variedade de modelos de carros elétricos pessoal em oferta estimularam as decisões de compra do consumidor. Até 2030, a maior parte da frota

é representada de VEs de quatro rodas, com a China e Europa liderando essa implantação (IEA, 2020).

Segundo os dados do IEA (2020), a micromobilidade elétrica tem apresentado uma rápida expansão desde seu surgimento em 2017, com scooters elétricos compartilhados, bicicletas elétricas e ciclomotores elétricos, disponíveis em mais de 600 municípios.

A China é líder com a maior frota de vendas anuais no mercado de VEs de duas rodas. No final de 2019, o estoque estava perto de 300 milhões de unidades. A produção anual dos VEs de duas rodas passou de aproximadamente 33 milhões em 2018 para 36 milhões de unidades em 2019 (IEA, 2020).

Além do mais, foi desenvolvida em 2019, no município de Porto Alegre no Rio Grande do Sul, a Grilo Mobilidade e Tecnologia. Baseada em sustentabilidade, economia e diminuição de poluentes, a mobilidade tem como foco distâncias curtas, por meio de 3 rodas e com condutores credenciados, que entram em operação através de chamadas por aplicativo, representando como novo modelo de negócio (GRILO, 2019).

Para o transporte coletivo, o ônibus elétrico é utilizado principalmente em áreas urbanas, devido aos seus trajetos mais curtos e ciclos de direção adequados para eletrificação. São caracterizados por possuir zero emissões do tubo de escape e sem ruído em operação. Assim como, oferecem um ambiente confortável nas viagens aos passageiros por apresentar menor vibração devido ao seu motor elétrico (USLU; KAYA, 2021).

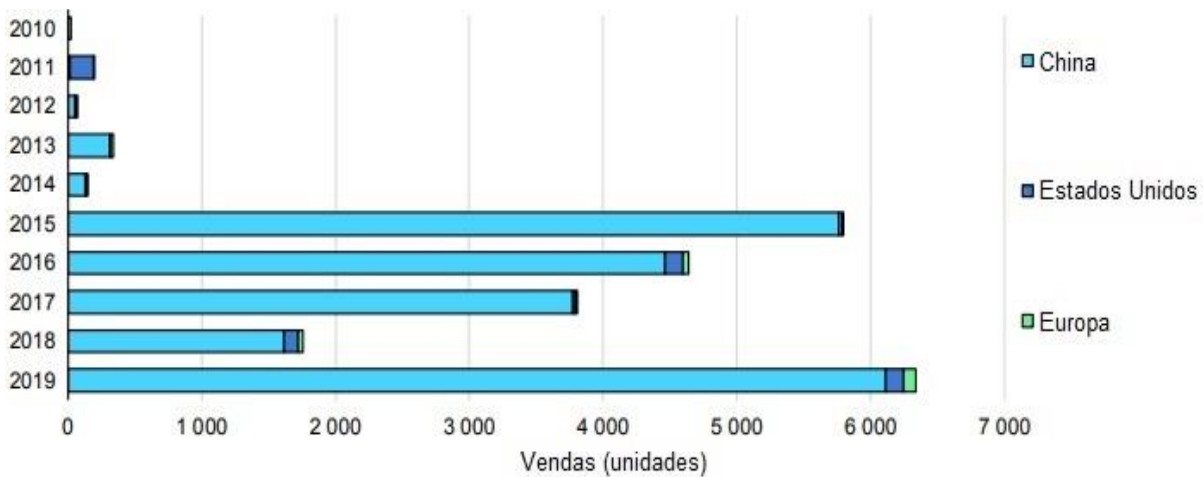
Em 2019, os registros de ônibus elétricos totalizaram cerca de 75.000 veículos. Totalizando aproximadamente 513.000 ônibus elétricos em operação no mundo (IEA, 2020). No Brasil, tem a comercialização do *E-BUS* elétrico de 12 e 18 metros, composta por um conjunto de 14 baterias, que exigem três horas para recarga, garantindo autonomia operacional em média de 200 km (ELETRA, 2020).

Para o transporte rodoviário de carga, tem ganhado destaques as vans elétricas e os caminhões elétricos caracterizados no próximo item. A aplicação de vans para distribuição de cargas teve crescimento com a evolução do setor de varejo com o aumento das compras online e as entregas no tempo certo, de maneira eficiente, econômica, rápida e produtiva. Para a comercialização brasileira, tem o modelo de um furgão com até 300 km de autonomia e com capacidade de carga de 720 kg. (BYD, 2020).

2.1.2 Transporte rodoviário de carga por caminhões elétricos

O transporte de carga tem um importante papel na economia de uma região. De acordo com os dados do IEA (2020) as vendas mundiais de caminhões elétricos atingiram mais de 6.000 unidades em 2019, além do crescimento com o número de modelos de caminhões. Conforme demonstrado na Figura 2, a China se destaca como pioneira na eletrificação do transporte de carga.

Figura 2 - Vendas de caminhões elétricos médios e pesados.



Fonte: (IEA, 2020).

Uma das características que as frotas de caminhões elétricos apresentam é o comportamento visto como previsível, pois os pontos de conexão com a rede elétrica são fixos e atuam em horários predefinidos, facilitando o planejamento do sistema elétrico. Com isso, a utilização de uma frota de caminhões pode causar um impacto menor, pois a demanda a ser suprida pode ser adaptada ao sistema de geração, transmissão e distribuição de energia (BALDISSERA, 2016).

Os caminhões elétricos são adequados principalmente para a operação no transporte urbano de carga. Devido as análises dos potenciais da mobilidade elétrica, em relação aos padrões de viagem e quilometragem diária percorrida, especialmente aqueles pertencentes a grandes frotas coordenadas e serviços de logística (IWAN, 2019).

Entretanto, adoção comercial desse modal de transporte está em defasagem comparado com outras categorias da mobilidade elétrica, devido às limitações

relacionadas ao longo período de carregamento, disponibilidade de pontos de recargas, limitações de peso e volumes. Além do mais, os caminhões elétricos requerem baterias de alta capacidade para atender às necessidades de serviços pesados e o transporte de carga para trajetos de longo alcance (IEA, 2020).

2.1.2.1 Tendências no mercado brasileiro

Os caminhões elétricos possuem diferentes configurações de carregamento e tecnologias de motorização. Em constante avanço, cada fabricante busca adaptar seus produtos com as necessidades locais e com suas particularidades para cada modelo oferecido no mercado, resultando em uma eficiência, operação e custos de aquisição variáveis (BALDISSERA, 2016). Com isso, na Tabela 1 são demonstrados alguns modelos elétricos disponíveis para comercialização no mercado brasileiro.

Tabela 1 - Exemplos de caminhões elétricos.

Veículo	Caminhão	Caminhão	Caminhão
Marca	JAC MOTORS	BYD	BYD
Modelo	JAC iEV1200T	eT7	e t8E - 4x2 / 6x2
Local	Brasil	Brasil	Brasil
PTB (kg)	7.490	10.695	21.000 / 30.000
Carga Útil + Carroceria (kg)	3.940	6.080	13.100 / 20.040
Bateria (kWh)	97	160,6	217
Autonomia (km)	200	200	204
Consumo em km/kWh	2,06	1,25	0,94
Consumo em kWh/km	0,49	0,80	1,06
Torque	1200 N.m	550 N.m	1.500 N.m
Potência	177CV	150kW	245 CV

Fonte: Adaptado de JAC MOTORS (2020) e BYD (2020).

Com a expansão de caminhões elétricos no Brasil, a empresa Ambev firmou parceria com a FNM (Fábrica Nacional de Mobilidades) para produção de 1.000 unidades do caminhão elétrico que está em desenvolvimento. O modelo será produzido na fábrica da Agrale, no município de Caxias do Sul no Rio Grande do Sul. Além disso, a Ambev também firmou parceria para produção de 1.600 caminhões elétricos do modelo e-Delivery para compor a sua frota, que estão sendo fabricados pela Volkswagen Caminhões e Ônibus (INSIDEEVs, 2021).

A empresa PepsiCo adquiriu 10 caminhões elétricos da JAC Motors, modelo iEV1200T, para operar nas entregas urbanas na cidade de São Paulo. Além disso, a empresa de logística DHL, recebeu 1 unidade do caminhão iEV1200T para testes, com intuito de analisar o desempenho e custo operacional (CARGA & TRANSPORTE, 2021).

2.1.3 Principais características de recarga e normatização dos VEs

Com o intuito da integração tecnológica segura tanto em relação a recargas dos VEs, quanto a capacidade de demanda disponível na rede, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu uma Resolução Normativa (RN) nº 819, de 19 de junho de 2018, para interessados no fornecimento desse serviço, tais como, concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia, doravante designadas distribuidoras, e outros interessados. Apresentando procedimentos e condições para a operação de recargas de veículos.

A RN nº 819 estabelece que o cliente deverá comunicar antecipadamente à distribuidora, se a instalação da estação de recarga, em conjunto com outros equipamentos, ou individual, necessita de solicitação de fornecimento inicial, aumento ou redução de carga ou alteração do nível de tensão. Além disso, a quantidade de pontos de recarga corresponde ao valor máximo de VEs que podem ser carregados simultaneamente, e é permitida a qualquer interessado a atividade de recarga de veículos, inclusive para fins comerciais a preços livremente negociados (ANEEL, 2018).

A RN nº 819 impulsiona, assim, pesquisas estratégicas para o desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente, através da chamada do projeto 022/2018 da ANEEL, visando demonstrar sua viabilidade técnico-econômica e novos modelos de negócios para contribuir no desenvolvimento de produtos e serviços (ANEEL, 2019).

A principal finalidade dos projetos de pesquisa e desenvolvimento no Brasil sobre mobilidade elétrica é contribuir com a ampliação da inserção de veículos e o desenvolvimento das estruturas de recargas. A Figura 3 apresenta o mapa de recargas do *PlugShare* (2021) onde se verifica que o Rio Grande do Sul possuía apenas postos públicos de recargas semirrápidas, representado na cor verde. Em fevereiro de 2021 foi instalado o primeiro eletroposto para recargas rápidas de VEs na Universidade Federal de

Santa Maria, representado pela cor laranja, através do projeto de P&D 2866-519-2019 da Chamada P022 da ANEEL. Os eletropostos rápidos viabilizam percursos longos que demandam menor tempo de recarga.

Figura 3 - Postos de recargas





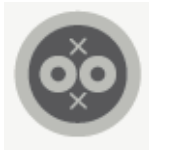

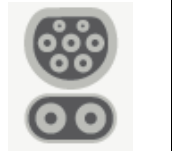
Fonte: (PlugShare, 2021).

A padronização dos processos e conectores utilizados na recarga de baterias de VEs é importante para a popularização e consolidação da tecnologia no mercado automobilístico. Os principais plugues utilizados no Brasil identificados no Quadro 1, podem ser caracterizados, como (PNME, 2021):

- SAE J1772: conector encontrado em VEs fabricados por marcas americanas e asiáticas. O plugue é do Tipo 1, com conector de cinco pinos e utilizado com entrada monofásica;
- Mennekes: fabricante alemão, definido para utilização na Europa. O plugue empregado é do Tipo 2, com conector de sete pinos, permite a recarga de monofásico a trifásico e proporciona no soquete de carregamento uma trava de segurança;

- *CHAdeMO*: elaborado por uma associação formada no Japão. Conector de quatro pinos, é usado para atender o método de recarga rápida de VEs, em corrente contínua;
- Sistema de carregamento combinado Tipo 1 (CCS): conector padronizado pela SAE, combina o conector em corrente contínua disposto abaixo do conector em corrente alternada Tipo 1;
- Sistema de carregamento combinado Tipo 2 (CCS2): conector padronizado pela UE, combina o conector em corrente contínua disposto abaixo do conector em corrente alternada Tipo 2.

Quadro 1 -Tipos de conectores de recarga para VEs

Tipos de conectores de recarga				
				
SAE J1772	<i>Mennekes</i>	<i>CHAdeMO</i>	Tipo 1 (CCS)	Tipo 2 (CCS)

Fonte: Adaptado de PNME (2021).

Conforme ABNT (2013), foram adotados como referência normativa para os sistemas de recarga condutiva de VEs em âmbito nacional a NBR/IEC 61851, apresentando três modos de recargas em corrente alternada e um modo de recarga em corrente contínua.

A duração da recarga é variável de acordo com a infraestrutura de recarga e do VE utilizado. Entretanto, os níveis de recargas são classificados em recarga lenta, recarga semirrápida e recarga rápida. Segundo estudos do 1º Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica (2021), são caracterizados:

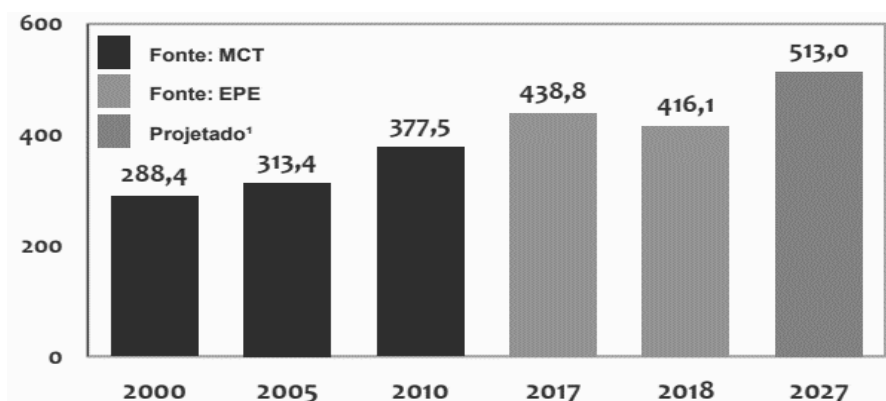
- recarga lenta: ocorre em corrente alternada, na faixa de 2,2 a 3,7 kW, sem comunicação entre o sistema do veículo e a rede. Indicado para residências, onde normalmente os veículos podem ser carregados durante a noite;
- recarga semirrápida: ocorre em corrente alternada, na faixa de 7 a 22 kW, estabelece comunicação entre a rede e o veículo por meio de protocolo CAN ou PLC. Indicado para residências, local de trabalho, *shopping centers* e supermercados ou nas estações de carregamento;

- recarga rápida CA: ocorre em corrente alternada, com recarga a partir da potência de 43 kW, estabelece comunicação entre a rede e o veículo por meio de protocolo CAN ou PLC. Indicado para as estações de carregamento públicas;
- recarga rápida CC: ocorre em corrente contínua, envolvendo carregadores de alta potência, com recarga realizada a partir de 50 kW, realizando comunicação entre a rede e o veículo por meio de protocolo CAN ou PLC. Indicado em eletropostos rápidos.

2.1.4 Meio ambiente

O setor de transporte brasileiro é responsável por parte das emissões de poluentes na atmosfera, através da ampliação da frota de veículos a combustão no setor rodoviário e aumento no consumo de derivados de petróleo contribuem progressivamente para o impacto ambiental, devido a emissão de dióxido de carbono (CO₂). Assim, através da projeção da emissão de CO₂ associada a matriz energética brasileira, é possível analisar sua evolução através da Figura 4 (EPE, 2019b).

Figura 4 - Projeção da emissão de CO₂ associada a matriz energética brasileira



Fonte: (EPE, 2019b).

Atualmente as questões ambientais estão se tornando cada vez mais intensas. Emissões de gases no escape de veículos convencionais se tornaram fonte de poluição do ar, principalmente em áreas densamente povoadas e representam um grande risco ambiental (LI; KHAJEPOUR; SONG, 2019).

O modal de transporte rodoviário por meio da utilização de VEs intensificam a eficiência energética, por depender de eletricidade e não requererem combustão direta de combustível, contribuindo com a política de transporte, para alcançar nos principais centros urbanos uma logística urbana livre de CO₂ (COLMENAR,2019).

O desenvolvimento do mercado de VEs tem adquirido atenção de membros do governo e consumidores, principalmente, pelo seu potencial de redução de gases de efeito estufa e redução de poluição sonora. De acordo com Rietmann, Hügler e Lieven (2020), as reduções nas emissões de CO₂ podem ser alcançadas com o crescimento de vendas de VEs, e investimento intenso dos países em fontes de energia renováveis.

Vários cenários de mitigação de CO₂ são desenvolvidos, e com isso, para o trabalho proposto é calculado o índice do custo de mitigação (CoM). Com o intuito de mensurar o custo de redução na emissão de CO₂, que deixaram de ser emitidos na atmosfera ao substituir óleo diesel por eletricidade (BERHORST, 2018).

2.2 LOGÍSTICA

Para Ballou (2006), a logística é uma técnica eficiente para planejar, executar e o controlar o fluxo e armazenagem de insumos, estoques, informações e produtos finais, desde o ponto de origem até o destino, visando atender as condições de cada cliente. Além disso, refere-se à criação de valor para os envolvidos.

Na logística estão relacionados os processos e pessoas, proporcionando o desenvolvimento em conjunto, para atingir os objetivos da organização. Utilizada como uma técnica gerencial para melhoria do fluxo de material, maior produtividade, redução de custos e melhoria na rentabilidade da distribuição (BARBOSA, 2015).

Com o aumento da produtividade nas indústrias, resulta-se em maiores incentivos para que ocorram investimentos no setor, buscando oferecer produtos ou serviços com preços competitivos e de qualidade. Uma maior produtividade se caracteriza como elemento importante para o desenvolvimento sustentável de um país, além de agregar mais valor ao seu produto (ROCHA, 2015).

2.2.1 Logística integrada

A logística integrada exerce um papel fundamental no processo estratégico de uma organização, pois as atividades trabalham juntas como uma única unidade, abrangendo os setores de compras, transporte, armazenagem, planejamento e informações. Responsável por todo o processo e buscando os melhores resultados, a integração logística aborda os problemas do ponto de vista de toda a organização. Ao trabalhar com setores individualizados, ocasiona-se problemas ao processo interno, e ainda, pode ocorrer falhas no atendimento ao cliente (POZO, 2019).

O sistema de controle eficiente e a disponibilidade de informações é um dos principais elementos na logística integrada. Pois os gestores necessitam coletar, armazenar, analisar e apresentar informações, a partir dos objetivos estratégicos da organização até o processo para satisfazer o cliente final. Desenvolvendo uma cultura fundamentada no trabalho em equipe e na cooperação, com novas práticas e valores de profissionais trabalhando juntos, e não no interesse individual e conflituoso de cada setor (POZO, 2019).

2.2.2 Planejamento logístico

A estratégia logística tem como meta a redução de custos, redução de capital e melhoria de serviços. Através da redução de custos, busca-se diminuir os custos variáveis referentes ao transporte e armazenagem, mantendo constantes os níveis dos serviços. A redução de capital é direcionada para diminuir o nível de investimentos nos sistemas logísticos e maximizar o retorno sobre os ativos logísticos (BALLOU, 2006).

O planejamento logístico procura encaminhar o produto acabado de forma efetiva e eficiente conforme planejado, e se desenvolve através do horizonte temporal do planejamento, nos níveis estratégico, tático e operacional. O planejamento estratégico é o processo que ocorre a longo prazo, com o horizonte temporal acima de um ano. O planejamento tático ocorre com um horizonte temporal intermediário, inferior a um ano. Já, o planejamento operacional ocorre com um horizonte temporal de curto prazo, com definições tomadas diariamente (BALLOU, 2006).

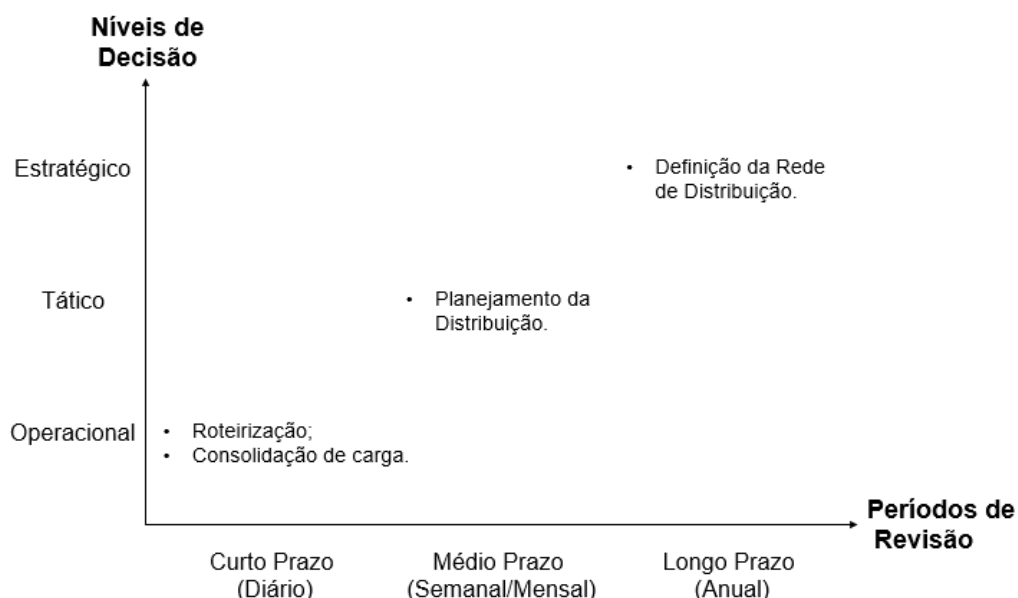
Para Marques (2002), a frequência com que as decisões precisam ser revisadas, é a propriedade adotada para delimitar as decisões de transporte em cada nível do planejamento, estratégico, tático ou operacional. Assim, o planejamento da gestão de transporte pode ser analisado conforme Figura 5.

Para o nível estratégico é desempenhado atividades com decisões anuais. A definição da rede logística determinará a localização de fábricas, centro de distribuições em função da localização de fornecedores, clientes e fluxos de materiais, com base no menor custo logístico. São mantidos os princípios de níveis de serviço, tais como, o tempo de transporte no roteiro, consistência no tempo de entrega, a frequência e disponibilidade. Além disso, possibilita realizar a decisão da propriedade da frota, em que é analisado os fatores de custo, qualidade do serviço e rentabilidade, para a tomada de decisão.

O nível tático, refere-se às decisões ligadas ao planejamento de médio prazo, ocorridas semanalmente ou mensalmente. Este nível irá estabelecer regras e premissas para o desenvolvimento dos roteiros, que serão seguidos na programação de transportes. Além de adequar o tamanho da frota em execução com o objetivo de manter o serviço com qualidade e reduzir os custos.

Para Marques (2002), no nível operacional é desempenhado diariamente a programação de transportes. As atividades são relativas à programação de carga e descarga dos produtos, roteirização, definição do veículo, consolidação de cargas e emissões de documentos.

Figura 5 - Planejamento da gestão de transportes.



Fonte: Adaptado de MARQUES (2002).

Conforme Ballou (2006), destaca-se a importância do planejamento nas áreas dos níveis de serviço aos clientes, a localização das instalações, os níveis de estoque

e no transporte, pois esses fatores impactam significativamente na lucratividade da empresa.

Para atingir a meta estabelecida no transporte, o melhor desempenho operacional, atender a capacidade do serviço e reduzir os custos, a empresa busca investir em uma frota própria ou optar por um acordo contratual através de terceirização. Quando o volume de embarques apresenta uma quantidade significativa, uma frota própria para o transporte torna-se mais viável economicamente, comparado com a terceirização (BALLOU,2006).

2.2.3 Método para tomada de decisão AHP

O processo de análise de múltiplos critérios para tomada de decisão é usado para emprego de critérios na seleção da alternativa mais apropriada ao ideal. Além disso, visa auxiliar na avaliação dos dados disponíveis, oferece suporte aos tomadores de decisão ao lidar em situações de conflito entre os critérios e reduz a possibilidade de frustração com a análise realizada (VISENTIN, 2019).

Os métodos de múltiplos critérios são usados para o apoio à decisão e planejamento, em sistemas que apresentam uma variedade de fatores em relação a quantidade e aspectos de qualidade. Um dos métodos utilizados para apoiar o processo de análise hierárquica AHP, foi desenvolvido em 1970 por Thomas Saaty. Sua aplicação permite tomar as decisões de forma objetiva por meio da classificação apropriada das variantes de decisão (WOLNOWSKA; KONICKI, 2019).

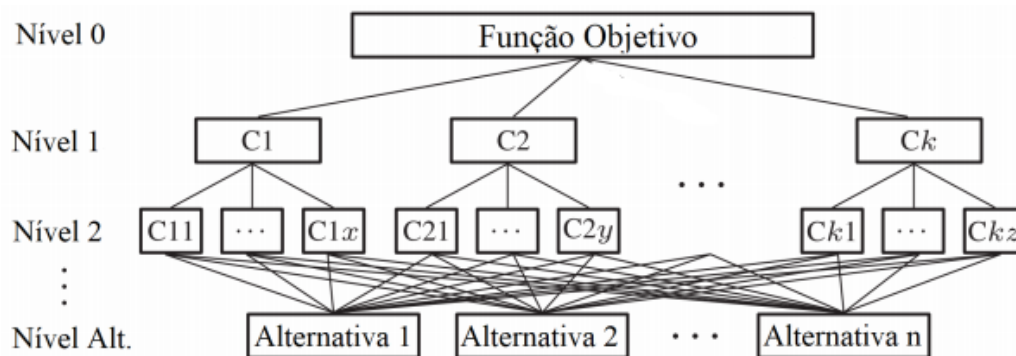
Para Visentin (2019), devido a simplicidade do método, ele é muito empregado para grupos decisórios, abrangendo múltiplos atores, cenários e componentes de decisão. Permitindo a solução de problemas com critérios conflitantes, e principalmente, possibilitando a participação de especialistas em decisões que abrangem diversos critérios, consequências e múltiplas alternativas.

O método pode ser aplicado em casos que as informações de entrada são altamente diversificadas, podendo ou não ser mensuráveis. A ideia é através de um problema complexo decompor em elementos mais simples (WOLNOWSKA; KONICKI, 2019).

Segundo Schmitz (2018), o método é estruturado de modo hierárquico e estudado por níveis de hierarquia. Iniciando com a identificação do objetivo principal, e posteriormente, delimitados critérios e alternativas, visando desenvolver a

comparação par a par de cada alternativa para todos os critérios apresentados. Com isso, na Figura 6 é exemplificado através de uma estrutura genérica, os componentes de decisão de forma hierárquica do problema com a aplicação do método.

Figura 6 - Estrutura genérica para o método AHP.



Fonte: (SCHMITZ, 2018).

Através a escala determinada por Saaty, conforme Quadro 2, os critérios são avaliados conforme uma escala numérica de importância, determinando quanto um critério é mais importante que o outro. De modo que a solução do problema possa distinguir os critérios de maior relevância (SALVIA, 2019).

Quadro 2 - Escala numérica de Saaty.

Peso	Definição	Justificativa
1	Mesma importância	Os dois elementos em avaliação contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de uma sobre a outra	Experiência e o julgamento favorecem levemente um elemento em relação a outro.
5	Importância forte de uma sobre a outra	Experiência e o julgamento favorecem moderadamente um elemento em relação a outro.
7	Importância muito forte de uma sobre a outra	Experiência e o julgamento favorecem fortemente um elemento em relação a outro.
9	Importância absoluta de uma sobre a outra	Experiência e o julgamento favorecem absolutamente um elemento em relação a outro.
2,4,6,8	Valores intermediários	Julgamento mais preciso da importância relativa dos elementos.

Fonte: (SALVIA, 2016).

De acordo com Schmitz (2018), a modelagem do método inicia com a montagem de uma matriz de critérios. No qual, são identificados os pesos de importância para as comparações dos critérios.

Conforme Visentin (2019), o método é baseado na construção de uma matriz quadrada $n \times n$, no qual as linhas e colunas equivalem aos n critérios abordados no problema. Com isso, o valor a_{ij} retrata a importância referente ao critério da linha i sobre a coluna j .

Os valores da diagonal principal recebem o valor $a_{ii}=1$, pois trata-se de um julgamento a si próprio e de uma matriz identidade. Para os demais itens obedecem a matriz recíproca, em que é inserido o princípio de $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$. Conforme apresentado na matriz 1. (SCHMITZ, 2018).

$$M = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Posteriormente, é somado os pesos das colunas e efetuado a normalização dos elementos, que consiste na divisão de cada elemento pela soma total da coluna, formando uma matriz normalizada. E, também é efetuado o cálculo do valor médio de cada linha da matriz normalizada, para obter o peso dos critérios (SCHMITZ, 2018).

Em seguida, é aplicado o índice de consistência (IC) pela Equação 2, que tem como finalidade obter possíveis desvios nos julgamentos, ou seja, demonstra quanto a matriz se afasta da matriz de consistência. Onde a variável n é o número de elementos que compõe a matriz e λ_{max} é o maior autovalor da matriz de julgamento (SCHMITZ, 2018).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Os valores do índice aleatório de consistência (IR) são descritos no Quadro 3, que se relaciona com o número de elementos da matriz (VISENTIN, 2019).

Quadro 3 - Índice aleatório de consistência.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: (VISENTIN, 2019).

A razão de consistência (RC) é obtida pela razão das variáveis de IC e o IR, em que apresenta a aceitação e consistência do julgamento realizado, segundo a Equação 3. O valor de RC admissível para manter a avaliação dos especialistas deve ser abaixo de 0,10 (SCHMITZ, 2018).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3)$$

2.3 GESTÃO DE TRANSPORTE

Com destaque para o modal de transporte rodoviário, a crescente demanda de energia proveniente do setor de transporte é responsável por 33% de participação nos setores consumidores de energia. O consumo energético é influenciado por elementos como o comportamento da população, atividades industriais, demanda de bens e serviços, produto interno bruto, políticas ambientais, infraestrutura logística e novas tecnologias, que contribuem para a demanda do transporte e para o crescimento econômico (EPE, 2019c).

O setor transporte é um importante fator para o desenvolvimento da economia e para qualidade de vida da população. Nas empresas, o transporte é utilizado para receber a matéria-prima de fornecedores e transportar os produtos acabados aos clientes. As mercadorias são movimentadas por meio de modais, através de ferrovias, rodovias, portos, aeroportos e dutos (ROCHA, 2015).

Para Ballou (2006), o sistema de transporte representa um componente importante nos custos logísticos. O transporte eficiente e econômico contribui para estimular a competitividade no mercado, reduzir despesas na logística da empresa e reduzir os preços dos produtos, pois os custos com transporte compõem no custo agregado total de produção, em conjunto com produção, vendas e distribuição.

De acordo com Pozo (2019), o transporte representa em média de um a dois terços dos custos logísticos. Normalmente, a administração do transporte define quanto aos meios de transporte, roteiros e utilização da capacidade dos veículos. Porém, a forma de operação do setor e de sua estrutura deverá ser em função do empreendimento e dimensão da empresa.

Para facilitar as entregas aos clientes, as grandes empresas utilizam em suas redes logísticas os centros de distribuição, que são utilizados para armazenagem do estoque ou consolidação do produto. A localização de cada centro de distribuição é fundamental em regiões próximas aos clientes, para realizar o atendimento de toda a região de abrangência com qualidade e agilidade (MAGNO, 2013).

Uma função ao setor de transporte é de suprir o processo produtivo e os clientes no tempo, quantidade e lugar certo e no menor custo, com base em um planejamento estratégico da empresa e incrementando o lucro. O transporte acrescenta valor de lugar ao produto, e à medida que se torna mais econômico e de fácil acesso, contribui em garantir a economia de escala e reduzir preços das mercadorias (POZO, 2019).

Os principais elementos analisados na tomada de decisão no serviço de transporte envolvem: preço, perdas e danos com a carga, tempo médio de viagem e variabilidade do tempo da entrega. Ressalta-se que o tempo de entrega de viagem é avaliado por meio do tempo médio do percurso entre origem e destino. Além disso, fatores como quantidade de paradas, condições climáticas, congestionamento no trânsito e diferença no tempo necessário para a consolidação das cargas podem provocar variação no tempo do percurso (BALLOU, 2006).

2.3.1 Roteirização

A roteirização é o planejamento das rotas para uma frota de veículos, com o objetivo de executar a distribuição de mercadorias de forma eficiente. Ao transportar uma carga é preciso delimitar um trajeto, analisar o trânsito, distância, restrições de altura e estacionamento e riscos de segurança durante o percurso. Assim, procura-se planejar a distribuição alinhada com as metas da empresa, para criar diferenciais competitivos de mercado. Somente com planejamento, organização e controle das atividades pode-se prover um serviço de qualidade e reduzir os custos operacionais (POZO, 2019).

Atualmente, são utilizados *softwares* de roteirização para planejar as rotas, com o intuito de automatizar e auxiliar em tomada de decisão. As principais funções dos *softwares* são: a delimitação e otimização das rotas, definição da capacidade dos veículos e tamanho da frota, planejamento da carga a ser transportada, pontos de entregas e trajeto estabelecido (POZO, 2019).

Deste modo, a roteirização é um método inteligente de realizar a distribuição de forma estruturada, e possibilita desempenhar um controle da logística da frota. Além de auxiliar para diminuir a distância das entregas, reduzir custos com o transporte e reduzir o tempo de planejamento (POZO, 2019).

2.3.1.1 Modelagem

Para Pozo (2019), a modelagem dos dados deve ser focada nos dados de negócio para que seu desempenho seja próximo da realidade. Assim, pode-se formar um modelo nas seguintes etapas do planejamento da distribuição de uma mercadoria:

- Primeiramente, é estabelecido a previsão de demanda do produto a ser transportado, que se baseia no perfil de consumo das mercadorias, através das necessidades dos clientes;
- Em seguida, é organizada a demanda diária dos produtos e avaliados os recursos necessários para as entregas, em uma estratégia de atendimento com uma ação cronológica de suas necessidades;
- Posteriormente, é realizado planejamento e a roteirização dos veículos. No decorrer do processo os abastecimentos são sequenciados, com a intuito de reduzir as despesas, otimizar o tempo em rota e número de veículos. Além de definir o número de roteiros diários de cada veículo e identificar suas necessidades;

Assim, durante o planejamento analisa-se o local do estabelecimento, a segmentação geográfica da área de atuação da empresa, a equipe responsável para a realização do roteiro, os clientes a serem atendidos e os veículos utilizados para suprir a demanda.

Para determinar a rota otimizada, os pedidos são organizados até atingir a capacidade máxima do veículo, ou seja, é estabelecida pelo número de entregas ou, até atingir a cubagem do caminhão¹. Após um veículo atingir a capacidade máxima, uma nova rota é estabelecida para outro veículo que irá realizar a distribuição a partir do ponto onde o último veículo parou (POZO, 2019).

¹ Relacionada à quantidade de volume dos produtos.

Geralmente é utilizado o caminhão leve ou 3/4, por ser menor e permitir maior agilidade na distribuição dos produtos em regiões urbanas, e o caminhão toco ou semipesado por apresentar o eixo simples na carroceria (ARAÚJO, 2013).

2.3.2 Programas de roteiros

A maioria das organizações que prestam serviços de logística e que possuem frotas de veículos próprios utilizam *softwares* para roteirizar e programar as saídas dos veículos. Com o objetivo de reduzir os custos operacionais, ter um sistema de transporte eficiente e o oferecer serviço de qualidade para a satisfação do cliente (FORMIGONI, 2016).

Dentre os *softwares* disponíveis no mercado, o *TransCAD* integra o sistema de informação geográfica com a função de modelagem de logística e demanda. O *software* é projetado para armazenar, gerenciar e analisar as informações do setor de transporte. Além disso, o programa possui a aplicação para roteamento de veículos, previsão de demanda de viagens, localização e gestão da região (DEDA; VIEIRA, 2016).

O *software ArcLogistics Route* tem a finalidade de construir uma sequência de paradas para os veículos, considerando fatores como tempo do percurso, restrições de janelas de tempo dos clientes, custo e capacidade de veículos. O programa gera mapas, direções das melhores rotas e cronogramas baseado nas operações comerciais (DEDA; VIEIRA, 2016).

O *software Roadshow* é utilizado no ambiente empresarial para realizar a roteirização da frota de veículos e otimizar as rotas. O programa permite análises precisas quanto ao aproveitamento dos recursos envolvidos no sistema de distribuição, determina limites territoriais e constitui de recursos gráficos que incluem os mapas da região para viabilizar as exigências de condição na entrega, além de possuir dados de clientes e endereços. O objetivo de otimizar as rotas é maximizar a produtividade dos veículos nas entregas, garantindo um custo de distribuição compatível com a operação da empresa (FORMIGONI, 2016).

O *Roadshow* foi aplicado no estudo de caso para a modelagem de roteiros desta dissertação, que foram utilizados no desenvolvimento das análises dos perfis de rotas.

2.3.3 Problemas de roteamento dos veículos

Mediante a um plano estratégico de roteiros, a roteirização visa atender a todos os clientes programados e otimizar a utilização dos recursos. Porém, usualmente, o plano roteirizado não consegue atender a todas as condições de capacidade e de tempo estabelecido, e caberá realizar ações como: remanejar a demanda da área sobrecarregada para ser atendida em áreas que possuam sobra de recursos; antecipar abastecimentos a fim de compensar a falta de recursos; região geográfica, dividida em zonas, cujos perfis podem ser rígidos ou sofrer alterações momentâneas para acomodar diferenças de demanda em regiões contíguas (POZO, 2019).

Para atender os desafios em relação às novas variantes para o roteamento de VEs nas frotas de distribuição, os métodos de otimização incluem cenários dinâmicos e com incertezas, pois os veículos possuem menor capacidade de carga e autonomia limitada. Além de apresentar novos desafios quanto a necessidade de infraestrutura de recarga adicional e as restrições de janela de tempo para recargas (JUAN, 2016).

2.4 COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Com o desenvolvimento do mercado de energia elétrica, a Lei n° 10.848 de 15 de março de 2004 e o Decreto n° 5.163 de 30 de junho de 2004, instituíram as bases e diretrizes da comercialização de energia elétrica, mediante dois ambientes de contratação de compra e venda de energia, além de dispor de medidas que preveem a modicidade tarifária. Assim, a comercialização de energia elétrica no Brasil está relacionada a dois ambientes de mercado: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). Os contratos de compra e venda de energia são registrados e contabilizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

No Ambiente Livre a contratação é realizada através de livre acordo durante a compra e venda de energia elétrica entre os integrantes, que são comercializadoras, autorizados de geração, consumidores especiais e livres, que atendam a regulamentação. O tipo de contrato, condições de atendimento e o preço é conforme negociação livremente estabelecido entre as partes, denominado Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Livre (CCEAL) (CCEE, 2020).

No ACR é atribuída para distribuidoras, autorizados de geração e comercializadoras. O Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR) é realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, regulado pela ANEEL (CCEE,2020).

2.4.1 Ambiente de contratação livre

O ACL ao longo dos anos vem crescendo expressivamente, e atualmente representa aproximadamente 60% do total de agentes da CCEE. Os consumidores podem escolher livremente seus fornecedores de energia, e com isso, proporcionando uma melhor gestão de custos com energia elétrica, pelo fato de ser independente os valores que incidem pelo uso do transporte da energia elétrica e pelo fornecedor dessa energia. A criação desse modelo permite que consumidores possam atuar de forma ativa no mercado, procurando melhores ofertas e oportunizando aumento da competitividade das empresas (TRINDADE, 2019).

No ACL o valor final da energia consumida pelo consumidor é decorrente da tarifa de uso da rede da concessionária local, o preço negociado na contratação de energia (R\$/kWh), fator da demanda da unidade consumidora e tributação de acordo com cada estado (CCEE,2020).

Através da Portaria n° 514, de 27 de dezembro de 2018, com o intuito de diminuir os limites de demanda para contratação, estabelece que a partir de 1° de janeiro de 2020, os consumidores com demanda maior ou igual a 2,0 MW, atendidos em qualquer tensão de fornecimento, poderão optar pela compra de energia elétrica. Porém, alterado pela Portaria n° 465, de 12 de dezembro de 2019, decreta que após 1° de janeiro de 2021, os consumidores com carga igual ou superior a 1,5 MW, atendidos em qualquer tensão de fornecimento, poderão optar pela compra de energia elétrica.

Além disso, há o grupo para consumidores especiais, pois demandam uma quantidade menor de energia e podem escolher de quem comprar energia, desde que seja energia incentivada, gerada a partir de fontes renováveis, como: solar, eólica, biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). A demanda mínima contratada é de 0,5 MW e a tensão de fornecimento é igual ou superior a 2,3kV ou atendida por sistema subterrâneo que possui tensão inferior a 2,3kV (TRINDADE, 2019).

Dependendo de cada perfil, os clientes podem realizar a compra de energia por meio de contratos de compra de energia incentivada ou convencional. O consumidor que comprar por meio de energia incentivada, que são provenientes de fontes renováveis de energia, recebe descontos entre 50% e 100% na tarifa de uso do sistema de transmissão ou distribuição de energia elétrica (NASCIMENTO, 2018).

No decorrer do estudo proposto, é abordado o ambiente de mercado ACL com contratos de compra de energia incentivada, com desconto na tarifa de uso do sistema de distribuição de energia elétrica (TUSD) de 50%, para a matriz em Lajeado e centro de distribuição de Canoas.

2.4.2 Ambiente de contratação regulada

Os consumidores têm a maior parte do suprimento de energia através do mercado regulado, que corresponde em torno de 75% de todo o consumo do país (CCEE, 2020). Os consumidores são chamados de cativos, pois efetuam uma contratação simplificada, no qual o fornecimento de energia ocorre pela distribuidora local, com o preço e condições de fornecimento reguladas pela ANEEL (SILVA, 2017).

A distribuidora possui custos para fornecer com qualidade a energia elétrica ao consumidor, com isso a tarifa referente ao consumo de energia apresentada na fatura é composta pela tarifa de energia (TE) referente ao faturamento mensal de consumo de energia, pela tarifa TUSD e demais encargos e tributos (ANEEL, 2010).

Conforme a RN nº 414, de 09 de setembro de 2010, as modalidades tarifárias são tarifas aplicadas a demanda de potência e consumo de energia elétrica, destinadas ao fornecimento das unidades consumidoras. O Grupo Tarifário é definido conforme as opções de contratação aplicadas no Grupo A e Grupo B (ANEEL, 2010).

Para o estudo proposto, o ambiente de mercado ACR é abordado na unidade de Pelotas, com modalidade tarifária do Grupo A e o tipo de tarifa verde. E, para as unidades de Caxias do Sul e Santo Ângelo, com modalidade tarifária do Grupo B e o tipo de tarifa convencional.

2.4.2.1 Grupo A

A RN nº 414/2010, estabelece que as unidades consumidoras de alta e média tensão, com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas em

tensão secundária através de sistemas subterrâneos de distribuição, são compostas pelos subgrupos (ANEEL, 2010):

- A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- A3 - tensão de fornecimento de 69 kV;
- A3a - tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, para sistemas subterrâneos.

As modalidades tarifárias do Grupo A, caracterizam-se por ser uma tarifa binômia, pois apresenta tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência. A demanda de potência ativa ou demanda contratada, é um valor fixado em contrato e disponibilizada continuamente pela distribuidora para a unidade consumidora. As tarifas são classificadas em (ANEEL,2015a):

- Tarifa Azul: aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, conforme horário de utilização no decorrer do dia;
- Tarifa Verde: aplicação de uma única tarifa de demanda de potência, e tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, conforme horário de utilização no decorrer do dia.

A principal diferença entre as tarifas é o contrato de demanda, para a tarifa verde o contrato de demanda é único, para todas as horas do dia e disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS. Enquanto, na tarifa azul há dois contratos de demanda, uma para o posto tarifário ponta e uma para o posto tarifário fora de ponta, disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A. Porém, quando a demanda de potência ativa medida exceder em mais de 5% a demanda contratada, é acrescentado ao faturamento uma multa por ultrapassagem, de acordo com a RN nº 414/2010 (ANEEL, 2010).

O Posto tarifário para o grupo A são definidos em horário de ponta com duração de 3 horas consecutivas durante o dia, com exceção aos finais de semana e feriados. E o horário fora de ponta, corresponde as demais horas complementares para todos os dias da semana.

2.4.2.2 Grupo B

De acordo com RN n° 414 as Unidades consumidoras de baixa tensão, com fornecimento de tensão inferior a 2,3 kV, são fragmentadas nos seguintes subgrupos (ANEEL,2010):

- B1 - classes residenciais;
- B2 - rural;
- B3 - demais classes;
- B4 - iluminação pública.

As modalidades tarifárias aplicadas nas unidades consumidoras do grupo B caracterizam-se por ser uma tarifa monômnia, pois apresenta tarifas de consumo de energia elétrica, classificadas em (ANEEL,2015a):

- Tarifa Convencional: é composto por uma tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente do horário de utilização no decorrer do dia;
- Tarifa Branca: é composto por uma tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com o horário de utilização durante o dia.

A Tarifa Branca é aplicada para consumidores atendidos em baixa tensão (127, 220, 380 ou 440 Volts). Exceto para o subgrupo B4 de iluminação pública e para a subclasse residencial baixa renda do subgrupo B1 pois possui benefício tarifário. Por possuir tarifa diferenciada, essa modalidade oferece tarifas mais acessíveis nos períodos que o sistema é menos utilizado pelos consumidores, tarifas intermediárias entre os dois postos tarifários e tarifas com valores mais elevados em períodos que apresentam o pico máximo de consumo de energia (ANEEL,2015b).

Para a aplicação da Tarifa Branca, de acordo com a RN n° 414/2010, os postos tarifários são definidos em (ANEEL, 2010):

- ponta: período composto de 3h diárias consecutivas, exceto aos feriados nacionais, sábados e domingos;
- intermediário: período composto de horas anterior e posterior ao horário de ponta;
- fora de ponta: período composto pelas horas complementares ao horário de ponta e intermediário. Todas as horas são consideradas como fora ponta para finais de semana e feriados nacionais.

Observa-se que se o consumidor apresentar o maior consumo de energia em horário fora ponta, e reduzir o consumo em horário de ponta e no intermediário, a

Tarifa Branca pode ser uma opção de reduzir o valor de energia consumida (ANEEL,2015b).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi realizado a contextualização sobre os VEs, suas principais características, conceitos e normativas vigentes. Além disso, foi descrito de forma sucinta os tipos de transporte aplicados na mobilidade elétrica, com ênfase ao transporte de carga por caminhões elétricos, considerados como alternativa para substituir os modelos a combustão.

Em seguida, são retratados os impactos ao meio ambiente em relação a emissão de poluentes. Nova opção de mobilidade que pode vir a contribuir para amenizar esse cenário, pelo seu potencial de redução de poluição sonora em ambientes urbanos e redução de gases do efeito estufa, principalmente quando combinado com recargas mediante a fontes renováveis de energia.

Posteriormente, foi apresentado sobre a comercialização de compra e venda de energia elétrica no Brasil, e as modalidades tarifárias destinadas ao fornecimento de energia para as unidades consumidoras.

Na sequência, foram relatados conceitos sobre a gestão de transporte, a importância do setor para o desenvolvimento da economia, a finalidade do planejamento das rotas por roteirização e a importância do planejamento logístico na empresa. E, por fim, relata-se a modelagem de análise de multicritério do método AHP para a tomada de decisão.

3 APLICABILIDADE NA LITERATURA TÉCNICA

Neste capítulo é apresentado alguns trabalhos da literatura técnica que empregam conceitos relacionados à mobilidade elétrica, gestão de transporte e o método de análise multicritério AHP. E, por fim, são contextualizadas as principais considerações que fundamentam as contribuições do trabalho proposto.

3.1 TRABALHOS RELIZADOS

Em Formigoni et al (2016), é desenvolvido um comparativo entre os *softwares* de roteirização *Roadshow* e LINDO 6.1, para confrontar a eficiência e o custo-benefício dos *softwares*. O trabalho define as rotas de entrega geradas pelo *Roadshow*, na jornada de trabalho de uma empresa privada que atua na cidade de São Paulo e compara com resultados do LINDO 6.1, que é um *software* para solução de problemas da programação linear. O referido artigo mostrou, que as rotas analisadas pelo *Roadshow* e LINDO 6.1 são condizentes, e buscam menores trajetos possíveis dentro de um espaço de tempo e distância. Assim, verifica-se que a aplicação do *Roadshow*, para empresas com alta demanda de distribuição de produtos mostrou-se eficiente para a otimização das rotas.

No trabalho de Braga (2016) é avaliado propostas de melhorias na distribuição urbana de mercadorias, com a utilização do *software Roadshow* para avaliação prática das rotas. O artigo mencionado mostrou que com um processo organizado de compartilhamento de informações e planejamento de entregas, pode-se obter uma redução nos impactos sobre congestionamentos do tráfego, nas emissões de poluentes, no nível de ruído, nos acidentes de trânsito e na redução de custo para cadeia de distribuição sem prejudicar o nível de serviço.

No artigo de Macário (2016) é desenvolvida uma análise sobre as restrições enfrentadas na distribuição de cargas fracionadas, demonstrando soluções a partir de conceitos da logística de distribuição alinhada à tecnologia do *software Roadshow*. O referido trabalho mostrou que a operação analisada foi pertinente, além de agilizar as entregas e coletas demandadas para a operação em estudo, desde que se faça um replanejamento do fluxo operacional um dia antes da distribuição, para favorecer a otimização dos recursos disponíveis e atender a demanda diária.

Com relação à introdução de VEs no transporte rodoviário, Juan et al. (2016) analisa questões relacionadas aos desafios estratégicos, operacionais, ambientais e as novas variantes para o roteamento de VEs nas frotas de distribuição. De acordo com sua análise, a utilização de fontes sustentáveis de energia na logística e transporte rodoviário é fundamental, pois contribui para a redução das emissões de carbono. No entanto, com a expansão do uso de VEs, o estudo destaca novos desafios estratégicos e operacionais, tais como: desenvolvimento de infraestrutura para recarga; o tamanho e a variedade de veículos que compõe a frota; e as restrições de janela de tempo para recargas. O desenvolvimento de novos métodos de otimização para atender esses desafios, incluindo cenários dinâmicos e com incertezas, é uma etapa essencial para promover a mudança em direção a fontes de energia sustentáveis na área de logística e transporte.

O artigo de Erdelić e Carić (2019) avalia a aplicação dos VEs nas frotas de distribuição de produtos, principalmente para entregas de última milha, pois as cargas dos veículos são menores e as distâncias são mais curtas. O referido trabalho apresentou algumas vantagens dos VEs em comparação com os veículos tradicionais, como: redução de emissões de poluentes; baixa produção de ruído; podem ser abastecidos por fontes renováveis de energia; e são independentes da flutuação do preço do petróleo. E, também, os principais problemas de roteamento de VEs, que são caracterizadas pela autonomia limitada e a necessidade de infraestrutura de recarga adicional.

A mobilidade elétrica deve ser vista como uma oportunidade de desenvolvimento econômico, industrial e tecnológico. Dessa forma, o 1º Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica (2021) buscou descrever o panorama da mobilidade elétrica no Brasil, por meio de tecnologias, mercado, políticas e governanças. Com isso, o anuário busca disseminar informações sobre VEs em meio às indefinições e barreiras existentes, as quais foram utilizadas como motivação para o desenvolvimento desta dissertação.

Com o aumento do número de veículos no transporte rodoviário, o trabalho de Khamphilavanh e Masui (2020) buscou avaliar o impacto de emissões de CO₂ com a inserção de VEs no transporte do município de Laos na Tailândia. O artigo constatou que a tecnologia de VEs contribui significativamente em curto, médio e longo prazo para mitigar as emissões de CO₂, quando combinado com fontes renováveis de energia.

A emissão de carbono está ligada à composição da matriz energética e quando concentrada em fontes pouco emissoras de gases é possível reduzir a quantidade de emissão de CO₂. Com isso, o trabalho de Berhorst et al. (2018), apresenta uma análise da comparação de três índices econômicos energéticos, mediante as fontes de geração de energia para demonstrar o potencial em descarbonizar a matriz energética no Brasil. O equacionamento do índice CoM apresentado em Berhorst et al. (2018), foi utilizado como base para o estudo nesta dissertação, com o intuito de mensurar os custos de diminuição da emissão de gases de efeito estufa aplicado na substituição de combustíveis no transporte de carga.

No artigo de Mouli (2016) foram analisados os benefícios econômicos e ambientais de uma estação de carregamento de VE, abastecida por energia solar na Holanda. O trabalho mencionado demonstrou a importância de carregar um VE utilizando fontes renováveis de energia elétrica, pois o estudo resultou em economia no custo do combustível, impostos e redução da emissão de CO₂.

Alguns trabalhos mostram o emprego do método AHP no apoio à decisão e planejamento da área de transportes. No trabalho de Wolnowska e Konicki (2019) o método é aplicado para avaliar a melhor rota de transporte a ser utilizada para o transporte de carga no município de Szczecin na Polônia. Através de três modelos de rota, foi desenvolvido o comparativo para o transporte de estrutura de aço, com intuito de selecionar o trajeto com o menor impacto na qualidade de vida da população e à infraestrutura rodoviária. Para o desenvolvimento desta dissertação, o método AHP foi adaptado para a classificação de importância do melhor veículo para o transporte de carga.

Em Giacomini et al (2016) é apresentado um método de avaliação de múltiplos critérios para apoiar a decisão sobre a adoção de VEs por uma administração pública. O trabalho foi desenvolvido em duas fases: análise por indicadores e aplicação do método de análise multicritério AHP. Tendo em consideração os pontos de vista dos especialistas, para as áreas de: economia, energia, meio ambiente e sociedade. O estudo foi aplicado para uma frota de 24 carros com uma média de 5.700 quilômetros rodados. O resultado indicou aspectos positivos na adoção de uma frota elétrica, pois mesmo com custos elevados, é possível obter benefícios ambientais e uma melhor imagem perante a sociedade.

3.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram descritos trabalhos da literatura técnica utilizados como base para a realização do estudo apresentado desta dissertação. Foram abordados alguns trabalhos que são empregados o *software* de roteirização *Roadshow*, assim como, a inserção de VEs no transporte rodoviário para distribuição de produtos e o impacto das emissões de CO₂ com a utilização de VEs. E, por fim, foi demonstrado de forma sucinta alguns estudos sobre a aplicabilidade do método de avaliação de múltiplos critérios AHP, para apoiar a decisão de estudos desenvolvidos no setor de transporte.

4 METODOLOGIA

Os caminhões elétricos são vistos como novas alternativas para a mobilidade e concorrem para substituir o modelo a combustão. Deste modo, este capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia proposta para o desenvolvimento do estudo sobre o impacto logístico no transporte de carga com caminhões elétricos leves. E analisara viabilidade econômica e ambiental através de uma proposta de substituição de frota de caminhões para a empresa em questão.

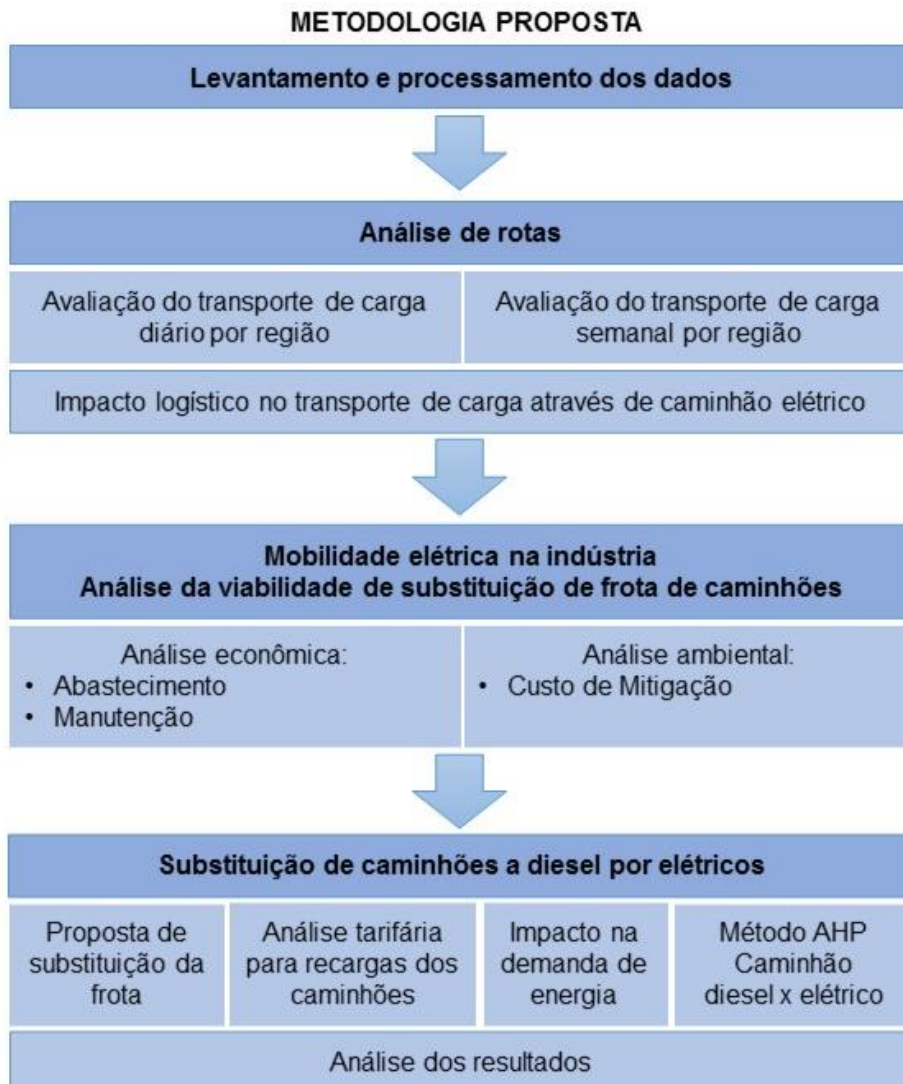
Inicialmente, consiste em aplicar o método analítico para desenvolver uma análise de rotas utilizadas para o transporte de cargas de bebidas. Verificando o comportamento dos caminhões durante a jornada de trabalho nas regiões de abrangência. E, posteriormente, analisar os impactos apresentados nos trajetos em estudo ao substituir por caminhões elétricos para realizar as atividades.

A segunda etapa, baseia-se em desenvolver uma análise de viabilidade de substituição de frota de caminhões a diesel por elétricos. Mediante a uma análise econômica com abastecimento e manutenções de caminhões no período delimitado. E, também, com a aplicação do índice CoM para a frota a ser substituída.

A terceira etapa, visa apresentar uma proposta de substituição de frota, para fim de avaliar o impacto na demanda de energia na empresa com as recargas. Além disso, elaborar uma análise das modalidades tarifárias com o intuito de realizar um comparativo de valores gastos com as recargas dos veículos em cada tarifa de energia. Por fim, aplicar o método de múltiplos critérios AHP, para a tomada de decisão na escolha de caminhões elétricos ou caminhões a diesel disponíveis no mercado, fundamentado nas avaliações de especialistas a partir do comparativo dos critérios estabelecidos.

A Figura 7 apresenta o fluxograma da metodologia proposta, de forma a destacar as etapas do trabalho que serão desenvolvidos para o alcance dos resultados.

Figura 7 - Metodologia proposta.



Fonte: (Autor).

Porém, após o emprego da abordagem referente a definição das rotas, pontos de recargas e o impacto sobre a tarifa contratada de energia, fica evidente que o processo deve ser reavaliado nos pontos em que apresentar necessidade de ampliação.

4.1 ANÁLISE DE ROTAS

Para avaliar o comportamento do caminhão durante um trajeto é preciso efetuar a modelagem de uma rota. Para isso, foi utilizado o *Roadshow*, com a finalidade de realizar a roteirização diária dos caminhões para operação durante a jornada de trabalho.

Mediante a roteirização, é possível determinar a região que viabiliza a condição na entrega naquela programação, indicar o modelo do veículo adequado para realizar o atendimento, agrupar diferentes entregas e identificar clientes em zonas urbanas com restrição de tamanho de caminhão. Além disso, visa detalhar os trajetos dos caminhões, para verificar a projeção do tempo estimado para a execução do roteiro, paradas para atendimento ao cliente, peso transportado e distância percorrida.

A partir da modelagem da rota, possibilita desenvolver uma avaliação detalhada referente ao impacto logístico ao ser inserido um caminhão elétrico para executar a programação, que antes era efetuado por um caminhão a diesel. Analisando as consequências nas variáveis de demanda de carga transportada, tempo de entrega de mercadoria, e, principalmente no quilômetro rodado, devido a autonomia do caminhão utilizado. E, por fim, verificar possíveis alternativas nas alterações apresentadas para o atendimento da rota em estudo.

Além disso, é possível realizar uma avaliação média do transporte de carga de bebidas do caminhão em operação em um determinado período de tempo. Iniciando pela extração dos dados referente aos dias totais trabalhados, a média de pontos de entregas, o peso, volume, a ocupação média da carga, o *drop size*², a quilometragem média percorrida e a região atendida pelo veículo. Permitindo, assim, analisar o impacto ao ser substituído o caminhão a diesel em estudo por um caminhão elétrico.

4.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA SUBSTITUIÇÃO DE FROTA

O estudo proposto foca na comparação entre veículos abastecidos por diesel e eletricidade, visando identificar os elementos que podem contribuir para a tomada de decisão em empresas, no que tange a novas aquisições e à substituição gradual da frota de veículos a combustão por elétricos.

Visto que, a empresa conta com um caminhão elétrico em sua frota para avaliação, dessa forma, será especificado o levantamento de informações referente aos testes realizados durante sua operação, com o propósito de analisar o desempenho do veículo, a quilometragem percorrida e o comportamento da distribuição de mercadorias. As informações são coletadas em um período delimitado, contemplando 3 cenários de rotas e detalhando as características resultantes durante

² Coeficiente entre o volume da carga e os pontos de entrega.

a jornada de trabalho. Ainda, por meio da modelagem de rotas do *Roadshow*, serão apresentados 4 perfis de rotas condizentes a um caminhão elétrico durante o transporte de carga.

4.2.1 Avaliação econômica

Para realizar uma avaliação econômica, inicialmente são analisadas as despesas com consumo de combustível, e por meio deste, desenvolvido um comparativo de custos por quilômetro rodado através da substituição da frota de caminhões existente por caminhões elétricos. E, posteriormente, verifica-se a economia gerada no abastecimento dos veículos, a partir da diferença obtida do custo com diesel e o custo com eletricidade para o período delimitado.

Os dados da frota existente, utilizados no estudo, são decorrentes dos valores coletados na empresa utilizada como estudo de caso nesta dissertação, que se refere à média de consumo do quilômetro rodado por litro (km/L), os valores aplicados na quilometragem percorrida e gastos registrados com combustíveis. Porém, para calcular o custo em recargas na frota elétrica por quilômetro rodado é considerado o valor do custo médio do quilowatt-hora (kWh) da fatura de energia elétrica da unidade consumidora em estudo.

Posteriormente, são avaliadas as despesas registradas na empresa com as manutenções da frota de veículos em questão, considerados os valores de apenas alguns componentes inexistentes no caminhão elétrico, para assim, se obter a economia resultante no comparativo entre os caminhões.

4.2.2 Custo de mitigação (CoM)

O caminhão elétrico é visto como uma alternativa para impactar na redução da emissão de poluentes. Com isso, é aplicado no caso proposto o CoM, com o objetivo de mensurar o valor para descarbonizar, ou seja, deixar uma matriz energética mais limpa, sendo medido em R\$ por massa de CO₂. Através da Equação 4 (BERHORST, 2018):

$$CoM = \frac{(\text{custo carga bateria} - \text{custo tanque diesel}) \left[\frac{R\$}{\text{tanque}} \right]}{(\text{emissão tanque de diesel} - \text{emissão carga de bateria}) \left[\frac{kgCO_2}{\text{tanque}} \right]} \quad (4)$$

De acordo com Berhorst (2018), o resultado do CoM pode ser positivo ou negativo. Caso o valor final do CoM seja positivo, obtém-se o montante do valor que deve ser gasto ao evitar a emissão de cada massa de CO₂. E, caso a solução seja negativa, tem-se o montante do valor que se economiza ao evitar a emissão de CO₂.

4.3 ANÁLISE DE CAMINHÕES ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA

Visando analisar o impacto com a inserção de caminhões elétricos e as possíveis adaptações a serem aplicadas na empresa. Busca-se apresentar duas propostas de substituição da frota atual por frota de caminhões elétricos, uma baseada na quantidade de caminhões da frota e a outra baseada na capacidade de carga existente.

Com isso, desenvolve-se uma avaliação da demanda de energia instalada na empresa, verificando os limites da unidade consumidora para receber a frota de caminhões elétricos. E, posteriormente, definir a quantidade necessária de pontos de recargas, o modelo do carregador para ser instalado e a logística de horários de recargas, pontuando as alterações necessárias para o atendimento da carga.

4.3.1 Análise tarifária

Com a finalidade de analisar os gastos com recargas, primeiramente realiza-se o levantamento das faturas de energia elétrica e contratos de energia elétrica para identificar em qual ambiente de mercado a empresa está inserida. Após, identifica-se a modalidade tarifária que a unidade em questão está enquadrada.

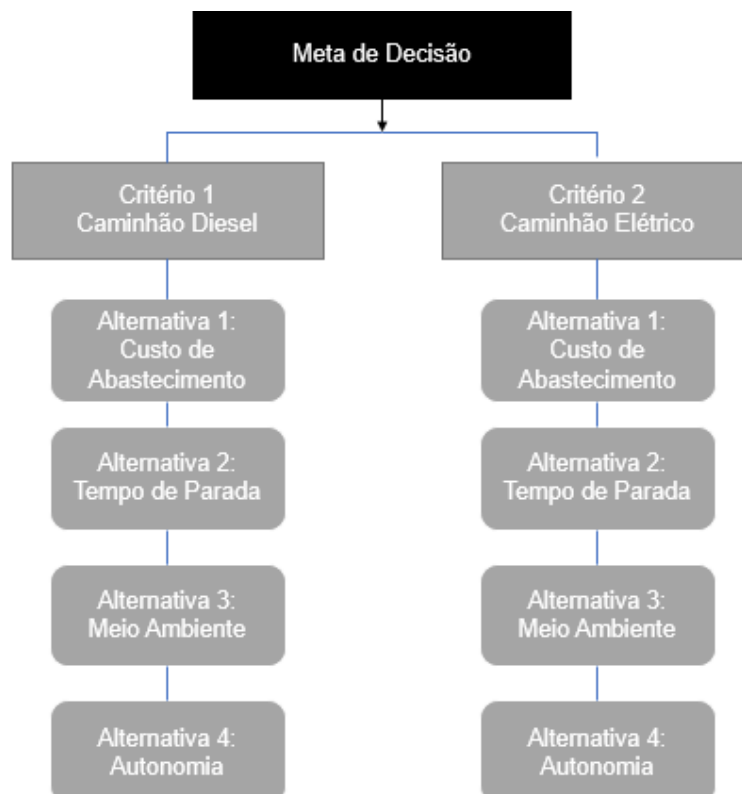
Para a unidade que faz parte do Ambiente de Contratação Regulada (ACR), na modalidade tarifária do grupo B, é analisando o valor com recargas através do custo médio do kWh e impostos conforme fatura de energia. E para a modalidade tarifária do grupo A, é analisado o valor com recargas através do custo médio do kWh e impostos para o horário de ponta e fora ponta. Além disso, será analisada a demanda contratada e estimado acréscimo de demanda devido aos carregadores a serem instalados, com o intuito de avaliar se a demanda contratada atual atende esse aumento de carga.

Para a unidade consumidora que faz parte do Ambiente de Contratação Livre (ACL), é analisado o impacto das recargas sobre o custo da energia, em kWh. Nesse caso, incluem-se os impostos atribuídos no mercado livre e também na concessionária de energia, para o horário de ponta e fora ponta. Além disso, é analisada a demanda contrata, e estimado acréscimo de demanda devido aos carregadores a serem instalados, com a finalidade de verificar se a demanda contrata atual atende esse acréscimo de carga.

4.3.2 Método AHP

Para concluir o estudo proposto, por meio de uma comparação par a par, e pela sistemática em decompor e ordenar o problema em uma hierarquia, a partir do objetivo principal, os critérios e alternativas foram delimitados conforme demonstrado na Figura 8. Os critérios definidos são referentes aos caminhões a diesel e elétricos, e as alternativas para avaliação correspondem ao custo de abastecimento, tempo de parada, meio ambiente e autonomia. Assim, as opiniões dos especialistas envolvidos no estudo foram modeladas utilizando o método AHP.

Figura 8 - Estrutura hierárquica para análise de caminhões.



Fonte: (Autor).

Após definido a estrutura, foram construídas as matrizes de comparação. As alternativas são comparadas entre si, de forma a avaliar sua importância. No qual, foram atribuídos pesos a cada comparação, utilizando a escala de Saaty, apresentado no Quadro 2.

As avaliações foram preenchidas por especialistas, realizadas por meio de um questionário enviado por e-mail. Os especialistas convidados englobam: um profissional da indústria responsável pelo setor de logística de uma empresa, um profissional da concessionária de energia e dois pesquisadores na área de engenharia elétrica e engenharia de produção. Posteriormente, foram desenvolvidos os cálculos do método utilizando o programa Excel.

Após realizada a atribuição dos valores e desenvolvidos os cálculos expostos no item 2.2.3, é preciso verificar a razão de consistência que, conforme teoria de Saaty, deve ser inferior a 0,10, para diagnosticar a consistência dos julgamentos. No final da avaliação, tem-se a ponderação das alternativas, indicando aquelas que possuem maior importância em relação a situação exposta.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

No decorrer do capítulo foi detalhada a metodologia proposta, que será utilizada para o desenvolvimento do estudo de caso, apresentado nos próximos capítulos. Com isso, primeiramente foram explanados os recursos utilizados para realizar a roteirização, para que posteriormente, possibilitasse realizar a análise do impacto logístico. Em seguida, foi descrito como será desenvolvida a avaliação econômica com despesas de abastecimento e manutenções da frota.

Além disso, foi explanada como será efetuada a análise tarifária para cada unidade e o impacto da demanda de energia com a inserção de caminhões elétricos. E, por fim, foi também abordado a modelagem matemática aplicada para a realização do cálculo do CoM e aplicação do método AHP para tomada de decisão.

5 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA FRUKI - ANÁLISE DAS ROTAS

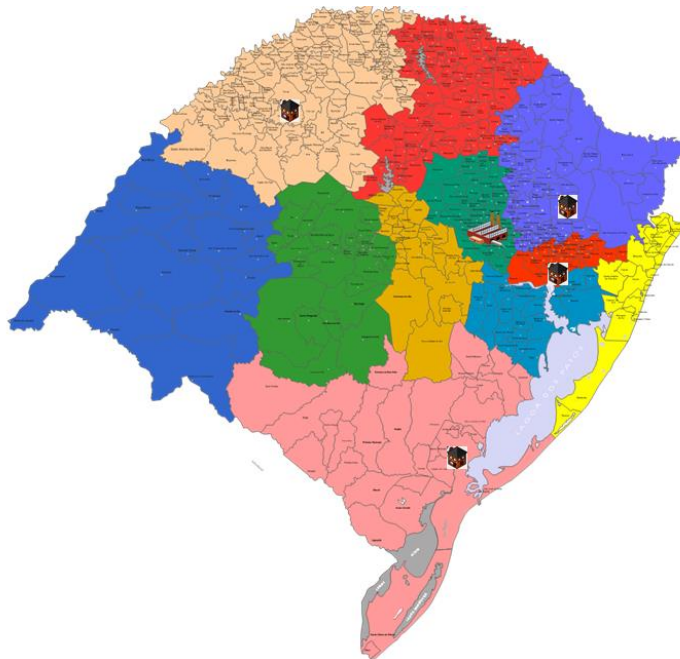
Neste capítulo é apresentada a empresa onde será realizado o estudo de caso, demonstrando de forma sucinta as características das mercadorias e como são organizadas para a distribuição ao cliente final. Além disso, são descritas as rotas definidas para o estudo, com intuito de analisar os cenários de cada região referente a operação do transporte de carga diário e semanal, e as conclusões obtidas sobre os impactos logísticos ao inserir os caminhões elétricos para a operação das rotas analisadas.

5.1 EMPRESA FRUKI

O estudo de caso utilizou como base os dados analisados na empresa de bebidas FRUKI, com sua matriz e parque industrial localizado no município de Lajeado no estado do Rio Grande do Sul. A empresa conta com modernos equipamentos, com capacidade para produzir 420 milhões de litros de bebida por ano. Além disso, a empresa conta com os centros de distribuição localizados nos municípios de Pelotas, Santo Ângelo, Canoas e Caxias do Sul no estado do Rio Grande do Sul e Blumenau no estado de Santa Catarina (FRUKI, 2021). Os valores da empresa e dados de sua fundação são apresentados no Anexo A.

Para o estudo proposto foram considerados os dados obtidos na matriz e nos centros de distribuição localizados no estado do Rio Grande do Sul, conforme os pontos localizados na Figura 9.

Figura 9 - Localização das unidades em estudo.



Fonte: (FRUKI, 2021).

A empresa realiza o transporte através do modal rodoviário, que conta com uma frota própria de 61 caminhões, que estão distribuídos nas unidades do Rio Grande do Sul, conforme a Tabela 2. Além disso, conta com a frota de 118 caminhões terceiros, utilizados para complementar a frota total de caminhões, que são responsáveis pela distribuição de bebidas dos centros de distribuição aos pontos de entrega.

Tabela 2 - Distribuição dos caminhões a diesel.

Região	Quantidade
Matriz	14
Missões	2
Pelotas	6
Serra	10
Canoas	29

Fonte: (Autor).

5.2 CARACTERÍSTICA DA CARGA

O objetivo do processo de distribuição das cargas de bebidas é realizar a entrega de forma que as características de qualidade dos produtos permaneçam

inalteradas. O objetivo é proteger os produtos das condições climáticas, danos na embalagem, e garantir que a quantidade, o prazo e o local de entrega sejam respeitados.

As cargas das bebidas contam com uma gama de produtos, compostos por: água mineral, água tônica, refrigerantes, cervejas, sucos e energéticos. O material utilizado para seu acondicionamento são garrafas pet, latas, vidros e embalagens cartonada descartáveis. Mantidas em temperatura ambiente, as bebidas apresentam prazo de validade diferente para cada produto, que pode variar de 90 até 360 dias. Para cervejas e água mineral com gás o prazo de validade é de 180 dias e para refrigerantes de 120 até 270 dias.

As mercadorias são organizadas em paletes³, para se ter facilidade ao manusear a carga, e sobretudo, reduziro tempo de carregamento e descarregamento. A partir das informações demonstradas na Tabela 03, é possível analisar o formato e a descrição de cada produto composto na carga em estudo, o peso e a quantidade correspondente a cada caixa, assim como, o número de camadas e a quantidade total de caixas dispostas sobre cada paleta.

Tabela 3 - Descrição dos produtos.

Produto	Formato	Peso Caixa (kg)	Un. Caixa	Caixa Paleta	N° camada	Peso Paleta	Altura Paleta (cm)
Água mineral	20l	21,05	1	48	3	1.048,4	147,0
Água mineral	2l	12,32	6	100	5	1.294,4	172,0
Água mineral	5l	20,40	4	48	4	1.037,2	91,6
Água mineral	1,5l	9,27	6	125	5	1.220,8	156,0
Água mineral	500ml	6,32	12	175	7	1.176,7	154,0
Água mineral	350ml	4,52	12	189	7	925,0	134,4
Água Tônica	1,5l	9,61	6	125	5	1.262,8	156,0
Cerveja Vidro	600ml	12,65	12	96	6	1.252,2	181,2
Cerveja Latão	473ml	5,87	12	220	10	1.329,0	157,2
Cerveja Long Neck	355ml	13,44	24	84	7	1.167,0	160,3
Energético	269ml	3,54	12	290	10	1.108,6	125,0
Refrigerante	2l	12,69	6	100	5	1.331,0	171,0
Refrigerante	600ml	7,80	12	154	7	1.271,2	157,5
Refrig. – Vidro	600ml	35,00	24	42	6	1.508,0	180,0
Refrigerante	350ml	4,61	12	286	13	1.411,9	153,4
Suco	1l	9,36	6	100	5	974,0	135,0
Suco	300ml	5,98	12	144	8	898,5	128,0

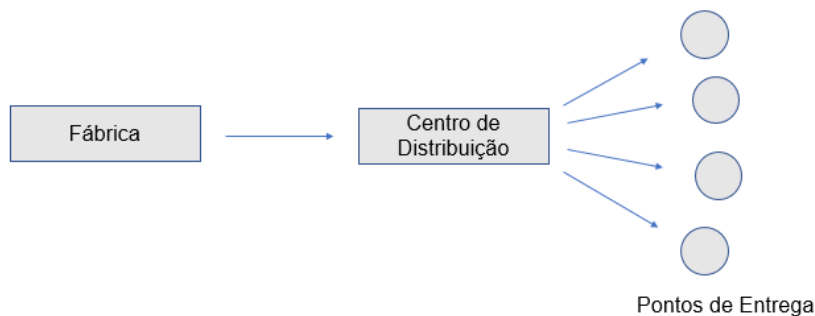
Fonte: (Autor).

³ Plataforma utilizada para movimentação de carga.

5.3 CARACTERÍSTICAS DOS ROTEIROS

A configuração do sistema de distribuição física pode ser exemplificada através da Figura 10. A carga produzida na fábrica é enviada para cada centro de distribuição, que são abastecidos através de uma previsão de demanda do volume de vendas para o mês. O centro de distribuição é o local onde as bebidas são armazenadas e dispostas para o carregamento dos caminhões. Posteriormente, as cargas são enviadas aos pontos de entrega, destino onde ocorre a descarga da mercadoria, que são distribuidoras, restaurantes, bares, mercados, padarias, shoppings, lojas de conveniência e entre outros empreendimentos.

Figura 10 - Distribuição física.



Fonte: Adaptado de LACERDA (2000).

Os veículos utilizados nas entregas são deslocados do centro de distribuição para cada zona, que consiste em regiões geográficas utilizadas para dividir as rotas e disponibilizar embarques para agregar municípios e dar mobilidade na roteirização. É definido para cada caminhão cumprir um roteiro de pontos de entrega dentro do trajeto estabelecido, com o objetivo de operar durante a jornada de trabalho do funcionário.

O horário de entregas ocorre das 07h às 16h, de segunda a sexta-feira, com o intervalo de 1 hora de descanso. O tempo de descarga média por ponto de entrega é de 05 minutos na rota.

A roteirização dos trajetos é elaborada diariamente após as 18h, para a execução no dia seguinte. Assim como, é também definida a quantidade de caminhões terceiros necessários para complementar a frota, através dos critérios de distância percorrida e demanda de carga. Posteriormente, são efetuados os carregamentos das cargas nos caminhões para as rotas definidas.

A frequência de abastecimento aos pontos de entrega ocorre semanalmente, quinzenalmente ou mensalmente, de acordo com os pedidos solicitados pelos clientes. A média de embarque é de 140 cargas/dia, e a média de pedidos recebidos diariamente é de 25.000 no verão e de 15.000 no inverno. Com isso, conforme a Tabela 4, demonstram-se os dados mensais coletados referente à quantidade total de embarques, clientes atendidos, volume e peso transportado no período de janeiro a maio de 2020.

Tabela 4 - Dados de embarques mensal.

Mês	Embarques	Cliente	Volume Transportado	Peso Transportado
Janeiro	1458	21071	766.516	8.335.837
Fevereiro	1140	17330	582.959	6.378.427
Março	1289	18294	644.550	7.405.755
Abril	914	12463	399.746	5.053.982
Maio	935	13563	407.219	5.056.165
Total	5736	82721	2.800.990	32.230.166

Fonte: (Autor).

Observa-se que a partir do mês de abril ocorreu uma redução significativa dos dados de vendas, devido ao impacto causado pela pandemia do Coronavírus.

5.4 ANÁLISE DE ROTAS DIÁRIAS

A primeira situação consistiu em desenvolver uma análise de rotas no decorrer de um dia de trabalho, detalhando as características do trajeto programado para o caminhão. Através das variáveis resultantes, propõe-se avaliar o impacto logístico ao ser substituído os caminhões a diesel por caminhões elétricos e verificar possíveis alternativas para atender a demanda de carga, tempo de entrega e o quilômetro rodado compatível com as particularidades do caminhão elétrico.

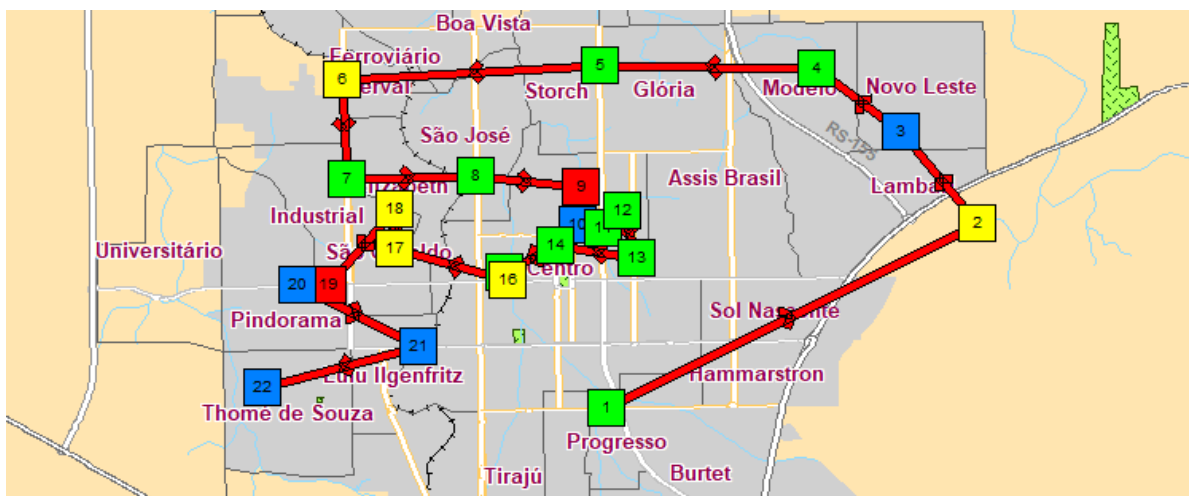
Ressalta-se que por não possuir monitoramento durante o percurso dos caminhões, pode resultar em uma discrepância entre o trajeto planejado no *Roadshow* e o percurso realizado durante a jornada de trabalho. Além de ocorrerem desvios dos trajetos estabelecidos, em situações esporádicas.

5.4.1 Rota - Região Missões

A rota simulada é referente à realizada por um caminhão com capacidade de carga de 7,47 toneladas, para o percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem no centro de distribuição de Santo Ângelo e com destino aos pontos de entrega na cidade de Ijuí.

Conforme a Tabela 5, é possível verificar que o caminhão inicia o percurso com capacidade máxima de ocupação, realizando a distribuição em 22 pontos de paradas, em zona urbana, com maior concentração de descargas na área central do município, de acordo com a distribuição da Figura 11. Cada ponto de entrega está representado por um número que se refere à ordem de entrega durante o dia, e uma cor com o status do pedido, ou seja, se a mercadoria está sendo entregue em atraso ou na data estabelecida. Durante o planejamento busca-se priorizar clientes com pedidos eventualmente atrasados, nessa situação, são caracterizados os atrasos pela cor vermelha acima de 3 dias, azul 2 dias e amarelo 1 dia, e a cor verde para sinalizar que a entrega está no período estabelecido.

Figura 11 - Rota com os pontos de entrega – Região de Missões.



Fonte: (Autor).

Além disso, na Tabela 5 é possível observar o comportamento da carga simulada pelo *Roadshow* para cada ponto de entrega. A Tabela 5 apresenta informações do roteiro de um caminhão para um dia de serviço, tais como o peso, o volume das caixas descarregadas, a cubagem correspondente ao volume do produto, a quilometragem percorrida e o tempo de entrega em rota para o atendimento de cada cliente.

Tabela 5 - Dados do planejamento da rota-centro de distribuição de Santo Ângelo.

Parada	Peso	Volume caixas	km Rodado	Cubagem	Tempo de Entrega	Cidades
1	232,6	20	46,35	18	02:05	Ijuí
2	75,01	9	4,35	6	00:11	Ijuí
3	93,24	7	1,45	7	00:09	Ijuí
4	1332	100	1,13	100	00:26	Ijuí
5	1402,65	103	2,66	106,25	00:29	Ijuí
6	84,64	7	2,49	6,53	00:11	Ijuí
7	99,4	10	1,13	8	00:05	Ijuí
8	82,82	8	1,45	6,65	00:05	Ijuí
9	1677,51	169	1,13	139,54	00:39	Ijuí
10	316,06	26	0,4	29,3	00:06	Ijuí
11	42,98	4	0,32	3,3	00:03	Ijuí
12	656	72	0,32	52,56	00:15	Ijuí
13	93,74	8	0,56	7,14	00:04	Ijuí
14	82,57	7	0,97	6,8	00:06	Ijuí
15	565,2	24	0,56	50	00:14	Ijuí
16	53,35	5	0,08	4,23	00:06	Ijuí
17	161,8	12	1,29	12,6	00:08	Ijuí
18	99,4	10	0,4	8	00:05	Ijuí
19	99,4	10	1,21	8	00:09	Ijuí
20	103,03	8	0,24	8,85	00:05	Ijuí
21	99,4	10	1,45	8	00:09	Ijuí
22	106,56	8	1,53	8	00:05	Ijuí
Total projetado - Percurso para 1 roteiro/dia						
22	7559,36	637	113,86	604,75	6:40	Ijuí

Fonte: (Autor).

Através do valor total projetado, avaliou-se o impacto logístico da substituição de um caminhão a diesel por um caminhão elétrico, com capacidade de carga de 3,50 toneladas e com autonomia de 200 km. Para as variáveis de tempo de entrega e quilômetro rodado a substituição proposta atende as condições apresentadas, porém para a capacidade de carga não é possível atingir o atendimento da demanda das mercadorias.

Para executar a programação resultante, propõe-se a realização de adequações na logística do transporte das cargas. Duas situações podem ser escolhidas, dependendo do limite da capacidade dos caminhões:

- Realizar o roteiro com 2 caminhões elétricos, considerando 1 roteiro/dia;
- Para realizar o roteiro com 1 caminhão e atender o item da carga, é necessário selecionar um modelo com maior capacidade de carga ou

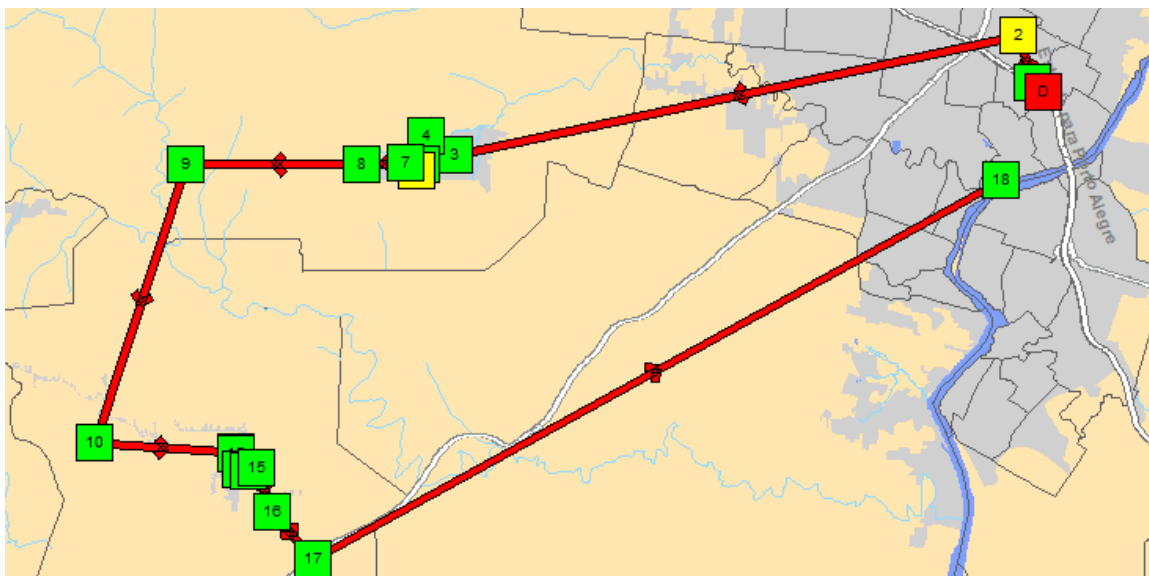
considerar 2 roteiros/dia, acrescentando ao percurso um retorno ao centro de distribuição, com trajeto aproximado de 92 km para recarga de produtos. Percebe-se que o planejamento da quilometragem atingiria o limite da autonomia, com riscos do caminhão elétrico não conseguir concluir o percurso proposto pelo fato de ter uma discrepância do planejado para o realizado.

5.4.2 Rota - Região Matriz

A rota simulada é referente à realizada por um caminhão com capacidade de carga de 7,47 toneladas, para o percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem na matriz e com destino aos pontos de entrega nos municípios de Lajeado, Santa Clara do Sul e Mato Leitão.

A partir das informações demonstradas na Tabela 6, é possível verificar que o caminhão inicia o percurso com capacidade máxima de ocupação, realizando a distribuição em 18 pontos de paradas e agregando o atendimento em três municípios para o roteiro estabelecido. De acordo com a Figura 12, buscou-se priorizar clientes com pedidos eventualmente atrasados para a região, representado pela cor vermelha acima de 3 dias e amarelo 1 dia, e a cor verde sinalizando que a entrega está no período estabelecido.

Figura 12 - Rota com os pontos de entrega – Região da Matriz.



Fonte: (Autor).

Na Tabela 6, é possível analisar a quantidade do produto distribuído em cada município que faz parte da rota. A carga de um caminhão para um dia de serviço é caracterizada em cada ponto de entrega, através do peso, volume das caixas, a cubagem do produto, tempo de entrega em rota e a quilometragem rodada entre os municípios e clientes.

Tabela 6 - Dados do planejamento da rota da matriz de Lajeado.

Parada	Peso	Volume caixas	km Rodado	Cubagem	Tempo de Entrega	Cidades
1	3203,59	315	1,29	271,36	01:02	Lajeado
2	1130,4	48	1,77	99,98	00:16	Lajeado
3	98,14	7	14,16	7,99	00:24	Santa Clara do Sul
4	524,04	34	1,29	39,52	00:13	Santa Clara do Sul
5	76,83	5	0,89	6,08	00:05	Santa Clara do Sul
6	99,47	7	0,24	7,84	00:05	Santa Clara do Sul
7	93,24	7	0,4	7	00:06	Santa Clara do Sul
8	161,75	21	0,97	13,51	00:08	Santa Clara do Sul
9	266,4	20	4,43	20	00:10	Santa Clara do Sul
10	137,86	11	11,59	10,38	00:22	Mato Leitão
11	56,26	8	4,35	4,65	00:13	Mato Leitão
12	69,1	10	0,08	5,71	00:05	Mato Leitão
13	155,9	13	0,48	11,91	00:04	Mato Leitão
14	77,87	4	0,24	6	00:03	Mato Leitão
15	168,97	12	0,24	12,76	00:04	Mato Leitão
16	84,58	7	1,05	6,38	00:06	Mato Leitão
17	154,96	18	1,85	12,27	00:08	Mato Leitão
18	1058,9	74	18,11	89,82	00:37	Lajeado
Total projetado - Percurso para 1 roteiro/dia						
18	7618,26	621	66,39	633,16	04:18	Lajeado/Santa Clara do Sul/Mato Leitão

Fonte: (Autor).

Mediante a substituição de um caminhão a diesel por um caminhão elétrico com capacidade de carga de 3,50 toneladas e com autonomia de 200 km, para o atendimento dos três municípios, constata-se que os fatores de tempo de entrega e quilômetro rodado o veículo proposto atende os requisitos, porém não é possível alcançar o atendimento total da demanda da carga.

Da mesma forma que na rota da região Missões, algumas adequações na logística do transporte de carga precisam ser levadas em consideração para se ter o resultado almejado, através de:

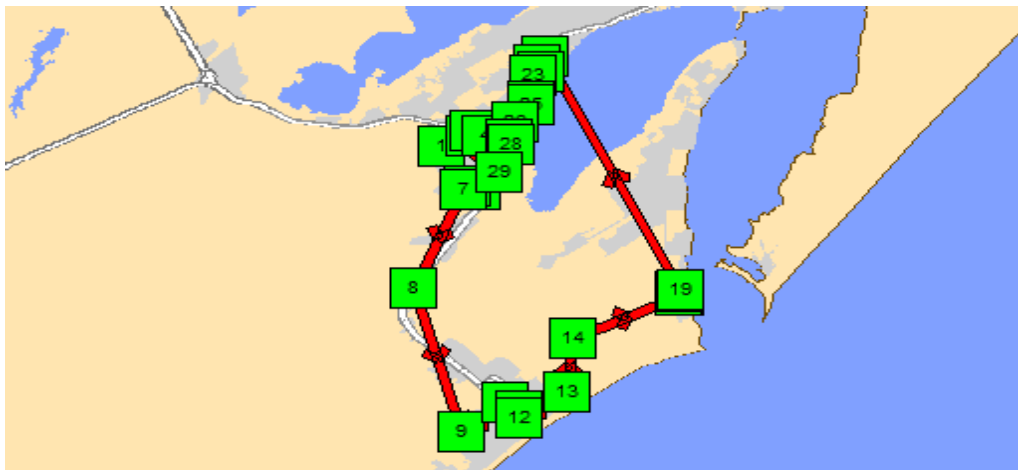
- Realizar o roteiro com 2 caminhões elétricos, considerando 1 roteiro/dia;
- Para realizar o roteiro com 1 caminhão e atender o item da carga, é necessário selecionar um modelo com maior capacidade de carga, ou considerar 2 roteiros/dia, acrescentando ao percurso um retorno até a matriz para a recarga de produtos. Conclui-se que apenas com um ajuste logístico na programação pode ser realizado o atendimento dos clientes.

5.4.3 Rota - Região Pelotas

A rota simulada é referente à realizada por um caminhão com capacidade de carga de 7,47 toneladas, para o percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem no centro de distribuição em Pelotas e com destino aos pontos de entrega no município de Rio Grande.

Com os dados da Tabela 7, é possível verificar que o caminhão inicia o percurso com capacidade de 94,19% de ocupação, realizando a distribuição em 29 pontos de paradas em apenas um município. Conforme a Figura 13, os pontos de entregas estão identificados pelo status de cor verde, representando que as entregas estão ocorrendo na data estabelecida.

Figura 13 - Rota com os pontos de entrega - Região de Pelotas.



Fonte: (Autor).

Em relação a Tabela 7, verificam-se os dados do planejamento de distribuição para a jornada de trabalho da carga de um caminhão, o desempenho da quilometragem programada e o tempo de entrega em rota.

Tabela 7 - Dados do planejamento da rota do centro de distribuição de Pelotas.

Parada	Peso	Volume caixas	km Rodado	Cubagem	Tempo de Entrega	Cidades
1	315,8	31	64,86	25,42	01:13	Rio Grande
2	239,76	18	1,21	18	00:06	Rio Grande
3	507,8	55	0,72	29,64	00:13	Rio Grande
4	318,73	23	0,4	24,51	00:06	Rio Grande
5	279,72	21	2,57	21	00:08	Rio Grande
6	80,42	7	0,56	6,14	00:01	Rio Grande
7	66,6	5	0,56	5	00:02	Rio Grande
8	124,67	10	8,05	8,73	00:13	Rio Grande
9	75,54	3	8,13	5,76	00:12	Rio Grande
10	267,9	30	2,09	7,31	00:15	Rio Grande
11	280,22	23	0,97	19,94	00:04	Rio Grande
12	93,24	7	0,4	7	00:02	Rio Grande
13	39,96	3	2,09	3	00:06	Rio Grande
14	391,36	38	2,74	19,91	00:15	Rio Grande
15	79,92	6	6,36	6	00:10	Rio Grande
16	85,87	13	0,08	6,97	00:06	Rio Grande
17	149,12	19	0,08	11,65	00:08	Rio Grande
18	622,46	49	0,08	45,91	00:15	Rio Grande
19	567,35	45	0,08	42,85	00:13	Rio Grande
20	152,39	12	15,77	11,45	00:28	Rio Grande
21	341,17	26	0,48	25,65	00:10	Rio Grande
22	148,2	11	0,48	11,22	00:06	Rio Grande
23	638,28	54	0,4	45,11	00:10	Rio Grande
24	93,24	7	1,21	7	00:03	Rio Grande
25	198,41	14	0,16	16,82	00:02	Rio Grande
26	119,4	12	1,05	9,2	00:06	Rio Grande
27	120,38	10	0,64	9,14	00:06	Rio Grande
28	126,36	10	0,24	9,65	00:02	Rio Grande
29	511,91	51	1,13	35,5	00:08	Rio Grande
Total projetado - Percurso para 1 roteiro/dia						
29	7036,18	613	188,54	495,48	05:09	Rio Grande

Fonte: (Autor).

Considerando 1 roteiro/dia e um caminhão elétrico com capacidade de carga de 3,50 toneladas e com autonomia de 200km, conclui-se que para a variável de tempo de entrega a substituição proposta atende às condições apresentadas. Porém,

para a capacidade de carga não é possível atingir o proposto pelo estudo, pois é arriscado realizar o trajeto para a quilometragem programada, pelo fato de apresentar uma discrepância entre a rota planejada e a rota realizada.

Para executar a programação resultante, da mesma forma que proposto na rota das Missões e na rota da região da Matriz, pode ser necessário realizar algumas adequações com a logística do transporte de carga, através das alternativas propostas:

- Realizar o roteiro com 2 caminhões elétricos, considerando 1 roteiro/dia;
- Para realizar o roteiro com 1 caminhão, só é possível atender a rota se durante o trajeto apresentar pontos de recargas rápidas para recarga da bateria. Pois, para atender o item da carga, é necessário selecionar um modelo com maior capacidade de carga ou considerar 2 roteiros/dia, acrescentando ao percurso um retorno até o centro de distribuição para o carregamento de produtos, ultrapassando a autonomia do veículo.

5.5 ANÁLISE DO TRANSPORTE DE CARGA

A segunda situação consiste em verificar o comportamento das entregas dos 61 caminhões da frota existente em cada região, referente a um período de 12 dias trabalhados no mês de junho do ano de 2020. Analisando os dados dos trajetos percorridos, cargas transportadas e comportamento de paradas.

Com o objetivo proposto de substituir os caminhões da frota existente por caminhões elétricos, busca-se observar o impacto logístico na programação. Ressalta-se novamente para situação atual, que para se obter uma programação eficiente na proposta de substituição deve-se considerar uma possível discrepância entre o trajeto planejado e o percurso realizado durante o roteiro, pelo fato de não possuir monitoramento durante a rota dos veículos.

5.5.1 Programações de embarques

As informações de embarques da frota existente estão estruturadas por região, conforme a localização de cada caminhão. Em cada tabela consta a média resultante dos dados coletados, referente aos dias trabalhados de cada veículo, assim como, paradas, peso, volume, ocupação média da carga, *drop size*, e a quilometragem

média percorrida. Além disso, observa-se que cada caminhão foi identificado com um número no item unidade, utilizado como referência para identificação das características individuais do veículo, que será aplicado na mesma sequência para os demais itens do estudo.

Na Tabela 8, verifica-se o comportamento das simulações de embarques de produtos nos caminhões para a Matriz. Observa-se que apenas 2 caminhões realizaram entregas em todo o período de tempo analisado, e o restante apresentaram alguns dias sem a realização de distribuição de produtos. Conforme os dados médios de quilometragem projetada os caminhões elétricos com autonomia de 200 km podem chegar a atender aproximadamente 70% dos percursos resultantes nesse período. Ressalta-se a queda de volume de vendas por ser o período de inverno, impactando na demanda de veículos utilizados diariamente.

Tabela 8 - Simulações de embarques - Matriz.

Un	Dias	Parada	Peso	Volume	Ocup.	Drop Size	km Road	Principais Cidades atendidas
1	8	15	7609,96	558,50	83%	37,23	166,09	Santa Cruz do Sul/ Lajeado/ Estrela/ Soledade
2	11	14	7750,13	550,55	101%	43,61	157,31	Santa Cruz do Sul/ Candelária/Venâncio Aires
3	7	12	7254,88	530,14	95%	44,18	164,99	Serafina Corrêa/Guaporé/ Lajeado/ Santa Cruz do Sul
4	9	21	7816,20	593,56	102%	28,26	105,53	Venâncio Aires/Mato Leitão/ Cruzeiro do Sul/Lajeado
5	9	15	7741,44	544,22	101%	36,28	177,77	Ilópolis/Arvorezinha/Putinga/ Guaporé/ Vera Cruz
6	12	21	5035,85	420,67	102%	20,03	46,63	Lajeado/Cruzeiro do Sul/ Estrela/Teutônia/Colinas
7	10	20	4737,54	352	96%	17,60	233,53	Dois Lajeados/Guaporé/ Serafina Corrêa/Soledade
8	10	20	7623,63	593,3	101%	29,67	136,50	Estrela/Teutônia/ Taquari/ Bom Retiro do Sul
9	11	12	7408,95	515,82	97%	42,98	135,37	Lajeado/ Arroio do Meio/ Encantado//Roca Sales
10	10	12	8184,16	607,10	107%	50,59	169,70	Teutônia/ Cachoeira do Sul/Candelária /Taquari
11	9	13	5108,86	363	85%	27,92	188,95	Santa Cruz do Sul/ Sinimbu/ Sobradinho/ Barros Cassal
12	7	12	8136,03	585,00	96%	48,75	106,61	Lajeado/Roca Sales/ Encantado/ Paverama
13	12	16	7947,82	633,42	92%	39,59	73,18	Lajeado/ Forquetinha/ Santa Clara do Sul
14	10	18	5712,01	442,6	93%	24,59	152,42	Santa Cruz do Sul/Vera Cruz

Fonte: (Autor).

Na Tabela 9, verifica-se os dados da unidade de Santo Ângelo, com 1 caminhão atuando 91,66% do período e o outro apenas 33,33% do período analisado. Porém, pela média diária de quilometragem projetada, conclui-se que é possível realizar a distribuição no período com caminhões elétricos de 200 km de autonomia.

Tabela 9 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Santo Ângelo.

Un	Dias	Parada	Peso	Volume	Ocup.	Drop Size	km Road	Principais Cidades atendidas
15	11	18	7253,22	651,55	87%	36,20	97,72	Santo Ângelo/Ijuí/Santa Rosa/Três de Maio/Entre-Ijuís
16	4	18	3938,07	325	80%	18,06	30,32	Santo Ângelo/ Entre-Ijuís

Fonte: (Autor).

Na Tabela 10, verifica-se os dados da unidade de Pelotas, com 1 caminhão em manutenção, 1 caminhão atuando em todo o período de tempo analisado e o restante em períodos parciais. Porém, pela média de quilometragem projetada, é possível realizar a distribuição com caminhões elétricos de 200 km de autonomia, entretanto, ressalta-se o cuidado dos trajetos planejados para evitar ultrapassar a autonomia do caminhão.

Tabela 10 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Pelotas.

Un	Dias	Parada	Peso	Volume	Ocup.	Drop Size	km Road	Principais Cidades atendidas
17								manutenção
18	11	22	4048,34	331,36	99%	15,06	90,86	Pelotas/ Rio Grande/ Capão do Leão
19	9	28	3860,53	315,56	97%	11,27	69,13	Pelotas/Capão do Leão
20	7	20	3776,72	281,57	95%	14,08	162,09	Rio Grande
21	12	23	5607,85	394,77	70%	17,16	148,17	Rio Grande/ Pelotas/ Palmares do Sul
22	9	29	5865,58	410,33	74%	14,15	164,41	Rio Grande / Palmares do Sul

Fonte: (Autor).

Na Tabela 11, avalia-se as simulações da unidade de Caxias do Sul, com 1 caminhão em manutenção, 3 caminhões atuando em todo o período da análise e o restante em dias parciais. Porém, com média de quilometragem projetada é possível realizar a distribuição nesse período com caminhões elétricos de 200 km de autonomia.

Tabela 11 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Caxias do Sul.

Un	Dias	Parada	Peso	Volume	Ocup.	Drop Size	km Road	Principais Cidades atendidas
23								Manutenção
24	10	12	7712,94	574,8	91%	47,90	93,56	Bento Gonçalves/ Carlos Barbosa/Bom Princípio
25	5	5	8043,59	741,4	95%	148,28	48,99	Garibaldi/Caxias do Sul/Carlos Barbosa
26	10	6	6853,53	561,636	81%	93,61	63,04	Caxias do Sul/ Bento Gonçalves/ São Marcos
27	10	18	4699,20	392,9	94%	21,83	41,50	Caxias do Sul
28	12	12	4478,62	390,923	90%	32,58	45,85	Caxias do Sul /Garibaldi/Calos Barbosa
29	12	15	4606,40	388	90%	25,87	48,70	Caxias do Sul/ Farroupilha/ Bento Gonçalves
30	7	12	7409,04	507	87%	42,25	81,89	Caxias do Sul/ Bento Gonçalves/Garibaldi
31	6	8	5480,79	441,167	91%	55,15	53,90	Caxias do Sul/ Garibaldi/Farroupilha
32	12	11	5530,21	447,25	92%	40,66	77,98	Bento Gonçalves/Garibaldi/ Caxias do Sul/Garibaldi

Fonte: (Autor).

Na Tabela 12, avalia-se as simulações da unidade de Canoas, com 14 caminhões em operação em todo o período analisado, 3 caminhões parados em manutenção e o restante com alguns dias sem a realização de entregas. Conforme os dados médios de quilometragem, com caminhões elétricos de 200 km de autonomia é possível realizar a distribuição de mercadorias nos roteiros projetados.

Tabela 12 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Canoas.

(continua)

Un	Dias	Parada	Peso	Volume	Ocup.	Drop Size	km Road	Principais Cidades atendidas
33	12	12	6676,98	492,67	83%	41,06	91,43	Porto Alegre
34	11	29	5753,12	467,45	72%	16,12	43,74	Canoas
35	12	24	5908,84	456,75	74%	19,03	44,18	Canoas
36	7	6	7377,16	583,14	92%	97,19	76,01	Porto Alegre/Gravataí /Viamão
37	1	28	7250,66	589	91%	21,04	82,88	Novo Hamburgo
38	11	1	7303,66	598,55	77%	598,55	43,81	Porto Alegre/Canoas
39	2	23	7257,74	575	91%	25,00	77,45	Porto Alegre
40	5	10	6351,32	529,20	79%	52,92	84,25	Porto Alegre
41	11	16	6636,16	533,25	83%	33,33	99,37	Porto Alegre/São Leopoldo/Eldorado do Sul
42	9	13	4213,97	307,89	96%	23,68	55,63	Porto Alegre
43	12	18	4375,55	346,83	99%	19,27	54,76	Porto Alegre
44	12	15	4104,76	311,33	93%	20,76	80,35	Porto Alegre
45	12	22	3893,34	344,75	88%	15,67	57,60	Porto Alegre

Tabela 12 - Simulações de embarques - centro de distribuição de Canoas.

(conclusão)								
Un	Dias	Parada	Peso	Volume	Ocup.	Drop Size	km Road	Principais Cidades atendidas
46	12	16	4011,42	308,58	91%	19,29	68,88	Porto Alegre
47	12	18	4132	342,92	94%	19,05	63,56	Porto Alegre
48	12	18	4228,40	317,5	96%	17,64	76,39	Porto Alegre
49	12	16	4151,55	340,08	94%	21,26	55,84	Porto Alegre
50	12	16	4129,67	352,42	94%	22,03	54	Porto Alegre
51	12	20	4229,41	324,5	96%	16,23	68,78	São Leopoldo
52	12	23	6201,37	490	78%	21,30	79,31	Alvorada
53								Manutenção
54	11	27	6114,24	474,09	76%	17,56	45,65	Sapucaia do Sul / Esteio/Canoas
55								Manutenção
56								Manutenção
57	12	14	6841,34	537,5	86%	38,39	69,16	São Leopoldo/Novo Hamburgo/Esteio/Triunfo
58	10	14	6841,84	535,4	86%	38,24	66,92	Gravataí/Cachoeirinha/Porto Alegre
59	12	19	5026,70	386	79%	20,32	73,20	Porto Alegre
60	11	20	4660,79	362,64	76%	18,13	59,77	Porto Alegre
61	11	20	4905,89	362,73	80%	18,14	70,06	Porto Alegre

Fonte: (Autor).

Além disso, avaliando comportamento dos trajetos da região metropolitana, a quantidade de caminhões em operação, a quantidade de mercadorias a ser entregue e o fluxo de tráfego, constata-se que é necessário de um posto de recarga rápida próximo à unidade, para o suprimento de recargas de demandas emergências.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

No decorrer do capítulo foram descritas as características da carga e o comportamento da distribuição dos produtos aos pontos de entrega. Mediante a roteirização no *Roadshow*, possibilitou delimitar as rotas para avaliar o comportamento dos caminhões em operação durante o dia.

Para a primeira análise desenvolvida, foram apresentados 3 cenários de rotas diárias programadas para a frota atual da empresa, com diferentes regiões e diferentes variáveis de tempo de entrega, pontos de paradas, capacidade de carga e quilometragem rodada. Constata-se que nos 3 perfis analisados, mediante a substituição por um caminhão elétrico com capacidade de carga de 3,50 toneladas e

com autonomia de 200km, não foi possível atender todos os critérios para efetuar a execução da programação, sendo necessário propor adequações na logística do transporte de carga para cada situação.

A segunda situação consiste no comportamento médio das entregas dos caminhões da frota para cada região, com base nos resultados de um período estabelecido de 12 dias trabalhados. Analisando apenas a variável de quilometragem percorrida, conclui-se que para os centros de distribuição de Caxias do Sul, Canoas, Santo Ângelo e Pelotas, um caminhão elétrico atenderia a distribuição dos produtos, porém para Lajeado atenderia apenas 70% a média dos percursos apresentados para cada caminhão.

Porém, de acordo com duas situações propostas, para viabilizar a tecnologia de caminhões elétrico para o transporte de carga na indústria, é necessário proporcionar pontos de recargas rápida instalados em rodovias, para aumentar a região de abrangência de distribuição. E, também um posto de recarga rápida próximo a unidade metropolitana devido a quantidade de caminhões e a demanda de carga a ser atendida.

6 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA FRUKI – ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE FROTAS

O estudo pretende demonstrar que o processo de substituição da frota de caminhões a diesel por caminhões elétricos, pode ser uma alternativa viável, gerando uma economia significativa com o transporte de carga e contribuindo na redução da emissão de poluentes.

Neste capítulo são apresentadas as características da frota em operação e desenvolvido um comparativo com despesas de combustíveis e despesas com manutenções da frota de alguns itens inexistentes no modelo elétrico. Também apresenta o índice CoM das emissões de carbono ao substituir óleo diesel por eletricidade. E, por fim, o capítulo detalha um modelo de caminhão elétrico proposto para substituição, juntamente com os resultados obtidos referente aos testes de desempenho realizados na empresa para o transporte de carga.

6.1 CARACTERÍSTICAS DA FROTA EXISTENTE

Os caminhões a diesel da empresa FRUKI trabalham com uma velocidade média urbana de 32 km/h e a velocidade média na rodovia de 75 km/h. Além disso, a carga é definida como seca, pois o produto transportado não demanda de refrigeração, possui as suas próprias embalagens e estão organizadas em paletes. Para regiões urbanas, o caminhão mais favorável para a utilização é o de menor porte, denominado como modelo 3/4, devido às restrições de circulação e estacionamento. Além disso, conforme descrito no capítulo anterior, é utilizada a numeração no item unidade para identificação dos caminhões.

Dessa forma, a Tabela 13 detalha os veículos situados na matriz em Lajeado. A frota é composta por 14 caminhões a diesel, com capacidade de carga variada de 4,50 toneladas até 7,47 toneladas, do tipo toco⁴ e 3/4⁵ e com carroceria adequada para o transporte de bebidas para facilitar na carga e descarga das mercadorias.

⁴ Caminhão semipesado.

⁵ Caminhão leve.

Tabela 13 - Dados caminhões – Matriz Lajeado.

Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete
1	Matriz	TOCO	15180	2005	7470	10
2	Matriz	TOCO	1722	2009	7470	10
3	Matriz	TOCO	1722	2009	7470	10
4	Matriz	TOCO	1722	2009	7470	10
5	Matriz	TOCO	1722	2009	7470	10
6	Matriz	3/4	9150	2011	4500	6
7	Matriz	3/4	9150	2011	4500	6
8	Matriz	TOCO	1722	2011	7470	10
9	Matriz	TOCO	1722	2011	7470	10
10	Matriz	TOCO	1722	2011	7470	10
11	Matriz	3/4	9150	2012	6000	6
12	Matriz	TOCO	1719	2012	7470	10
13	Matriz	TOCO	1719	2012	7470	10
14	Matriz	3/4	1119	2015	6000	6

Fonte: (Autor).

Na Tabela 14, são descritos os dados do centro de distribuição de Santo Ângelo. A frota é composta por 2 caminhões a diesel, com capacidade de carga de 5,00 toneladas e 7,47 toneladas, do tipo toco e 3/4 e com carroceria adequada para o transporte de bebidas para facilitar na carga e descarga das mercadorias.

Tabela 14 – Dados caminhões - centro de distribuição de Santo Ângelo.

Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete
15	Missões	3/4	9150	2011	5000	6
16	Missões	TOCO	1722	2009	7470	10

Fonte: (Autor).

Na Tabela 15, são apresentados os dados do centro de distribuição de Pelotas. A frota é composta por 6 caminhões a diesel, com capacidade de carga que varia de 3,98 até 8,50 toneladas, do tipo toco e 3/4 e com carroceria adequada para o transporte de bebidas para facilitar na carga e descarga das mercadorias.

Tabela 15 - Dados caminhões - centro de distribuição de Pelotas.

(continua)

Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete
17	Pelotas	TOCO	1722	2009	7470	8
18	Pelotas	3/4	9150	2009	3980	6
19	Pelotas	3/4	9150	2009	3980	6

Tabela 15- Dados caminhões - centro de distribuição de Pelotas.

(conclusão)

Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete
20	Pelotas	3/4	9160	2012	4400	6
21	Pelotas	TOCO	1719	2012	7470	8
22	Pelotas	TOCO	1719	2012	8500	10

Fonte: (Autor).

Na Tabela 16, são demonstrados os dados do centro de distribuição de Caxias do Sul. A frota é composta por 10 caminhões a diesel, com capacidade de carga que varia de 5,00 toneladas até 8,40 toneladas, do tipo toco e 3/4 e com carroceria adequada para o transporte de bebidas para facilitar na carga e descarga das mercadorias.

Tabela 16 - Dados caminhões - centro de distribuição de Caxias do Sul.

Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete
23	Serra	TOCO	1722	2009	8400	10
24	Serra	TOCO	1722	2009	7470	10
25	Serra	TOCO	1722	2009	8000	10
26	Serra	TOCO	1722	2009	7470	10
27	Serra	3/4	9150	2009	5000	6
28	Serra	3/4	9150	2009	5000	6
29	Serra	3/4	9150	2011	5000	6
30	Serra	TOCO	1722	2011	7470	10
31	Serra	3/4	1119	2015	6000	6
32	Serra	3/4	1119	2015	6000	6

Fonte: (Autor).

Por fim, a Tabela 17 são demonstradas as informações dos veículos situados no centro de distribuição de Canoas. A frota é composta por 29 caminhões a diesel, com capacidade de carga que varia de 4,40 toneladas até 8,40 toneladas, do tipo toco e 3/4 e com carroceria adequada para o transporte de bebidas para facilitar na carga e descarga das mercadorias.

Tabela 17 - Dados caminhões - centro de distribuição de Canoas.

(continua)

Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete
33	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10
34	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10

Tabela 17 - Dados caminhões - centro de distribuição de Canoas.

							(conclusão)
Un	Região	Tipo	Modelo	Ano	Cap. Carga	Palete	
35	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10	
36	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10	
37	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10	
38	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10	
39	Canoas	TOCO	1722	2009	7470	10	
40	Canoas	TOCO	1722	2011	7470	10	
41	Canoas	TOCO	1722	2011	8400	10	
42	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
43	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
44	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
45	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
46	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
47	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
48	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
49	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
50	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
51	Canoas	3/4	9160	2012	4400	6	
52	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
53	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
54	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
55	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
56	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
57	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
58	Canoas	TOCO	1719	2012	7470	10	
59	Canoas	3/4	1119	2015	6000	6	
60	Canoas	3/4	1119	2015	6000	6	
61	Canoas	3/4	1119	2015	6000	6	

Fonte: (Autor).

6.2 CAMINHÃO ELÉTRICO PROPOSTO PARA SUBSTITUIÇÃO

O modelo do caminhão elétrico definido para o estudo é da JAC Motors iEV1200T, por apresentar torque de 1200 Nm, autonomia de 200 km e capaz de obter uma autonomia de até 250 km com o ar-condicionado desligado, modo Eco ligado e com apenas 2,00 toneladas de carga somado ao implemento. Composto de uma bateria com capacidade de 97 kWh, de material de Fosfato de Ferro-Lítio, que apresenta características de alta corrente nominal, vida útil longa, maior segurança e estabilidade térmica (JAC MOTORS, 2020).

O modelo do carregador definido para estudo é um Wall Box da EDP SMART, Figura 16, com plugue tipo T2, potência de 7,4kW, tensão de 220V, com corrente alternada em 32A (EDP SMART, 2020).

Figura 16 - Carregador carga lenta - 7,4kW.



Fonte: (EDP SMART, 2020).

6.2.1 Caminhão elétrico em operação

O caminhão elétrico da JAC Motors iEV1200T foi utilizado em um período de avaliação para realização de testes, com o intuito de analisar o comportamento durante o transporte de carga. O veículo estava situado na Matriz em Lajeado e no centro de distribuição em Canoas, local atribuído para realizar a recarga da bateria durante o período noturno, o carregamento da mercadoria programada para as entregas e ponto de origem para iniciar a distribuição dos produtos.

Através da Tabela 18, analisam-se os resultados obtidos referente a 6 dias de operação durante a jornada de trabalho. As rotas planejadas contemplam três modelos, com entregas realizadas apenas no município de origem, entregas em um município próximo a unidade e entregas agregando três municípios em um percurso. A quilometragem percorrida durante o período em análise resultou em 347 km, e com um total de 18.342,06 kg de produtos distribuídos.

Além disso, identifica-se a quilometragem projetada pelo km *Road*, e a quilometragem percorrida, colocando em evidência a discrepância entre o planejado e o percurso realizado por não se ter monitoramento durante a rota. Com isso,

mediante ao percurso executado, é possível verificar o percentual utilizado da bateria, e relacionar as variáveis da bateria utilizada com a quilometragem percorrida.

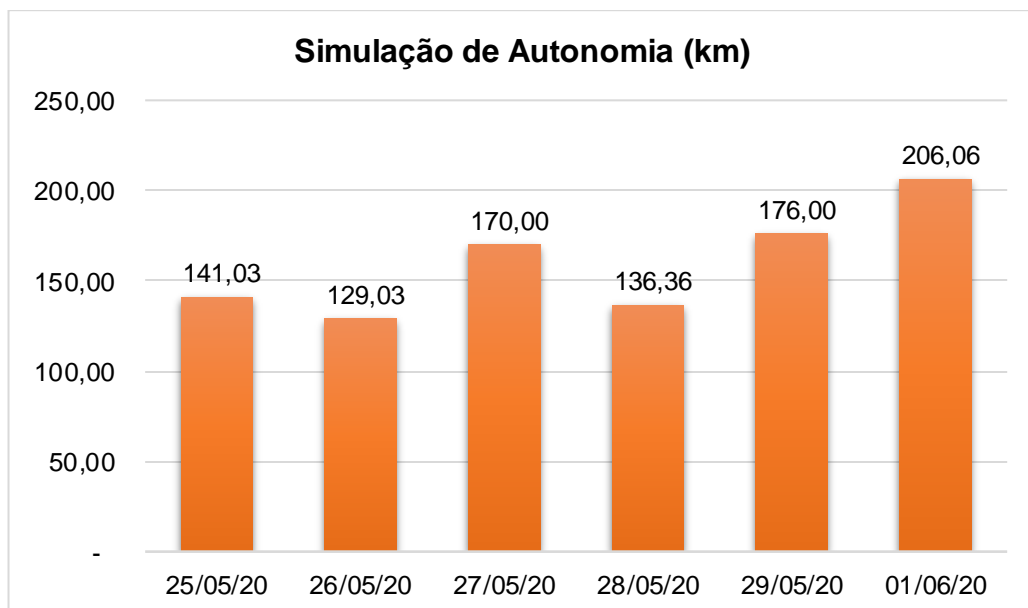
Tabela 18 - Acompanhamento do caminhão elétrico.

Data Teste	25/05/20	26/05/20	27/05/20	28/05/20	29/05/20	01/06/20
Rotas	Lajeado	Lajeado	Estrela	Lajeado	Lajeado/Estrela/ Cruzeiro	Encantado
km Road	29,93	18,11	28,16	31,06	45,46	68,80
Peso (Kg)	3.372,14	3.168,17	3.281,18	3.345,55	3.385,30	1.789,72
Volumes	309	308	312	255	319	124
Entregas	15	15	16	23	20	3
km Percorrido	55	40	51	45	88	68
Bateria utilizada	39%	31%	30%	33%	50%	33%
Bateria (%) / km	0,71	0,78	0,59	0,73	0,57	0,49
km / Bateria (%)	1,41	1,29	1,70	1,36	1,76	2,06

Fonte: (Autor).

Através da variável resultante referente a diferença do quilômetro percorrido com a bateria utilizada, foi realizada uma simulação com a autonomia (km) do caminhão para verificar o comportamento com diferentes tipos de cargas e trajetos. Conforme Figura 17, é demonstrada a simulação para cada dia percorrido, podendo se obter uma autonomia de 206,06 km para o percurso de Lajeado até Encantado, com uma carga de 1.789,72 kg e considerando um consumo médio de 2,06 km.

Figura 17 - Simulação de autonomia (km) do caminhão elétrico.



Fonte: (Autor).

6.2.1.1 Análise de Rotas Diárias para o Caminhão Elétrico

Posteriormente, é possível analisar o comportamento das rotas programadas para uma jornada diária de trabalho, detalhando as características do trajeto para o caminhão elétrico.

Na Tabela 19, a rota simulada é referente ao percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem na Matriz e com destino aos pontos de entrega no próprio município. A quilometragem projetada totalizou em 31 km, para realizar a distribuição em 23 pontos de paradas em zona urbana, em uma jornada de trabalho de 07 horas e 26 minutos.

Tabela 19 - Rota do Caminhão Elétrico – Matriz.

Data Saída	Cidade	Volume	Peso	Tempo de Atendimento
28/05/2020	LAJEADO	14	160,2	00:06
28/05/2020	LAJEADO	6	59	00:05
28/05/2020	LAJEADO	9	112,3	00:05
28/05/2020	LAJEADO	19	323,9	00:07
28/05/2020	LAJEADO	7	150,1	00:05
28/05/2020	LAJEADO	14	118	00:06
28/05/2020	LAJEADO	12	189,1	00:06
28/05/2020	LAJEADO	9	107,7	00:05
28/05/2020	LAJEADO	14	127,9	00:06
28/05/2020	LAJEADO	7	91,7	00:05
28/05/2020	LAJEADO	8	107,7	00:05
28/05/2020	LAJEADO	7	91,46	00:05
28/05/2020	LAJEADO	17	321,8	00:07
28/05/2020	LAJEADO	8	62,12	00:05
28/05/2020	LAJEADO	15	193,4	00:07
28/05/2020	LAJEADO	8	80,75	00:05
28/05/2020	LAJEADO	8	99,8	00:05
28/05/2020	LAJEADO	15	84,82	00:07
28/05/2020	LAJEADO	10	139,8	00:06
28/05/2020	LAJEADO	10	121,6	00:06
28/05/2020	LAJEADO	7	49,47	00:05
28/05/2020	LAJEADO	20	257,8	00:08
28/05/2020	LAJEADO	11	136,2	00:06
Total		255	3187	02:23

Fonte: (Autor).

Na Tabela 20, a rota simulada é referente ao percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem na Matriz e com destino aos pontos de entrega no município de Estrela. A quilometragem projetada totalizou em 21 km, para realizar a distribuição em 16 pontos de paradas, em uma jornada de trabalho de 06 horas e 25 minutos.

Tabela 20 - Rota do Caminhão Elétrico – Matriz.

Data Saída	Cidade	Volume	Peso	Tempo de Atendimento
27/05/2020	ESTRELA	13	112,8	00:06
27/05/2020	ESTRELA	10	109,45	00:06
27/05/2020	ESTRELA	10	112,34	00:06
27/05/2020	ESTRELA	7	133	00:05
27/05/2020	ESTRELA	121	1155,4	00:28
27/05/2020	ESTRELA	13	174,12	00:06
27/05/2020	ESTRELA	15	120,47	00:07
27/05/2020	ESTRELA	11	184,4	00:06
27/05/2020	ESTRELA	32	234,9	00:10
27/05/2020	ESTRELA	11	109,2	00:06
27/05/2020	ESTRELA	7	90,1	00:05
27/05/2020	ESTRELA	20	190,3	00:08
27/05/2020	ESTRELA	11	118,94	00:06
27/05/2020	ESTRELA	15	193,3	00:07
27/05/2020	ESTRELA	10	76,61	00:06
27/05/2020	ESTRELA	6	37,8	00:05
Total		312	3153,13	02:06

Fonte: (Autor).

Na Tabela 21, a rota simulada é referente ao percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem no centro de distribuição de Canoas e com destino aos pontos de entrega no município de Porto Alegre. A quilometragem projetada totalizou em 51 km, para realizar a distribuição em 16 pontos de paradas, em uma jornada de trabalho de 06 horas e 29 minutos.

Tabela 21 - Rota do Caminhão Elétrico - Centro de Distribuição Canoas.

(continua)

Data Saída	Cidade	Volume	Peso	Tempo de Atendimento
20/05/2020	PORTO ALEGRE	16	144,66	00:07
20/05/2020	PORTO ALEGRE	11	170,5	00:06
20/05/2020	PORTO ALEGRE	40	490,1	00:12
20/05/2020	PORTO ALEGRE	26	371,8	00:09
20/05/2020	PORTO ALEGRE	16	132,42	00:07
20/05/2020	PORTO ALEGRE	7	75,3	00:05

Tabela 21- Rota do Caminhão Elétrico - Centro de Distribuição Canoas.

(conclusão)

Data Saída	Cidade	Volume	Peso	Tempo de Atendimento
20/05/2020	PORTO ALEGRE	32	285,4	00:10
20/05/2020	PORTO ALEGRE	16	107,94	00:07
20/05/2020	PORTO ALEGRE	25	275,14	00:09
20/05/2020	PORTO ALEGRE	13	105,1	00:06
20/05/2020	PORTO ALEGRE	10	84,17	00:06
20/05/2020	PORTO ALEGRE	18	141,7	00:07
20/05/2020	PORTO ALEGRE	20	114,48	00:08
20/05/2020	PORTO ALEGRE	7	31,5	00:05
20/05/2020	PORTO ALEGRE	8	44,56	00:05
20/05/2020	PORTO ALEGRE	1	5,28	00:04
Total		266	2580,05	01:57

Fonte: (Autor).

Na Tabela 22, a rota simulada é referente ao percurso de 1 roteiro/dia, com o ponto de origem no centro de distribuição de Canoas e com destino aos pontos de entrega no município de São Leopoldo. A quilometragem projetada totalizou em 52 km, para realizar a distribuição em 13 pontos de paradas, em uma jornada de trabalho de 06 horas e 37 minutos.

Tabela 22 - Rota do Caminhão Elétrico - Centro de Distribuição Canoas.

Data Saída	Cidade	Volume	Peso	Tempo de Atendimento
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	100	1289,6	00:24
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	8	96,17	00:05
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	41	435,04	00:12
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	8	65,1	00:05
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	5	64,5	00:05
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	7	90,3	00:05
21/05/2020	SÃO LEOPOLDO	14	105,02	00:06
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	9	55,2	00:05
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	26	209	00:09
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	49	390,5	00:13
21/05/2020	SAO LEOPOLDO	2	60,4	00:04
21/05/2020	SÃO LEOPOLDO	18	232,2	00:07
21/05/2020	SÃO LEOPOLDO	4	68,9	00:04
Total		291	3161,9	01:50

Fonte: (Autor).

Por meio das Tabelas 19, 20, 21 e 22, pode-se observar o perfil do caminhão elétrico para o transporte das mercadorias, o qual apresentou bom desempenho para

a distribuição de mercadorias em regiões urbanas. Os testes foram realizados em regiões próximas das unidades da empresa, com uma quilometragem menor, justamente para atender a autonomia da bateria.

6.2.1.2 Zona de abrangência

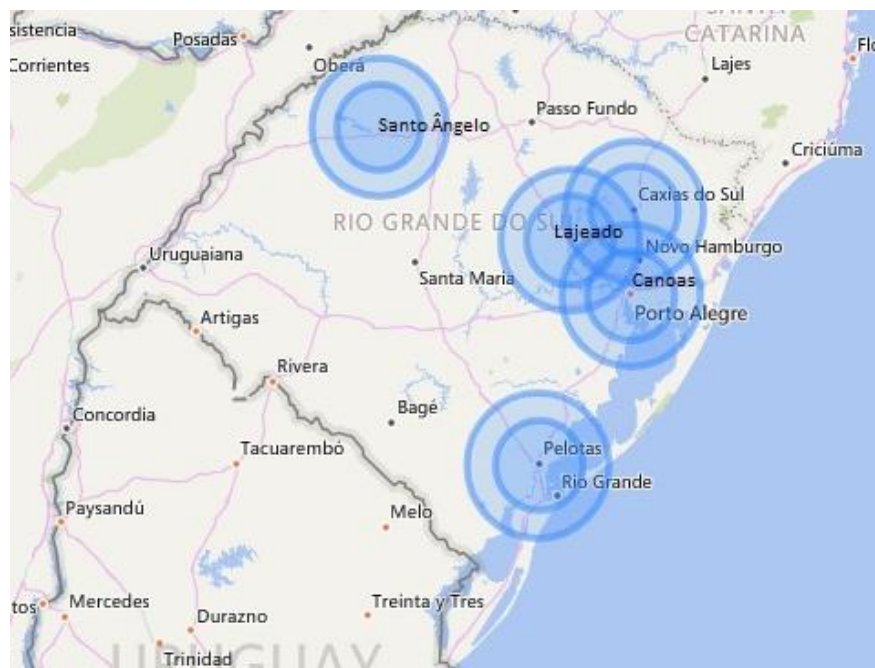
A partir dos casos analisados, foi possível desenvolver um mapa delimitando zonas de riscos. O mapa é composto em dois círculos azuis com raios diferentes, localizados a partir das unidades da empresa, conforme ilustrado na Figura 18.

Para o raio menor é delimitado uma medida de 50km, representando uma zona de segurança, pois na área definida é possível realizar o trajeto com a autonomia do caminhão, sem necessitar de uma projeção de paradas para recarga e ainda possibilita atribuir 2 rotas durante a jornada de trabalho. Já, para o raio maior delimitado em 70 km, representa uma zona de alerta, pois é possível realizar o atendimento de rotas com o caminhão elétrico nessa região, porém os funcionários responsáveis pela roteirização devem trabalhar com atenção na logística de pontos de paradas, carga transportada e o percurso total planejado, levando em consideração a discrepância existente ao executar a rota, para evitar que o caminhão fique sem bateria durante o percurso.

Para a região externa dos círculos delimitados, apenas é possível viabilizar o percurso se durante o trajeto apresentar pontos de recargas rápidas, assim, aumentando a região de abrangência para o transporte de carga com caminhões elétricos. Visando se adequar a essa nova logística, busca-se acrescentar esse tempo de parada de recarga ao trajeto, possibilitando o atendimento total da distribuição da mercadoria e o retorno do caminhão para a empresa durante a jornada diária de trabalho.

As paradas para recargas em postos de recargas rápidas instalados na rodovia vêm para viabilizar a tecnologia de caminhões elétricos leves e caminhões elétricos pesados, ou seja, modelos de caminhões que suportam transportar uma maior quantidade de carga para distribuir em regiões mais afastadas das unidades.

Figura 18 - Zona de abrangência do caminhão elétrico.



Fonte: (Autor).

6.3 GERENCIAMENTO DE FROTAS - ANÁLISE DE DESPESAS COM ABASTECIMENTO

Com o intuito de desenvolver uma avaliação de despesas com combustíveis na frota de caminhões responsável por realizar a distribuição dos produtos, instigou-se o processo de levantamento de gastos registrados na empresa. Inicialmente, a Tabela 23, apresenta a despesa total, divididas em dois grupos, devido à diferença de número de frotas ativas. A primeira foi obtida durante o decorrer do ano de 2019, composto por 64 caminhões; e a segunda é referente ao período de janeiro a maio de 2020 com 61 caminhões.

Tabela 23 - Despesas totais no período delimitado.

CONTROLE	Total - 2019	Total - 2020
	Período: Anual	Período: janeiro a maio
Abastecimento (R\$)	R\$ 1.547.621,05	R\$ 546.659,00
Consumo LTS	430.571	158.594
Total - km rodado	1.618.983	616.067
Preço Médio (R\$)	R\$ 3,47	R\$ 3,25
Custo por km (R\$)	R\$ 0,96	R\$ 0,89
Média de Consumo (km/l)	3,76	3,89
Frota Ativa (Un.)	64	61

Fonte: (Autor).

6.3.1 Despesas com combustíveis em 2019

A despesa com combustível para o ano de 2019, refere-se ao período de 12 meses. Para fazer uma análise detalhada, a Tabela 24 e Tabela 25, demonstram o comportamento da quilometragem percorrida, o valor total mensal com abastecimento, a média do valor pago ao combustível e o número de caminhões ativos que estava em operação durante cada mês.

Tabela 24 - Despesas de janeiro a junho de 2019.

CONTROLE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Abastecimento (R\$)	149.463,49	127.006,07	123.869,03	116.389,09	119.422,35	105.459,50
Consumo (l)	43.957	36.659	34.298	32.047	32.251	29.714
Total - km rodado	167.035	137.471	127.590	121.778	120.941	109.943
Preço Médio (R\$)	3,29	3,34	3,48	3,48	3,57	3,42
Custo por km (R\$)	0,89	0,92	0,97	0,96	0,99	0,96
Média de Consumo (km/L)	3,8	3,75	3,72	3,80	3,75	3,70
Frota Ativa (Un.)	64	63	62	62	61	61

Fonte: (Autor).

Tabela 25 - Despesas de julho a dezembro de 2019.

CONTROLE	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Abastecimento (R\$)	128.707,84	121.979,32	123.320,41	152.652,73	132.060,29	147.290,93
Consumo (l)	36.616	35.487	33.738	41.079	35.736	38.989
Total - km rodado	139.141	134.140	126.179	153.637	132.580	148.548
Preço Médio (R\$)	3,34	3,36	3,51	3,60	3,57	3,62
Custo por km (R\$)	0,93	0,91	0,98	0,99	1,00	0,99
Média de Consumo (km/L)	3,80	3,78	3,74	3,74	3,71	3,81
Frota Ativa (Un.)	61	61	61	61	61	61

Fonte: (Autor).

Constata-se que no período de outubro até janeiro, tem um custo maior em abastecimento na frota de caminhões, proporcional ao aumento de demanda de produtos para a entrega. E, no decorrer do primeiro semestre, a frota ativa reduziu a quantidade de 64 caminhões para 61 caminhões em operação.

A partir disso, buscou-se realizar individualmente uma análise da economia gerada no abastecimento dos veículos, e por meio deste, desenvolver um comparativo

de custos por quilômetro rodado através da substituição da frota. Foram elencados os caminhões da frota própria da empresa encarregado pela distribuição de mercadorias aos clientes e escolhido o caminhão elétrico com características similares disponível no mercado. Ressalta-se que os dados dos caminhões a combustão utilizados são decorrentes dos valores coletados na empresa no ano de 2019.

6.3.1.1 Matriz em Lajeado

Na Matriz a frota em operação é composta de 15 caminhões abastecidos com diesel, totalizando 476.750 km percorridos. Assim, desenvolve-se o comparativo de custo anual do modelo a combustão com o modelo elétrico, conforme a Tabela 26.

Tabela 26 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

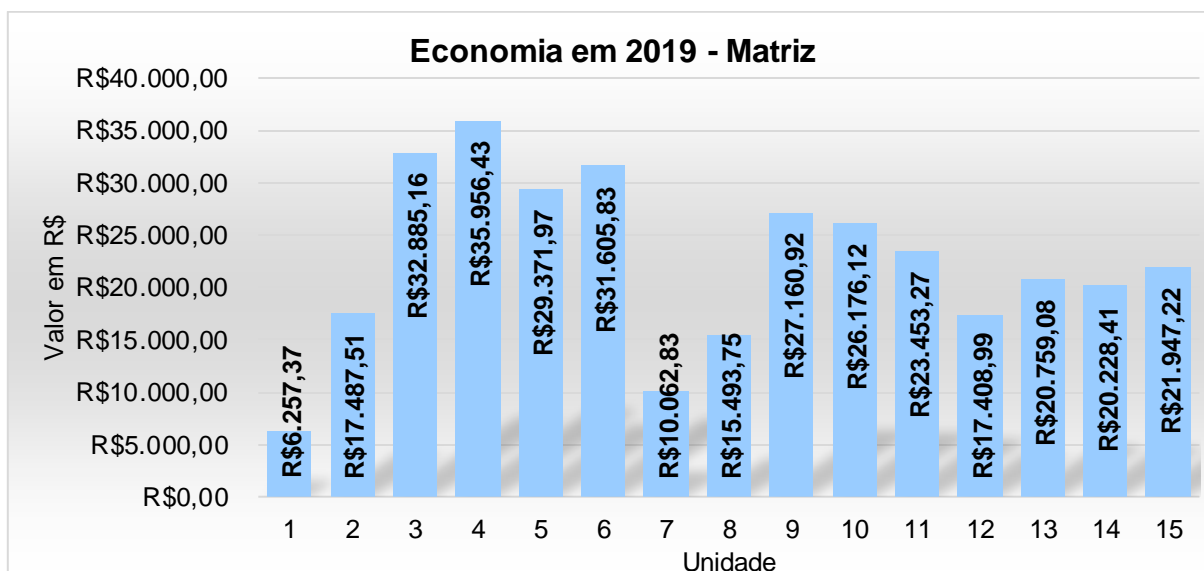
Dados Caminhão		Modelo Combustão			Modelo Elétrico	
Un	Região	Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo
		Anual - 2019	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
1	Matriz	7908	R\$ 7.759,89	3,43	R\$ 1.502,52	2,06
2	Matriz	27122	R\$ 22.640,69	4,1	R\$ 5.153,18	2,06
3	Matriz	44719	R\$ 41.381,77	3,7	R\$ 8.496,61	2,06
4	Matriz	45279	R\$ 44.559,44	3,44	R\$ 8.603,01	2,06
5	Matriz	33463	R\$ 35.729,94	3,2	R\$ 6.357,97	2,06
6	Matriz	39287	R\$ 39.070,36	3,46	R\$ 7.464,53	2,06
7	Matriz	17925	R\$ 13.468,58	4,52	R\$ 3.405,75	2,06
8	Matriz	29409	R\$ 21.081,46	4,83	R\$ 5.587,71	2,06
9	Matriz	34294	R\$ 33.676,78	3,54	R\$ 6.515,86	2,06
10	Matriz	33569	R\$ 32.554,23	3,55	R\$ 6.378,11	2,06
11	Matriz	33013	R\$ 29.725,74	3,82	R\$ 6.272,47	2,06
12	Matriz	38527	R\$ 24.729,12	5,37	R\$ 7.320,13	2,06
13	Matriz	24743	R\$ 25.460,25	3,4	R\$ 4.701,17	2,06
14	Matriz	21092	R\$ 24.235,89	3,05	R\$ 4.007,48	2,06
15	Matriz	46400	R\$ 30.763,22	5,14	R\$ 8.816,00	2,06
	Total	476750	R\$ 426.837,36	3,9	R\$ 90.582,50	2,06

Fonte: (Autor).

Neste comparativo foi considerado o custo médio do kWh de R\$0,39, de acordo com a fatura de energia elétrica com classificação de cliente livre. E, considerado que a matriz possui estrutura para atender as recargas dos caminhões, sem ultrapassar o

limite da demanda contratada de energia. Posteriormente, conforme a Figura 19, é possível verificar a projeção da economia obtida anualmente no abastecimento de cada veículo.

Figura 19 – Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.1.2 Centro de distribuição de Santo Ângelo

No centro de distribuição de Santo Ângelo a frota em operação é composta de 2 caminhões, totalizando 43.241 km percorridos. Assim na Tabela 27, demonstra-se o comparativo de custo anual para cada veículo.

Tabela 27 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

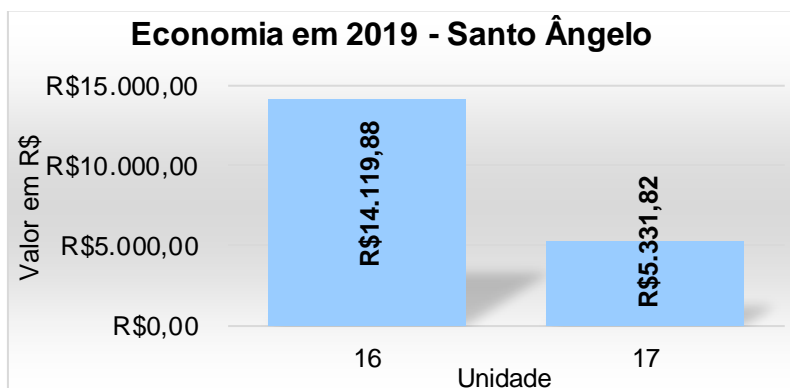
Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico		
Un	Região	Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo
		Anual - 2019	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
16	S. A.	24057	R\$ 24.464,39	3,43	R\$ 10.344,51	2,06
17	S. A.	19184	R\$ 13.580,94	4,9	R\$ 8.249,12	2,06
	Total	43241	R\$ 38.045,33	4,17	R\$ 18.593,63	2,06

Fonte: (Autor).

Nesta situação foi o custo médio do kWh de R\$0,88, de acordo com a fatura de energia elétrica com modalidade tarifária do grupo B e classificação convencional. De

acordo com a Figura 20, é possível verificar a projeção da economia obtida anualmente no abastecimento de cada veículo.

Figura 20 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.1.3 Centro de distribuição de Pelotas

No centro de distribuição de Pelotas a frota é composta de 6 caminhões, totalizando 198.801 km percorridos. Assim na Tabela 28, demonstra-se o comparativo de custo anual individual.

Tabela 28 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

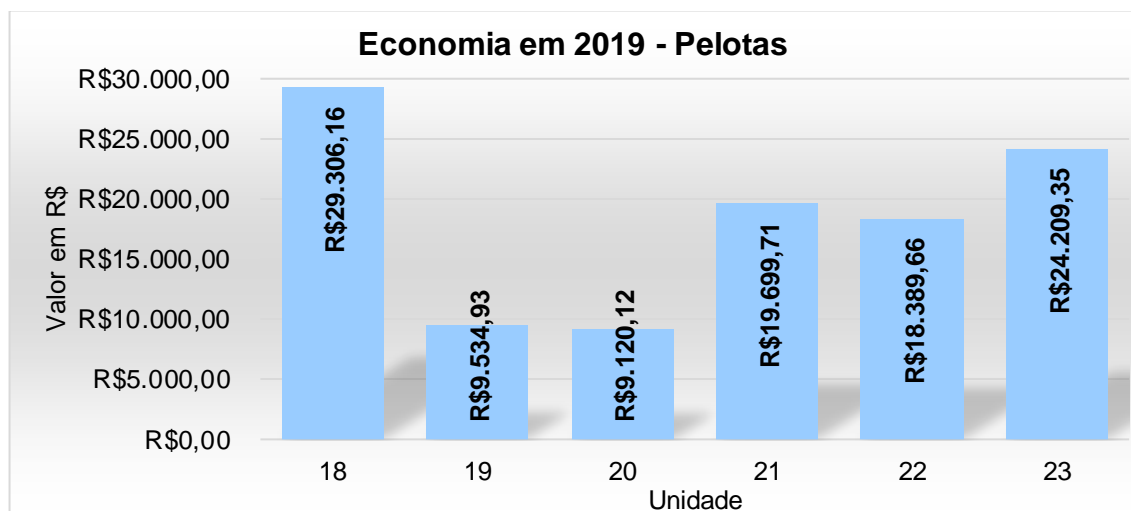
Um	Região	Dados Caminhão	Modelo Combustão		Modelo Elétrico	
		Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo
		Anual - 2019	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
18	Pelotas	42858	R\$ 43.877,88	3,34	R\$ 14.571,72	2,06
19	Pelotas	22235	R\$ 17.094,83	4,47	R\$ 7.559,90	2,06
20	Pelotas	19470	R\$ 15.739,92	4,23	R\$ 6.619,80	2,06
21	Pelotas	43260	R\$ 34.408,11	4,45	R\$ 14.708,40	2,06
22	Pelotas	33669	R\$ 29.837,12	4	R\$ 11.447,46	2,06
23	Pelotas	37309	R\$ 36.894,41	3,57	R\$ 12.685,06	2,06
	Total	198801	R\$ 177.852,27	4,01	R\$ 67.592,34	2,06

Fonte: (Autor).

Neste caso foi considerado o custo médio do kWh de R\$0,70, conforme a fatura de energia elétrica com modalidade tarifaria do grupo A. Considera-se que a unidade possui estrutura para atender as recargas, sem ultrapassar o limite atual da demanda

contratada. Assim, conforme a Figura 21, verifica-se a projeção resultante da economia obtida no abastecimento de cada veículo.

Figura 21 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.1.4 Centro de distribuição de Caxias do Sul

No centro de distribuição de Caxias do Sul, a frota é composta de 10 caminhões abastecidos com diesel, totalizando 207.373 km percorridos. Assim, desenvolve-se o comparativo de custo individual anual, conforme a Tabela 29.

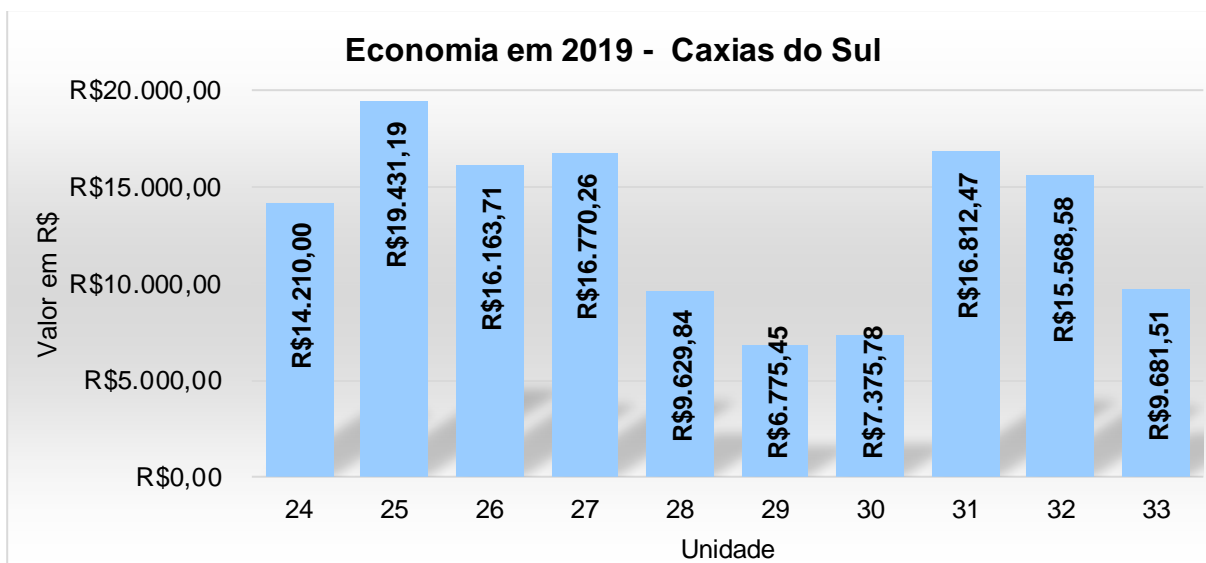
Tabela 29 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

Un	Região	Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico	
		Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo	
		Anual - 2019	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh	
24	Caxias do Sul	15315	R\$ 20.642,30	2,53	R\$ 6.432,30	2,06	
25	Caxias do Sul	23724	R\$ 29.395,27	2,76	R\$ 9.964,08	2,06	
26	Caxias do Sul	22013	R\$ 25.409,17	2,96	R\$ 9.245,46	2,06	
27	Caxias do Sul	25329	R\$ 27.408,44	3,19	R\$ 10.638,18	2,06	
28	Caxias do Sul	13836	R\$ 15.440,96	3,24	R\$ 5.811,12	2,06	
29	Caxias do Sul	19174	R\$ 14.828,53	4,44	R\$ 8.053,08	2,06	
30	Caxias do Sul	19485	R\$ 15.559,48	4,31	R\$ 8.183,70	2,06	
31	Caxias do Sul	23552	R\$ 26.704,31	2,99	R\$ 9.891,84	2,06	
32	Caxias do Sul	25019	R\$ 26.076,56	3,44	R\$ 10.507,98	2,06	
33	Caxias do Sul	19926	R\$ 18.050,43	3,95	R\$ 8.368,92	2,06	
	Total	207373	R\$ 219.515,45	3,381	R\$ 87.096,66	2,06	

Fonte: (Autor).

Para a unidade de Caxias do Sul, foi considerado o custo médio do kWh de R\$0,87, conforme a fatura de energia elétrica com modalidade tarifária do grupo B, com classificação convencional. Possibilitando analisar a economia gerada anualmente no abastecimento de cada veículo na Figura 22.

Figura 22 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.1.5 Centro de distribuição de Canoas

No centro de distribuição de Canoas a frota é composta de 31 caminhões abastecidos com diesel, totalizando 692.818 km percorridos. Assim, desenvolve-se o comparativo de custo anual de cada caminhão, conforme a Tabela 30.

Tabela 30 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

(continua)

Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico		
Un	Região	Total km Rodado Anual - 2019	Abastecimento km Rodado DIESEL - R\$	Média de Consumo km/L	Recargas km Rodado Eletricidade - R\$	Média de Consumo km/kWh
34	Canoas	31945	R\$ 32.061,64	3,4	R\$ 8.305,70	2,06
35	Canoas	18332	R\$ 22.975,03	2,71	R\$ 4.766,32	2,06
36	Canoas	18953	R\$ 23.203,00	2,73	R\$ 4.927,78	2,06
37	Canoas	23643	R\$ 27.702,25	2,92	R\$ 6.147,18	2,06
38	Canoas	28232	R\$ 33.297,99	2,83	R\$ 7.340,32	2,06

Tabela 30 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

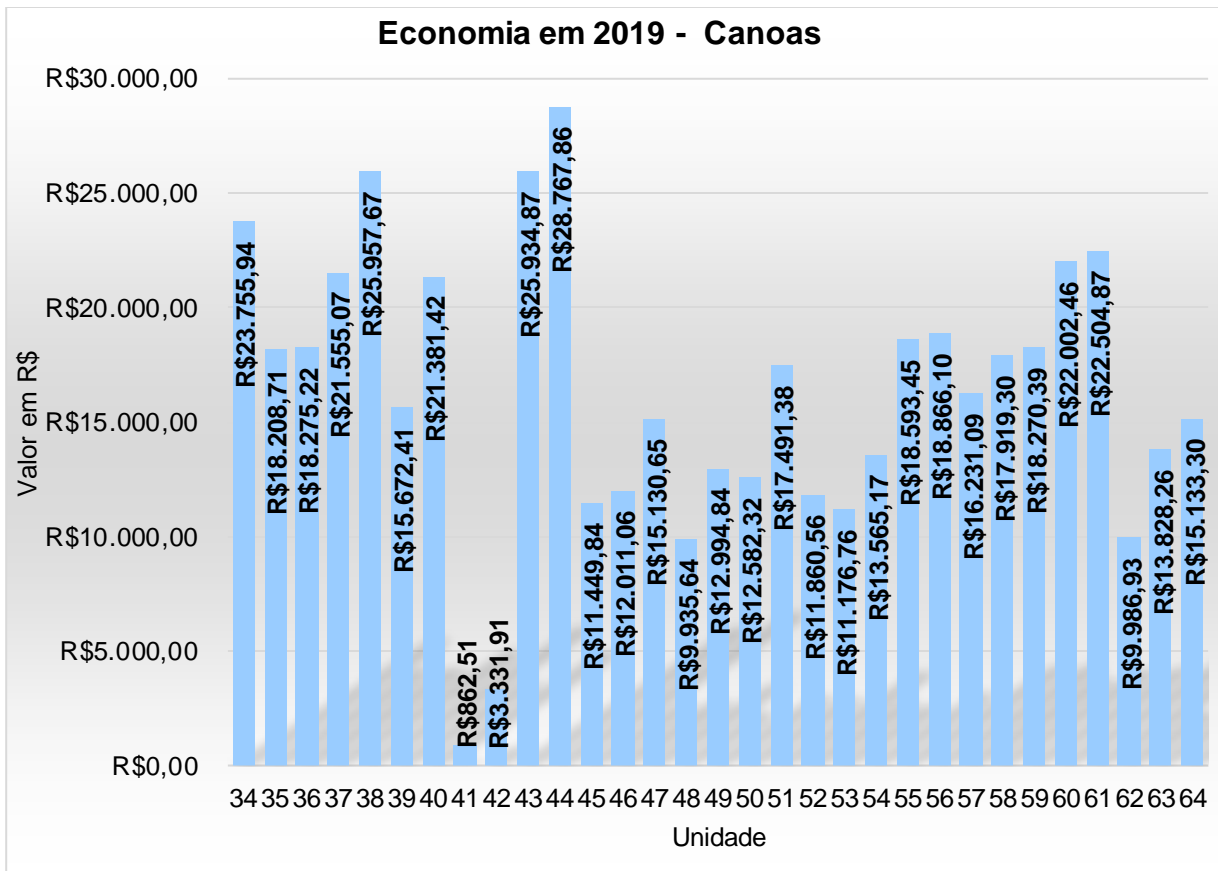
(conclusão)

Un	Região	Dados Caminhão	Modelo Combustão		Modelo Elétrico	
		Total km Rodado	Abastecimento	Média de Consumo	Recargas	Média de Consumo
		Anual - 2019	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
39	Canoas	25275	R\$ 22.243,91	3,92	R\$ 6.571,50	2,06
40	Canoas	22346	R\$ 27.191,38	2,79	R\$ 5.809,96	2,06
41	Canoas	1076	R\$ 1.142,27	3,1	R\$ 279,76	2,06
42	Canoas	3995	R\$ 4.370,61	3,01	R\$ 1.038,70	2,06
43	Canoas	30042	R\$ 33.745,79	3,05	R\$ 7.810,92	2,06
44	Canoas	32987	R\$ 37.344,48	3	R\$ 8.576,62	2,06
45	Canoas	20389	R\$ 16.750,98	4,27	R\$ 5.301,14	2,06
46	Canoas	18310	R\$ 16.771,66	3,82	R\$ 4.760,60	2,06
47	Canoas	29423	R\$ 22.780,63	4,53	R\$ 7.649,98	2,06
48	Canoas	19701	R\$ 15.057,90	4,6	R\$ 5.122,26	2,06
49	Canoas	23369	R\$ 19.070,78	4,31	R\$ 6.075,94	2,06
50	Canoas	21069	R\$ 18.060,26	4,1	R\$ 5.477,94	2,06
51	Canoas	25845	R\$ 24.211,08	3,77	R\$ 6.719,70	2,06
52	Canoas	17303	R\$ 16.359,34	3,75	R\$ 4.498,78	2,06
53	Canoas	18558	R\$ 16.001,84	4,06	R\$ 4.825,08	2,06
54	Canoas	25726	R\$ 20.253,93	4,46	R\$ 6.688,76	2,06
55	Canoas	31207	R\$ 26.707,27	4,31	R\$ 8.113,82	2,06
56	Canoas	23254	R\$ 24.912,14	3,27	R\$ 6.046,04	2,06
57	Canoas	19693	R\$ 21.351,27	3,23	R\$ 5.120,18	2,06
58	Canoas	21810	R\$ 23.589,90	3,27	R\$ 5.670,60	2,06
59	Canoas	24520	R\$ 24.645,59	3,49	R\$ 6.375,20	2,06
60	Canoas	25392	R\$ 28.604,38	3,12	R\$ 6.601,92	2,06
61	Canoas	24615	R\$ 28.904,77	2,93	R\$ 6.399,90	2,06
62	Canoas	18499	R\$ 14.796,67	4,38	R\$ 4.809,74	2,06
63	Canoas	21276	R\$ 19.360,02	3,85	R\$ 5.531,76	2,06
64	Canoas	26033	R\$ 21.901,88	4,24	R\$ 6.768,58	2,06
	Total	692818	R\$ 685.370,64	3,59	R\$ 180.132,68	2,06

Fonte: (Autor).

Esse comparativo conta com a maior concentração da frota da empresa, e para essa situação, foi considerado o valor do custo médio do kWh de R\$0,53, conforme a fatura de energia com classificação tarifa verde cliente livre-A4. Além disso, considera-se que a empresa possui estrutura para atender as recargas, sem ultrapassar o limite da demanda contratada de energia. Na Figura 23, é apresentada a economia individual resultante para cada veículo.

Figura 23 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.

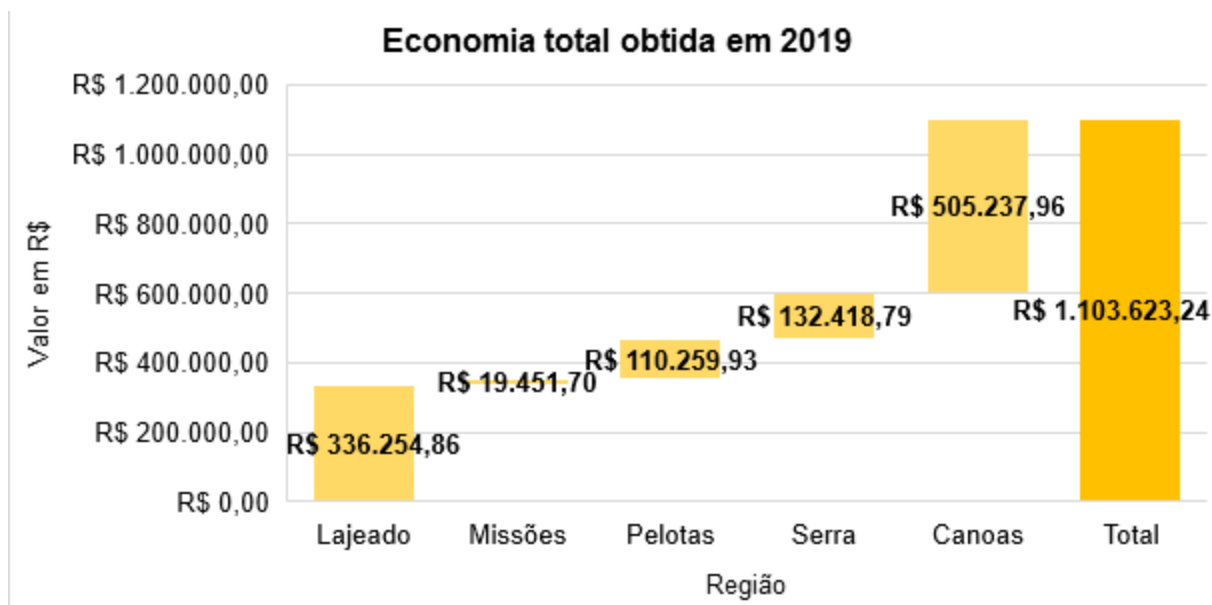


Fonte: (Autor).

6.3.1.6 Economia gerada em 2019

Após desenvolver uma análise detalhada comparando os custos de abastecimento entre o diesel e energia elétrica, percebe-se que há ganhos financeiros na substituição da frota. Assim, mediante ao resultado da economia individual obtida por veículo, foi possível obter a economia total gerada no decorrer do ano com o abastecimento da frota, conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24 - Economia anual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

Com a avaliação da frota da empresa para o período do ano de 2019, foi possível identificar uma economia anual de R\$ 1.103.623,24, resultando em uma economia equivalente a 71,31% do valor gasto anteriormente com combustíveis.

6.3.2 Despesas com combustíveis em 2020

Devido à redução da frota em operação no ano de 2020, optou-se por realizar o estudo de despesa com combustível correspondente a 5 meses, do período de janeiro a maio de 2020. Assim, a Tabela 31 apresenta o comportamento da quilometragem percorrida, o valor total mensal com abastecimento, a média do valor pago ao combustível e o número de caminhões ativos em operação para cada mês.

Tabela 31 - Despesa de janeiro a maio de 2020.

CONTROLE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
Abastecimento (R\$)	151.945,02	114.644,94	124.133,29	80.470,68	75.465,07
Consumo LTS	39.920	31.522	35.630	25.468	26.055
Total - km rodado	155.288	120.729	136.819	101.618	101.613
Preço Médio (R\$)	3,68	3,50	3,32	3,02	2,75
Custo por km (R\$)	0,98	0,95	0,91	0,79	0,74
Média de Consumo (km/L)	3,89	3,83	3,84	3,99	3,90
Frotas Ativas (Un.)	61	61	61	57	61

Fonte: (Autor).

Constata-se que no período de janeiro até março, tem um custo maior em abastecimento na frota de caminhões, proporcional ao aumento de demanda de produtos para a entrega. Posteriormente, se tem uma redução devido ao impacto da pandemia no setor de bebidas.

Ressalta-se que se utilizou o mesmo processo aplicado anteriormente para avaliar a despesas com consumo de combustível e a economia resultante em abastecimento dos veículos. Os dados dos caminhões utilizados na análise de cada situação são decorrentes dos valores registrado na empresa no período delimitado.

6.3.2.1 Matriz em Lajeado

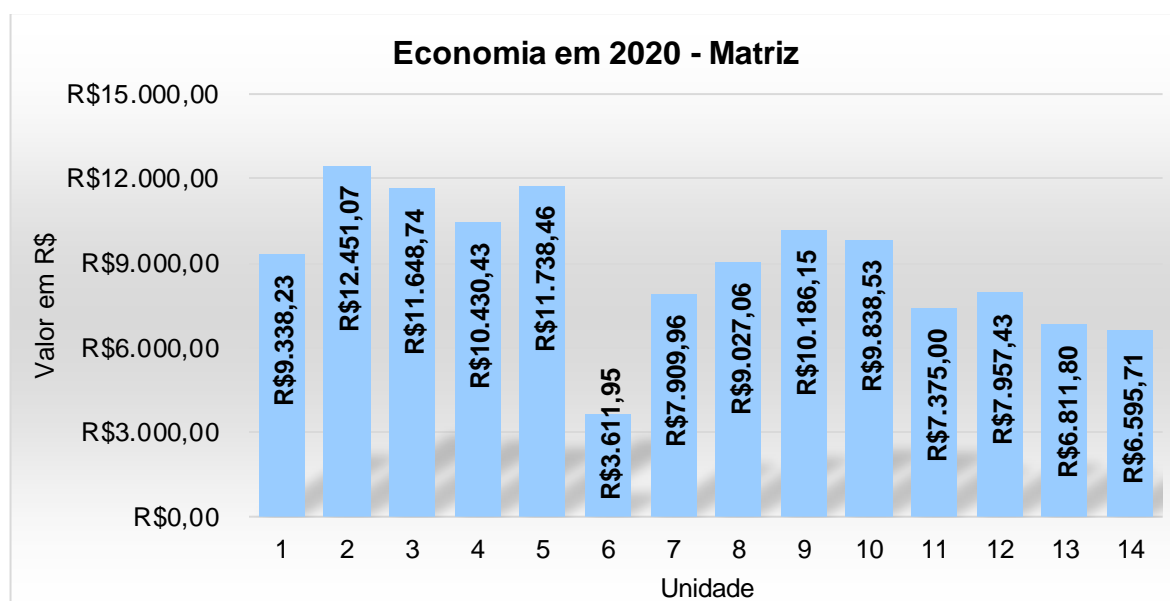
Na Matriz a frota em operação é composta de 14 caminhões, totalizando 194.570 km percorridos. Conforme a Tabela 32, é desenvolvido o comparativo de despesas entre a frota de caminhões a diesel e elétricos. Para as despesas de recargas com o modelo elétrico, é considerado o valor do custo médio do kWh de R\$0,39, e considerando que a matriz possui estrutura para atender as recargas dos caminhões. Gerando uma economia individual demonstrada na Figura 25.

Tabela 32 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

Dados Caminhão		Modelo Combustão			Modelo Elétrico	
Un	Região	Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo
		Jan - maio	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
1	Matriz	15971	R\$ 12.372,72	4,15	R\$ 3.034,49	2,06
2	Matriz	18309	R\$ 15.929,78	3,7	R\$ 3.478,71	2,06
3	Matriz	16159	R\$ 14.718,95	3,5	R\$ 3.070,21	2,06
4	Matriz	13523	R\$ 12.999,80	3,37	R\$ 2.569,37	2,06
5	Matriz	15265	R\$ 14.638,81	3,45	R\$ 2.900,35	2,06
6	Matriz	6134	R\$ 4.777,41	4,06	R\$ 1.165,46	2,06
7	Matriz	17950	R\$ 11.320,46	5,15	R\$ 3.410,50	2,06
8	Matriz	12016	R\$ 11.310,10	3,51	R\$ 2.283,04	2,06
9	Matriz	13786	R\$ 12.805,49	3,6	R\$ 2.619,34	2,06
10	Matriz	14393	R\$ 12.573,20	3,71	R\$ 2.734,67	2,06
11	Matriz	17933	R\$ 10.782,27	5,38	R\$ 3.407,27	2,06
12	Matriz	10167	R\$ 9.889,16	3,44	R\$ 1.931,73	2,06
13	Matriz	7649	R\$ 8.265,11	3,06	R\$ 1.453,31	2,06
14	Matriz	15315	R\$ 9.505,56	5,2	R\$ 2.909,85	2,06
	Total	194570	R\$ 161.888,82	3,95	R\$ 36.968,30	2,06

Fonte: (Autor).

Figura 25 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.2.2 Centro de distribuição de Santo Ângelo

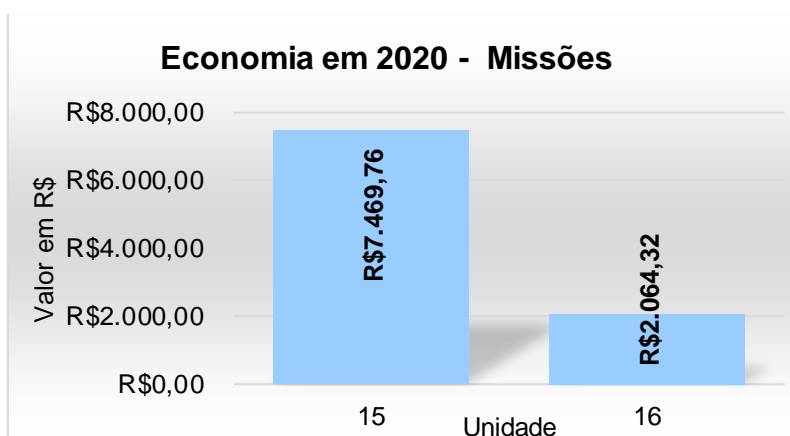
No centro de distribuição em Santo Ângelo, a frota em operação é composta por 2 caminhões, que conforme a Tabela 33, demonstra o comparativo de custo para cada veículo, totalizando em 20.242 km percorridos. Para os cálculos de despesas com recargas, é considerado o valor do custo médio do kWh de R\$0,88. Assim, resultando na Figura 26, a projeção da economia obtida no abastecimento de cada veículo.

Tabela 33 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico		
Un	Região	Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo
		Jan - maio	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
15	S. A.	12356	R\$ 12.782,84	3,3	R\$ 5.313,08	2,06
16	S. A.	7886	R\$ 5.455,30	5,08	R\$ 3.390,98	2,06
	Total	20242	R\$ 18.238,14	4,19	R\$ 8.704,06	2,06

Fonte: (Autor).

Figura 26 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.2.3 Centro de distribuição de Pelotas

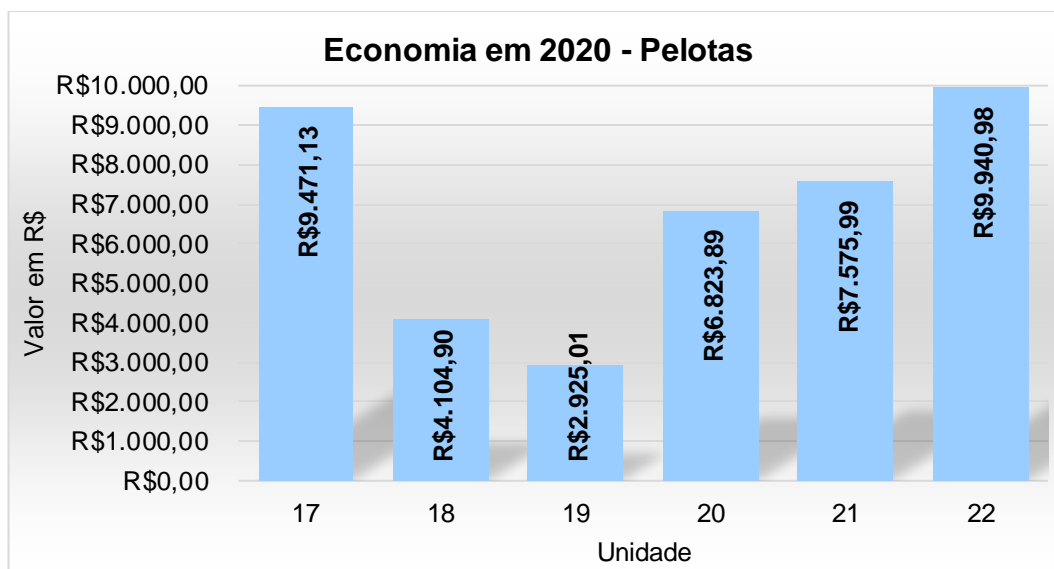
No centro de distribuição em Pelotas, a frota é composta de 6 caminhões, que conforme a Tabela 34, apresenta o comparativo de custo dos caminhões, totalizando em 80.104 km percorridos. Neste caso, o valor utilizado do custo médio do kWh é de R\$0,70, considerando que a unidade possui estrutura para atender as recargas. Assim, na Figura 27, é possível verificar a projeção resultante da economia obtida no abastecimento de cada veículo.

Tabela 34 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

Un	Região	Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico	
		Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo	
		Jan - maio	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh	
17	Pelotas	14575	R\$ 14.426,63	3,33	R\$ 4.955,50	2,06	
18	Pelotas	10898	R\$ 7.810,22	4,53	R\$ 3.705,32	2,06	
19	Pelotas	6693	R\$ 5.200,63	4,17	R\$ 2.275,62	2,06	
20	Pelotas	16771	R\$ 12.526,03	4,48	R\$ 5.702,14	2,06	
21	Pelotas	14549	R\$ 12.522,65	3,91	R\$ 4.946,66	2,06	
22	Pelotas	16618	R\$ 15.591,10	3,57	R\$ 5.650,12	2,06	
	Total	80104	R\$ 68.077,26	4	R\$ 27.235,36	2,06	

Fonte: (Autor).

Figura 27 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.2.4 Centro de distribuição de Caxias do Sul

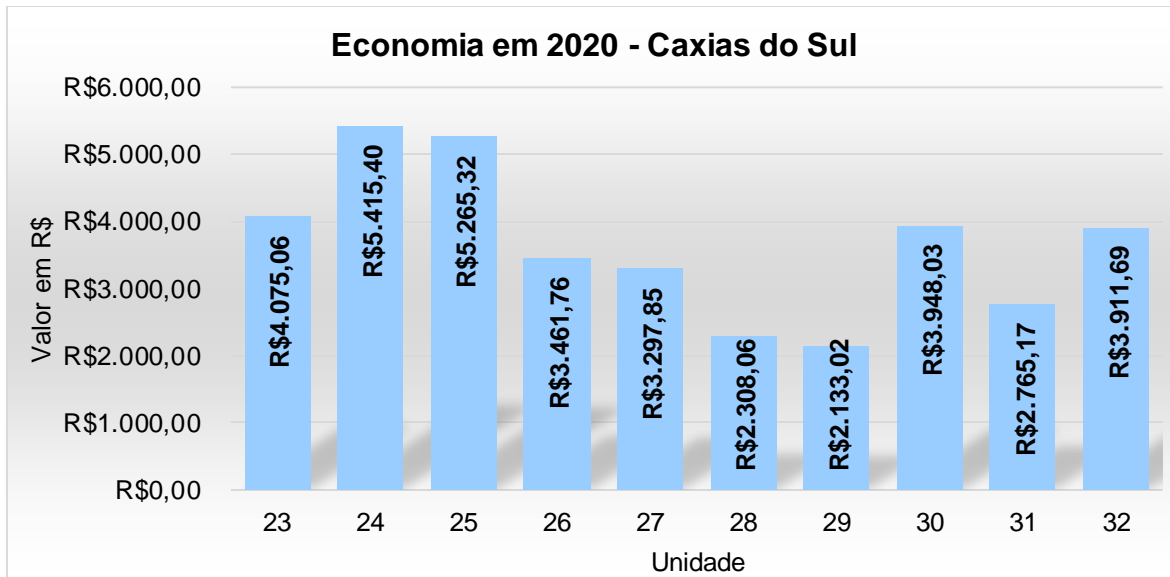
No centro de distribuição em Caxias do Sul, a frota é composta de 10 caminhões, totalizando em 64.838 km percorridos, que compõe o comparativo da Tabela 35. Considerado a despesa com recargas o valor do custo médio do kWh de R\$0,87. Assim, na Figura 28 é demonstrado a economia gerada com abastecimento dos caminhões.

Tabela 35 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

Un	Região	Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico	
		Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo	
		Jan - maio	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh	
23	Caxias do Sul	4760	R\$ 6.074,26	2,6	R\$ 1.999,20	2,06	
24	Caxias do Sul	6882	R\$ 8.305,84	2,71	R\$ 2.890,44	2,06	
25	Caxias do Sul	7357	R\$ 8.355,26	2,82	R\$ 3.089,94	2,06	
26	Caxias do Sul	4985	R\$ 5.555,46	2,9	R\$ 2.093,70	2,06	
27	Caxias do Sul	5799	R\$ 5.733,43	3,31	R\$ 2.435,58	2,06	
28	Caxias do Sul	7165	R\$ 5.317,36	4,47	R\$ 3.009,30	2,06	
29	Caxias do Sul	6777	R\$ 4.979,36	4,46	R\$ 2.846,34	2,06	
30	Caxias do Sul	6230	R\$ 6.564,63	3,23	R\$ 2.616,60	2,06	
31	Caxias do Sul	5220	R\$ 4.957,57	3,8	R\$ 2.192,40	2,06	
32	Caxias do Sul	9663	R\$ 7.970,15	3,97	R\$ 4.058,46	2,06	
	Total	64838	R\$ 63.813,32	3,427	R\$ 27.231,96	2,06	

Fonte: (Autor).

Figura 28 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.3.2.5 Centro de distribuição de Canoas

O centro de distribuição em Canoas conta com a maior concentração da frota, que corresponde a 29 caminhões abastecidos com diesel, totalizando 257.611 km percorridos, conforme a Tabela 36. Para as despesas com recargas dos modelos elétricos, atribui-se o valor do custo médio do kWh de R\$0,53, e considera-se que a empresa possui estrutura para atender as recargas. Assim, através da Figura 29, apresenta-se a economia individual gerada no abastecimento dos veículos.

Tabela 36 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

(continua)

Dados Caminhão		Modelo Combustão			Modelo Elétrico	
Un	Região	Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo
		Jan - maio	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh
33	Canoas	12404	R\$ 12.164,34	3,3	R\$ 3.225,04	2,06
34	Canoas	8199	R\$ 8.802,69	3	R\$ 2.131,74	2,06
35	Canoas	7752	R\$ 8.812,30	2,87	R\$ 2.015,52	2,06
36	Canoas	8954	R\$ 9.074,11	3,28	R\$ 2.328,04	2,06
37	Canoas	8670	R\$ 10.064,69	2,9	R\$ 2.254,20	2,06
38	Canoas	9074	R\$ 7.154,50	4,05	R\$ 2.359,24	2,06
39	Canoas	9298	R\$ 10.548,17	2,86	R\$ 2.417,48	2,06
40	Canoas	9890	R\$ 10.130,09	3,26	R\$ 2.571,40	2,06

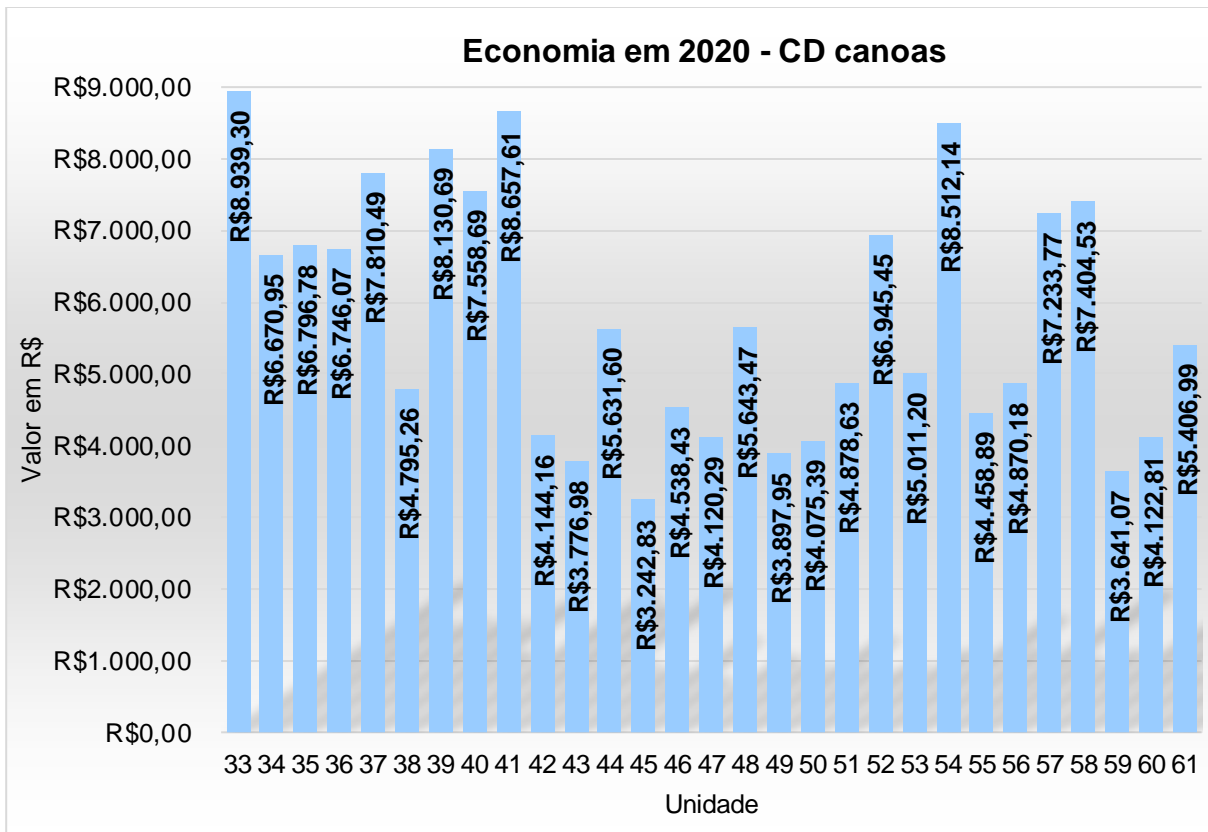
Tabela 36 - Comparativo de custo entre VEs e Diesel.

(conclusão)

Un	Região	Dados Caminhão		Modelo Combustão		Modelo Elétrico	
		Total km Rodado	Abastecimento km Rodado	Média de Consumo	Recargas km Rodado	Média de Consumo	
		Jan - maio	DIESEL - R\$	km/L	Eletricidade - R\$	km/kWh	
41	Canoas	12508	R\$ 11.909,69	3,42	R\$ 3.252,08	2,06	
42	Canoas	7817	R\$ 6.176,58	4,24	R\$ 2.032,42	2,06	
43	Canoas	7148	R\$ 5.635,46	4,26	R\$ 1.858,48	2,06	
44	Canoas	11694	R\$ 8.672,04	4,52	R\$ 3.040,44	2,06	
45	Canoas	7634	R\$ 5.227,67	4,78	R\$ 1.984,84	2,06	
46	Canoas	9627	R\$ 7.041,45	4,61	R\$ 2.503,02	2,06	
47	Canoas	7628	R\$ 6.103,57	4,17	R\$ 1.983,28	2,06	
48	Canoas	9772	R\$ 8.184,19	3,93	R\$ 2.540,72	2,06	
49	Canoas	7577	R\$ 5.867,97	4,27	R\$ 1.970,02	2,06	
50	Canoas	8072	R\$ 6.174,11	4,36	R\$ 2.098,72	2,06	
51	Canoas	9804	R\$ 7.427,67	4,38	R\$ 2.549,04	2,06	
52	Canoas	10183	R\$ 9.593,03	3,54	R\$ 2.647,58	2,06	
53	Canoas	6886	R\$ 6.801,56	3,57	R\$ 1.790,36	2,06	
54	Canoas	11052	R\$ 11.385,66	3,22	R\$ 2.873,52	2,06	
55	Canoas	5637	R\$ 5.924,51	3,28	R\$ 1.465,62	2,06	
56	Canoas	6762	R\$ 6.628,30	3,54	R\$ 1.758,12	2,06	
57	Canoas	8485	R\$ 9.439,87	2,97	R\$ 2.206,10	2,06	
58	Canoas	8339	R\$ 9.572,67	2,74	R\$ 2.168,14	2,06	
59	Canoas	7450	R\$ 5.578,07	4,43	R\$ 1.937,00	2,06	
60	Canoas	7576	R\$ 6.092,57	4,18	R\$ 1.969,76	2,06	
61	Canoas	11719	R\$ 8.453,93	4,87	R\$ 3.046,94	2,06	
	Total	257611	R\$ 234.641,46	3,75	R\$ 66.978,86	2,06	

Fonte: (Autor).

Figura 29 - Economia individual gerada no abastecimento dos veículos.

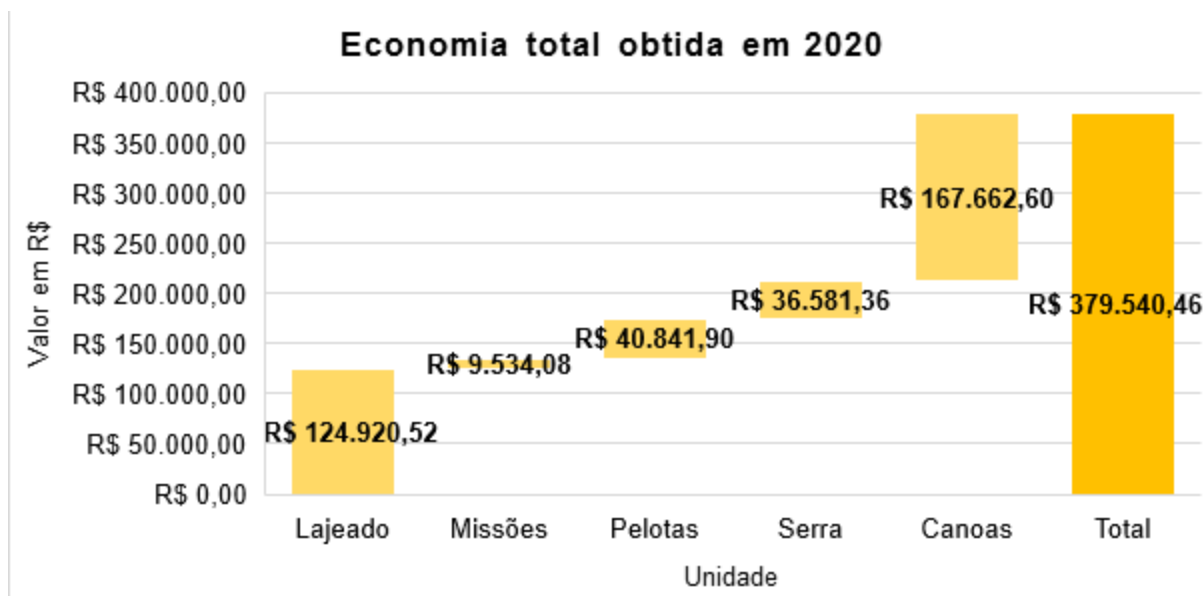


Fonte: (Autor).

6.3.2.6 Economia gerada em 2020

Por meio do resultado da economia individual obtida por veículo, foi possível obter a economia total gerada no decorrer do ano com o abastecimento da frota, conforme Figura 30. Concluindo que com a avaliação da frota da empresa para o período de 5 meses do ano de 2020, foi possível constatar uma economia de R\$ 379.540,46, resultando em uma economia equivalente a 69,43% do valor gasto anteriormente com combustíveis.

Figura 30 - Economia total gerada no abastecimento dos veículos.



Fonte: (Autor).

6.4 GERENCIAMENTO DE FROTAS – ANÁLISE DE DESPESAS COM MANUTENÇÕES

Além de gerar economia com abastecimento, o modelo do caminhão JAC Motors iEV1200T, possui um custo de manutenção menor que os caminhões convencionais a diesel, devido a inexistência de alguns componentes nos modelos elétricos (JAC MOTORS, 2020).

Para desenvolver a avaliação de despesas com manutenção na frota ativa de caminhões, realizou-se o levantamento dos custos registrado pela empresa, para o ano de 2019 e para o período de janeiro a maio de 2020. Assim, para se obter a economia final resultante da Tabela 37, foram considerados os custos com Arla 32, câmbio, radiador, filtro de ar, filtro de óleo, filtro de combustível, correias, bico injetor e bomba de injeção inexistentes no caminhão elétrico.

Tabela 37 - Despesas com manutenções.

Despesas com Manutenções - 2019	
R\$ 467.738,53	Manutenções em geral
Despesas com Manutenções - 2020	
R\$ 142.513,37	Manutenções em geral
R\$ 610.251,90	Total de Despesas

Fonte: (Autor).

6.5 Custo de mitigação

Conforme proposto na metodologia 3.2.2, é desenvolvido o cálculo do CoM, através da Equação 4, medido em R\$ por massa de CO₂. O índice refere-se as emissões de carbono ao substituir caminhões a diesel por caminhões elétricos. Observa-se que a aplicação do método de cálculo de mitigação de emissão é referente ao tanque à roda do veículo.

Inicialmente, foram mensuradas as variáveis utilizadas no cálculo, considerado a intensidade de emissão de carbono para eletricidade de 0,2 kg CO₂ / kWh (BERHORST, 2018) e para cada 1 litro (L) de diesel se emite em média de 2,603 kg de CO₂ (MMA, 2013). Então, para um caminhão a diesel para uma autonomia de 200 km e uma eficiência média de 3,8 km/L, necessita aproximadamente 53 L de diesel, resultando em uma emissão média de 137,96 kg de CO₂ por caminhão. Porém, para a empresa que possui uma frota de 61 caminhões, resulta em 8.415,56 kg de CO₂.

A aplicação da equação é efetuada em cada unidade da empresa, por apresentar diferentes tarifas de energia elétrica, resultando em uma variação nos resultados do CoM, conforme demonstrado na Tabela 38.

Tabela 38 - Custo de Mitigação.

Região	Bateria KWh	Custo R\$	Custo de Mitigação R\$. kgCO₂
Santo Ângelo	97	R\$ 0,43	- 0,84
Caxias do Sul	97	R\$ 0,42	- 0,85
Pelotas	97	R\$ 0,34	- 0,99
Canoas	97	R\$ 0,26	- 1,13
Lajeado	97	R\$ 0,19	- 1,24

Fonte: (Autor).

Observa-se que os resultados auferidos no CoM são negativos, média de -1 R\$/kgCO₂, ou seja, ao invés de um custo, resulta em uma economia. Ao abastecer um caminhão elétrico economiza-se, em média, R\$ 1 para cada kg de CO₂ evitado na atmosfera.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

No decorrer do capítulo foram apresentados os dados levantados dos caminhões que contemplam a frota atualmente, juntamente com as despesas de combustíveis e manutenção no decorrer do ano de 2019 e de janeiro a maio de 2020.

Comparando os custos de abastecimento entre óleo diesel e energia elétrica, percebe-se que existem ganhos financeiros na substituição da frota. Apenas no período avaliado, obteve-se uma economia total de R\$ 1.483.163,70 com abastecimento. Para o período de 2019 alcançou uma economia de 71,31% e para os 5 meses de 2020 resultou na economia de 69,43% do valor gasto com combustíveis, demonstrando um resultado aproximado entre as situações expostas. Além disso, apresentou uma economia significativa em despesas com manutenções, referente a alguns itens inexistentes nos modelos elétricos, totalizando em R\$ 610.251,90. Conclui-se que mediante ao estudo de viabilidade realizado, obteve-se o resultado positivo para sua aplicação, gerando uma economia total de R\$ 2.093.415,60.

Além disso, conforme análise do CoM das emissões de carbono, constata-se que é possível deixar de emitir gases do efeito estufa com a substituição proposta e ainda economizar dinheiro simultaneamente para descarbonizar a matriz energética.

Referente ao estudo feito com o caminhão elétrico em operação e modelo proposto para substituição, pode-se avaliar que apresentou um bom desempenho para a distribuição de cargas em regiões urbanas, além de atender as restrições de circulação e fácil manuseio para estacionamento devido ao tamanho do modelo. Porém, com execução de rotas limitadas para regiões próximas das unidades, justamente para atender a autonomia da bateria.

Com isso, apenas é possível viabilizar o percurso de trajetos maiores se proporcionar pontos de recargas rápida instalados em rodovias, assim, aumentando a região de abrangência para transporte de carga com os caminhões elétricos. E, principalmente, os postos de recargas rápidas vêm para viabilizar a tecnologia de caminhões elétricos que suportam transportar uma maior quantidade de carga para distribuir em regiões mais afastadas das unidades.

7 ANÁLISE DE RESULTADOS E PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Neste capítulo apresentam-se duas propostas de substituição de uma frota de caminhões, com a finalidade de avaliar o impacto da demanda de energia elétrica ao realizar recargas simultâneas de uma frota elétrica.

Além disso, visa-se avaliar as tarifas de energia de cada unidade consumidora, com o intuito de demonstrar os valores gastos para recarregar os veículos, nas diferentes modalidades tarifárias. E, ao final, são apresentados os resultados obtidos, por meio da aplicação do método de múltiplos critérios AHP, para tomar decisões de forma objetiva na escolha por caminhões elétricos ou caminhões a diesel disponíveis no mercado, fundamentado nas avaliações de especialistas mediante ao comparativo das alternativas definidas.

7.1 PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DE FROTA

Com a finalidade de avaliar os impactos na empresa ao receber uma frota de caminhões elétricos, buscou-se apresentar duas propostas de substituição de frota. A primeira situação é baseada na quantidade disponível de caminhões atualmente em operação, conforme Tabela 39. Nessa situação é proposta uma substituição do caminhão a diesel pelo modelo da JAC Motors iEV1200T com capacidade de carga de 3,50 toneladas, por ser um modelo acessível para compra no mercado brasileiro e apresentou bom desempenho para a circulação no transporte de carga na região urbana.

Tabela 39 - Proposta de substituição de frota pela quantidade.

Região	Frota Atual a Diesel	Frota Elétrica
Matriz	14	14
Santo Ângelo	2	2
Pelotas	6	6
Caxias do Sul	10	10
Canoas	29	29
Total	61	61

Fonte: (Autor).

A segunda situação baseia-se na capacidade de carga disponível atualmente e o comportamento da programação de roteiros durante a jornada de trabalho, atribuindo a dinâmica de realizar 2 roteiros/dia. Assim, a Tabela 40 demonstra a alternativa para atender uma maior demanda de carga.

Tabela 40 - Proposta de substituição de frota pela quantidade de rotas/dia.

Região	Quantidade total	1 rota/dia	2 rotas/dia	Carga Prevista
Matriz	18	9	9	94500
Santo Ângelo	3	2	1	14000
Pelotas	7	4	3	35000
Caxias do Sul	12	6	6	63000
Canoas	35	17	18	185500
Total	75	38	37	392000

Fonte: (Autor).

Na primeira situação a frota tem 61 caminhões, já na segunda situação a frota tem um aumento de 14 caminhões. Com isso, conclui-se que, através dos dois casos analisados, trabalhar com a proposta de substituição de frota pela quantidade acaba reduzindo a capacidade de carga para transporte, pelo fato da empresa possuir caminhões com maiores capacidades. Porém, trabalhar com a proposta de aproximadamente 50% da frota realizar 2 rotas/dia é a alternativa viável para atender uma maior demanda, no entanto altera a logística utilizada atualmente.

7.2 RECARGAS DA FROTA DE CAMINHÕES ELÉTRICOS

A inserção de uma frota de caminhões elétricos impacta na demanda de energia da empresa, com isso, buscou-se realizar uma análise desse impacto e verificar a possibilidade de recargas simultâneas. Também foram analisados os gastos com recargas em cada localidade, pois apresentam custos de energia e modalidades tarifárias diferentes, conforme demonstrado na Tabela 41.

Tabela 41 - Custo da Energia.

Ambiente de Contratação Regulada (ACR)		
Grupo B		
Santo Ângelo	Custo kWh	R\$ 0,88
Caxias do Sul	Custo kWh	R\$ 0,87
Grupo A		
Pelotas	Custo kWh ponta	R\$ 2,32
Pelotas	Custo kWh fora ponta	R\$ 0,50
Ambiente de Contratação Livre (ACL)		
Cliente Livre		
Lajeado	Custo kWh ponta	R\$ 0,39
Lajeado	Custo kWh fora ponta	R\$ 0,39
Canoas	Custo kWh ponta	R\$ 1,05
Canoas	Custo kWh fora ponta	R\$ 0,45

Fonte: (Autor).

7.2.1 Centro de distribuição de Santo Ângelo

O centro de distribuição de Santo Ângelo pertence ao Grupo B, com a modalidade tarifaria convencional B3 industrial, e ligação trifásica 220/127 V. Com isso, para a análise de despesas com recargas é apenas considerado o custo da energia em kWh com os impostos atribuídos, para recargas noturnas e simultâneas, no período das 18h até as 07h.

Assim, para um caminhão com 200 km de autonomia, com uma bateria de 97 kWh e com o custo médio de energia em kWh de R\$ 0,88, gasta-se aproximadamente por recarga R\$ 85,36. Para os 2 caminhões da proposta inicial, o custo das 2 recargas diárias é de aproximadamente R\$ 170,72. Considerando 21 dias de recargas ao mês as despesas resultariam em R\$ 3.585,12.

Considerando a entrada de energia em baixa tensão, é possível atender o carregamento simultâneo dos 2 caminhões propostos na Tabela 39, com carregadores com potência de 7,4 kW. Conforme o GED 13 (2020), para essa ligação aplica-se uma carga instalada de até 75kW. Porém é importante analisar a carga instalada do local mais a potência dos carregadores antes da ligação, pois pode ser preciso realizar a adequação da medição de entrada de energia para atender uma demanda maior do que a comportada na ligação atual.

7.2.2 Centro de distribuição de Caxias do Sul

O centro de distribuição de Caxias do Sul pertence ao Grupo B, com a modalidade tarifária convencional B3 comercial, com ligação trifásica 220/127 V. Com isso, para a análise de despesas com recargas é apenas considerado o custo da energia em kWh com os impostos atribuídos para recargas noturnas e simultâneas, no período das 18h até as 07h.

Para um caminhão com 200 km de autonomia, com uma bateria de 97 kWh e com o custo médio de energia em kWh de R\$ 0,87, gasta-se aproximadamente por recarga R\$ 84,39. Para os 10 caminhões proposto, o custo das 10 recargas diárias é de aproximadamente R\$ 843,90. Considerando 21 dias de recargas ao mês as despesas resultariam em R\$ 17.721,90.

Entretanto, na entrada de energia em baixa tensão não é possível atender o carregamento simultâneo dos 10 caminhões propostos na Tabela 39. Conforme o GED 13 (2020), para essa ligação aplica-se uma carga instalada de até 75kW, e apenas com a ligação dos 10 carregadores a potência total é de 74 kW, e somado com a carga instalada no local ultrapassa o limite estabelecido.

Com isso, é importante analisar a carga instalada do local e verificar a quantidade máxima de carregadores possíveis para a instalação, além de ser preciso realizar a adequação da medição de entrada de energia para atender uma demanda maior da comportada na ligação atual.

Uma vez que a capacidade da instalação elétrica não permite atender a totalidade da frota, a solução é transferir parte desses caminhões para as outras unidades. Conforme o mapa da Figura 18, é viável transferir os veículos para a matriz em Lajeado e para o centro de distribuição de Canoas, pois através das zonas delimitadas a autonomia do caminhão abrange uma parte razoável dos municípios que antes eram atendidos pelo centro de distribuição de Caxias do Sul.

7.2.3 Centro de distribuição de Pelotas

O centro de distribuição de Pelotas pertence ao Grupo A, com a modalidade tarifária horária verde, com tensão contratada de 13,8 kV, subgrupo de tensão A4 e com demanda contratada de 55 kW. Com isso, para a análise de despesas com recargas é considerado o custo da energia em kWh com os impostos atribuídos para

ponta e fora ponta e a demanda contratada, para recargas noturnas e simultâneas, no período das 18h até as 07h.

A proposta de substituição é composta para 6 caminhões elétricos, com 200 km de autonomia, com uma bateria de 97 kWh e com o custo médio de energia em kWh em ponta de R\$ 2,32 e fora ponta de R\$ 0,50. Gasta-se aproximadamente por recarga R\$ 89,22, e para os caminhões proposto, o custo das 6 recargas diárias é de aproximadamente R\$ 535,32. Considerando 21 dias de recargas durante o mês, as despesas resultariam em R\$ 11.241,72. Além disso, considerando o valor médio da demanda (kW) cobrado pela concessionária de R\$ 28,91, resultando em um gasto de R\$ 1.283,60 referente a demanda de potência ativa disponibilizada pela distribuidora para a carga de 44,4 kW.

Para cada caminhão proposto é necessário um carregador com carga lenta de 7,4 kW, resultado em uma potência total de 44,4 kW. Porém conforme o histórico do consumo, a empresa registra em média uma demanda máxima de 40 kW. Com isso, para o atendimento de recargas simultâneas é necessário adequar o contrato de demanda para que a empresa passe a ter condições de atender essa nova carga, pois conta com um transformador trifásico a óleo mineral, da marca ZAGO, com potência de 150 kVA o qual opera com folga.

7.2.4 Centro de distribuição de Canoas

O centro de distribuição de Canoas pertence ao grupo de cliente livre, com a modalidade tarifária horária verde - subgrupo A4 comercial, com tensão contratada de 23,1 kV, e com demanda contratada única de 140 kW. Com isso, para a análise de despesas com recargas é considerado o custo da energia em kWh atribuídos do mercado livre e encargos da concessionária de energia para ponta e fora ponta, e a demanda contratada, para recargas noturnas e simultâneas, no período das 18h até as 07h.

A frota de caminhões elétricos deverá ser composta de 29 caminhões, conforme a proposta da Tabela 39, com 200 km de autonomia e bateria de 97 kWh. Assim, sendo necessário para realizar as recargas um carregador de carga lenta com potência de 7,4 kW para cada caminhão, totalizando em uma potência de 214,6 kW.

Com isso, busca-se analisar o consumo de energia e verificar os registros da demanda de energia durante o mês de março de 2020, para o horário delimitado de recargas, de acordo com a Tabela 42.

Tabela 42 - Consumo de energia e demanda.

Período	Energia
18h às 21h	4.986,00
21:05h às 00h	5.439,00
00:05h às 07h	11.349,00
Total (kWh)	21.774,00 kWh
Período	Demanda
18h às 21h	92
21:05h às 00h	80
00:05h às 07h	84
Maior Registro (kW)	92 kW

Fonte: (Autor).

Com uma demanda contratada única de 140 kW, o maior registro no decorrer do mês foi de 92 kW, verifica-se que o contrato não atende à nova demanda de carga dos carregadores de 214,6 kW. Porém, para realizar as recargas simultâneas de todos os caminhões propostos, é necessário apenas que o contrato de demanda seja alterado, sem alteração na subestação, pois o centro de distribuição conta com a instalação de um transformador trifásico resinado com potência de 500 kVA, com capacidade para atender a nova carga prevista.

Para realizar os cálculos das despesas mensais com recargas, foi considerado o cenário do acréscimo da demanda de 214,6 kW. Considerando o custo do kWh e o custo da demanda de energia, para recargas simultâneas de 29 caminhões, em 21 dias mensais de recargas. No Quadro 4, são apresentadas a despesa total obtida.

Quadro 4 - Despesas com recargas.

DESPESAS COM RECARGAS	
Pot. Sist. Recarga (kW)	214,6
kW USD Único (c/desconto)	R\$ 10,41105800
Custo - Demanda	R\$ 2.234,21
Energia	
Dias de Recarga por mês (média)	21
Energia consumida Ponta(kWh) mês	13519,8
Energia consumida Fora Ponta(kWh) mês	45066

(continua)

Quadro 4 - Despesas com recargas.

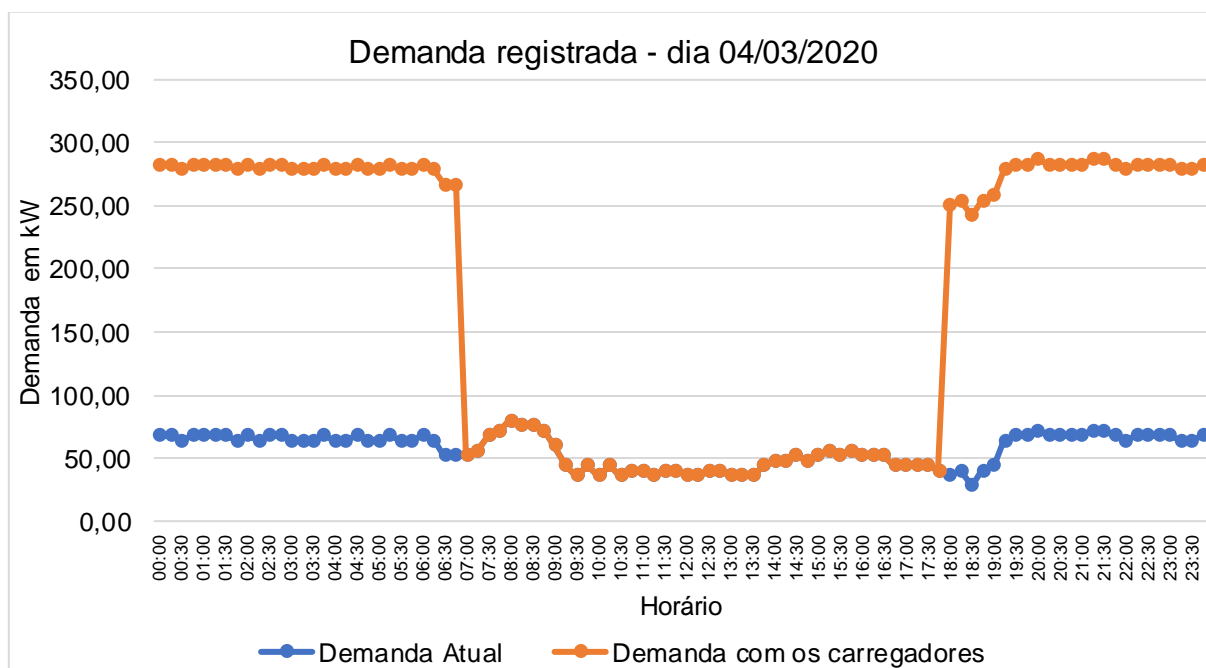
(conclusão)

DESPESAS COM RECARGAS	
Energia	
TUSD kWh Ponta + TE (ACL)	R\$ 1,05
TUSD kWh F Ponta + TE (ACL)	R\$ 0,45
Custo Ponta - Energia	R\$ 14.199,92
Custo Fora Ponta - Energia	R\$ 20.435,06
	R\$ 34.634,98
Total para 29 recargas	R\$ 36.869,19

Fonte: (Autor).

Assim, foi desenvolvido a simulação do comportamento da demanda de energia em kW no período de um dia, considerando a demanda atual registrada no decorrer de cada hora e a nova demanda com as cargas dos carregadores, resultando na curva de demanda da Figura 31.

Figura 31 - Demanda de Energia em Canoas.



Fonte: (Autor).

7.2.5 Matriz de Lajeado

A matriz de Lajeado pertence ao grupo de cliente livre, com a modalidade tarifária horária azul, subgrupo A4 industrial, com tensão contratada de 13,8 kV, com demanda contratada em ponta de 2.000 kW e fora ponta de 2.600 kW. Com isso, para

a análise de despesas com recargas é considerado o custo da energia em kWh referente ao mercado livre e encargos da concessionária de energia, e a demanda contratada em ponta e fora ponta, para recargas noturnas e simultâneas, no período das 18h até as 07h.

Conforme a proposta da Tabela 39, propõe-se uma substituição de 14 caminhões elétricos, com 200 km de autonomia, bateria de 97 kWh. Sendo necessário um carregador com carga lenta com potência de 7,4 kW para cada caminhão, totalizando em 103,6 kW.

Assim, procura-se analisar o consumo de energia e verificar os registros demanda durante o mês de março de 2020, para o horário estabelecido de recargas, segundo a Tabela 43.

Tabela 43 - Consumo de energia e demanda.

Período	Energia
18h às 21h	113.078,00
21:05h às 00h	112.454,00
00:05h às 07h	270.257,00
Total (kWh)	495.789,00 kWh
Período	Demanda
18h às 21h	1.872
21:05h às 00h	1.760
00:05h às 07h	2.100
Maior Registro (kW)	2.100 kW

Fonte: (Autor).

Com uma demanda contratada em ponta 2.000 kW e fora ponta 2.600 kW, o maior registro no decorrer do mês foi em ponta de 1.872 kW e fora ponta de 2.100 kW, verifica-se que o contrato de demanda em ponta fica no limite com a nova demanda de carga dos carregadores. Porém para realizar as recargas simultâneas da frota de caminhões sugere-se ajustar o contrato de demanda para evitar ultrapassagem, pois a matriz possui capacidade para atender a nova carga prevista, com potência em transformador de 4 MVA.

Deste modo, para realizar os cálculos das despesas mensais com recargas, foi considerado o cenário com o acréscimo da demanda de 103,6 kW para ponta e fora ponta. Considerando o custo do kWh e o custo da demanda de energia para recargas

simultâneas de 14 caminhões, para 21 dias de recargas no decorrer do mês. No Quadro 5, demonstra-se o valor total obtido.

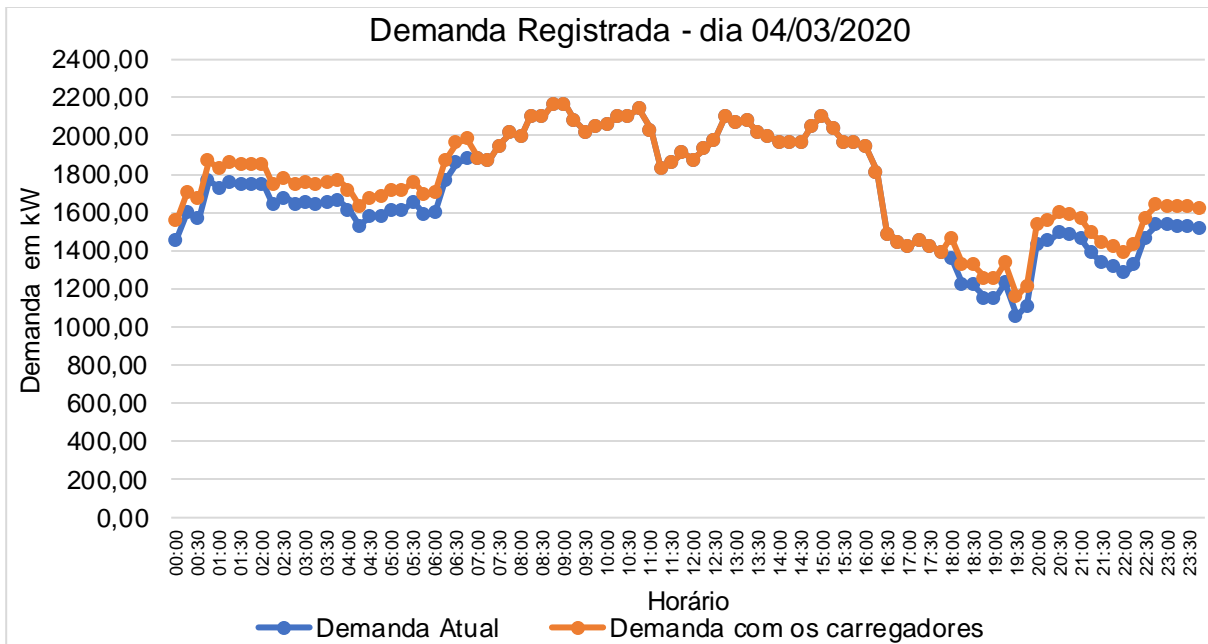
Quadro 5 - Despesas mensais para recarga.

DESPESAS COM RECARGAS	
Pot. Sist. Recarga (kW)	103,6
kW USD Ponta (c/desconto)	R\$ 15,55528500
kW USD F Ponta (c/desconto)	R\$ 10,41105800
Custo Ponta - Demanda	R\$ 1.611,53
Custo Fora Ponta - Demanda	R\$ 1.078,59
	R\$ 2.690,11
Energia	
Dias de Recarga por mês (média)	21
Energia consumida Ponta (kWh) mês	6526,8
Energia consumida Fora Ponta (kWh) mês	21756
TUSD kWh Ponta + TE (ACL)	R\$ 0,39
TUSD kWh F Ponta + TE (ACL)	R\$ 0,39
Custo Ponta - Energia	R\$ 2.515,98
Custo Fora Ponta - Energia	R\$ 8.386,62
	R\$ 10.902,60
Total para 14 recargas	R\$ 13.592,71

Fonte: (Autor).

Assim, foi feita a simulação do comportamento da demanda de energia em kW, registrada no período de um dia. Considerou-se a demanda atual da empresa e nova demanda com as cargas dos carregadores para as 13 horas de recarga da frota de caminhões elétricos, resultando na curva de demanda de energia da Figura 32.

Figura 32 - Demanda de Energia em Lajeado.



Fonte: (Autor).

7.3 MÉTODO AHP

Nesse item serão demonstrados os resultados obtidos, por meio do desenvolvimento da aplicação do método de tomada de decisão de análise de multicritério – AHP. Com o objetivo de comparar o caminhão a diesel pelo caminhão elétrico, através da análise de especialistas referente aos parâmetros de abastecimento, tempo de parada, meio ambiente e autonomia.

Primeiramente, os especialistas que contribuiram para o desenvolvimento do estudo preencheram uma ficha de avaliação, detalhada no Anexo B. Com base nas decisões resultantes do comparativo, foi construída a matriz resultante, conforme apresentada no Quadro 6. As alternativas da coluna podem ser comparadas com as alternativas das linhas e os pesos atribuídos a cada comparação são baseados na escala de Saaty, demonstrada no Quadro 2.

Quadro 6 - Matriz de avaliação das alternativas.

	Abastecimento	Tempo de Parada	Meio Ambiente	Autonomia
Abastecimento	1	3	5	3
Tempo de Parada	1/3	1	5	3
Meio Ambiente	1/5	1/5	1	1/3
Autonomia	1/3	1/3	3	1

Fonte: (Autor).

Posteriormente, é realizada a divisão de cada elemento pela soma total da coluna, formando uma matriz normalizada. Efetuado o cálculo do valor médio de cada linha da matriz normalizada, obtém-se o peso das alternativas, resultando nos valores do Quadro 7.

Quadro 7 - Pesos resultante das alternativas.

Pesos das alternativas	
P1	0,49
P2	0,29
P3	0,07
P4	0,15

Fonte: (Autor).

Em seguida, é desenvolvido o índice de consistência (IC), conforme a Equação 2, detalhada no item 2.2.3. O valor de λ_{max} corresponde ao maior autovalor da matriz de julgamento.

Considerou-se o valor tabelado do índice aleatório de consistência (IR) em 0,89 por apresentar 4 alternativas. E, assim, pode-se realizar a razão de consistência (RC), conforme a Equação 3, detalhada no item 2.2.3.

No Quadro 8, estão detalhados os cálculos realizados, demonstrando a consistência dos julgamentos, pelo valor de RC ser inferior ao valor de 0,10.

Quadro 8 - Desenvolvimento das equações.

Equacionamento	Desenvolvimento	Resultado
$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$	$IC = \frac{4,26 - 4}{4 - 1}$	0,08
IR	Valor tabelado	0,89
$RC = \frac{IC}{IR}$	$RC = \frac{0,08}{0,89}$	0,09

Fonte: (Autor).

Por fim, através do Quadro 9, pode-se observar os valores de importância resultante após a aplicação do método.

Quadro 9 - Matriz de decisão do método AHP.

MATRIZ DE DECISÃO					
	Abastecimento	Tempo de Parada	Meio Ambiente	Autonomia	Resultado
DIESEL	26,15%	83,33%	25,00%	75,00%	49,98%
ELÉTRICO	73,85%	16,67%	75,00%	25,00%	50,02%

Fonte: (Autor).

Conclui-se que os caminhões elétricos mesmo com uma autonomia menor aos modelos tradicionais e com maior tempo de parada para recargas para longos trajetos, estão concorrendo para substituir os modelos de caminhões a diesel, devido a viabilidade com a economia em abastecimento e contribuições ao meio ambiente.

Ressalta-se que apesar das características demonstradas no decorrer do estudo, a porcentagem de aderência dos caminhões elétricos ainda resultou em um valor baixo, isso ocorre pela falta de estações de recargas rápidas instaladas nas rodovias do estado. Outro fator que impactou nas análises é a falta de conhecimento de algumas avaliações de especialistas da área de produção sobre as vantagens da aplicação de VEs referente a economia em abastecimento durante a operação.

E, por fim, os resultados podem ser ainda mais atrativos caso se componha uma substituição parcial dos caminhões a diesel por caminhões elétricos.

7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Nesse capítulo foram apresentadas duas propostas de substituição de frota, porém foi definida para o desenvolvimento do estudo a proposta de 61 caminhões elétricos, do modelo da JAC Motors iEV1200T com capacidade de carga de 3,50 toneladas.

Assim, foi verificado o ambiente de contratação e as modalidades tarifárias de cada unidade consumidora, apresentando um comparativo do custo de energia para cada situação. Com destaque para consumidor livre, por resultar em um custo de tarifa menor que as demais analisadas.

Posteriormente, foi demonstrado os impactos na demanda de energia em cada unidade, mediante a realização de recargas simultânea dos caminhões. Resultando em situações como a unidade de Caxias do Sul que necessitou reduzir sua frota para não alterar a estrutura elétrica da empresa. E, também, situações em que apenas com alteração do contrato de demanda, já possibilitou atender a nova demanda de carga.

E, ao final, por meio da aplicação do método de múltiplos critérios AHP, conclui-se que os caminhões elétricos mesmo com algumas desvantagens em relação aos critérios analisados, estão concorrendo para substituir os modelos tradicionais para a operação das atividades de distribuição de cargas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma metodologia para avaliar a inserção de caminhões elétricos leves no transporte de carga de bebidas no Rio Grande do Sul, visando analisar aspectos, quanto a questão da redução do consumo de diesel, impacto ambiental, contratação tarifária e da locação de pontos de recargas que vão impactar nos investimentos de adequação da rede de energia. Buscou-se levantar elementos para uma análise ampla, com o intuito de demonstrar os benefícios no que tange à substituição de caminhões a diesel por caminhões elétricos para a entrega de produtos. Com isso, foi possível realizar as avaliações referente ao desempenho da mobilidade em relação aos padrões de viagem, carga transportada e quilometragem diária percorrida.

As análises desenvolvidas sobre as rotas percorridas por caminhões a diesel, referem-se às variáveis de tempo de entrega, pontos de paradas, capacidade de carga e quilometragem rodada. Constata-se que, por meio da substituição de um caminhão elétrico com capacidade de carga de 3,50 toneladas e com autonomia de 200km, no caso em estudo, não foi possível atender todos os critérios para efetuar a execução da programação das entregas, principalmente no que se refere à quilometragem percorrida. Portanto, foram propostas adequações na logística do transporte de carga para atender cada situação.

A avaliação dos perfis de rotas realizadas com o caminhão elétrico em operação, permitiu concluir que esse apresentou um bom desempenho para a distribuição de cargas em regiões urbanas e fácil manuseio para estacionamento devido ao tamanho do modelo proposto. Porém, rotas planejadas para execução foram limitadas às regiões próximas das unidades, devido à autonomia da bateria e característica das estações de recarga disponíveis.

Porém, de acordo com as situações relatadas, pode-se concluir que, para viabilizar a tecnologia de caminhões elétrico para operação de trajetos maiores no transporte de carga, deverão ser disponibilizados postos de recargas rápidas em rodovias, para aumentar a região de abrangência de distribuição. Bem como, postos de recargas rápidas próximos às unidades metropolitanas devido à concentração de caminhões e demanda de carga a ser atendida. Os postos de recargas rápidos vêm para viabilizar a tecnologia de caminhões elétricos maiores, que suportam transportar uma quantidade maior de carga para regiões mais afastadas das unidades.

Além disso, a análise de viabilidade de substituição da frota de caminhões a diesel por caminhões elétricos na empresa mostrou-se viável, pois apresentou valores significativos na economia com abastecimento e manutenções no período delimitado para avaliação. Comparando os custos de abastecimento entre óleo diesel e energia elétrica, estimou-se uma economia de R\$ 1.483.163,70. Para despesas com manutenções, referente a alguns itens estabelecidos para o estudo, obteve-se uma economia de R\$ 610.251,90. Com isso, alcançou-se um resultado positivo para sua aplicação, gerando uma economia total de R\$ 2.093.415,60 com a substituição de 61 caminhões a diesel por 61 caminhões elétricos.

Para o equacionamento do CoM referente às emissões de carbono, pode-se avaliar a redução da emissão de poluentes com o uso de caminhões elétricos. Constata-se, portanto, que é possível reduzir as despesas para descarbonizar a matriz energética e simultaneamente reduzir significativamente a emissão de gases de efeito estufa com a adoção do modal elétrico.

Referente ao estudo da proposta de substituição de frota para 61 caminhões elétricos do modelo da JAC Motors iEV1200T com capacidade de carga de 3,50 toneladas, pode-se verificar o impacto na demanda de energia em cada unidade, para a realização de recargas lentas e simultâneas de caminhões. As análises mostraram situações como a unidade de Caxias do Sul, que obteve um impacto significativo e apresentou necessidade de deslocar parte de sua frota para outras unidades, para não alterar a estrutura elétrica da empresa. E, também, situações de algumas unidades consumidoras, cujos cálculos indicaram a necessidade da alteração do contrato da demanda de energia para que seja possível atender a nova demanda de carga.

Assim, foram verificadas as tarifas de energia elétrica de cada unidade consumidora, apresentando um comparativo de custos de recargas para cada situação. Com destaque para a contratação como consumidor livre (ACL), por resultar em um custo de tarifa e energia menor que as demais analisadas.

Para finalizar, o método de múltiplos critérios AHP contribui com a demonstração dos resultados dos caminhões elétricos pois, mesmo com algumas desvantagens em relação aos critérios analisados, estão concorrendo para substituir os modelos tradicionais para a operação das atividades de distribuição de cargas.

A metodologia proposta nas análises realizadas de cada critério pode vir a auxiliar na tomada de decisão de empresas, ao avaliar viabilidade de substituir suas frotas atuais para VEs. Ressalta-se que a metodologia pode ser aplicada em outras empresas, realizando apenas adaptações com as informações do local.

8.1 PREVISÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões de desenvolvimento para trabalhos futuros, propõe-se alguns tópicos considerados promissores:

- Desenvolver uma análise econômica com despesas em abastecimento, considerando a geração de energia mediante a instalação de uma usina fotovoltaica;
- Elaborar uma análise do impacto na demanda de energia da empresa considerando a instalação de estação de recarga rápida;
- Realizar um gerenciamento de recargas da frota de caminhões, considerando recargas lentas e recargas rápidas;
- Desenvolver uma plataforma de tomada de decisão para utilização de caminhões elétrico. Englobando tópicos de análise de viabilidade econômica, meio ambiente e gerenciamento de frotas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR IEC 61851-1:2013. Sistemas de recargas condutiva para veículos elétricos.** Brasil, 47 p.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de Setembro de 2010.** 2010. Última versão. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso em: 18 Nov. 2020.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 819, 19 de junho de 2018.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018819.pdf>>. Acesso em: 18 Nov. 2020.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **CHAMADA NO 022/2018 Projeto Estratégico: “Desenvolvimento De Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”.** Brasília, 2019. Disponível em: <http://rise.org.br/wp-content/uploads/2019/04/Edital-FINAL_Chamada-22.pdf>. Acesso em: 12 Dez. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Modalidades tarifárias.** 2015a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/alta-tensao-itens/-/asset_publisher/zNaRBJCLDgbE/content/modalidade/654800>. Acesso em: 17 Nov. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifa Branca.** 2015b. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em: 17 Nov. 2020.

ARAÚJO, F. **Análise dos Padrões de Veículos na Logística Urbana de Cargas. p. 113. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

BALDISSERA, L.B. **Análise do Impacto da Utilização do Transporte Elétrico Coletivo no Sistema Elétrico de Distribuição.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

BALLOU, R. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial.** 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

BARBOSA, C. Lima. **Caracterização de Plataforma Logística para Organizações Sociais.** 238p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, SP, 2015.

BERHORST, N. L. et al. **Matriz energética mais limpa: Sugestão de reestruturação para o parque gerador brasileiro a partir de índices econômicos energéticos.** MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL: Educação, Gestão e Tecnologias Ambientais, 66 - 91. Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 2018.

BRAGA, M. L. et al. **Estudo de casos múltiplos de transporte colaborativo em distribuição urbana.** XXX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de Julho de 2004**. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5163.htm>. Acesso em: 16 Nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.848, de 15 de Março de 2004**. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm>. Acesso em: 16 Nov. 2020.

BRASIL. **Portaria nº 465, de 12 de Dezembro de 2019**. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2019465mme.pdf>>. Acesso em: 19 Nov. 2020.

BRASIL. **Portaria nº 514, de 27 de Dezembro de 2018**. 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2018514mme.pdf>>. Acesso em: 19 Nov. 2020.

BRÜCKMANN, G.; WILLIBALD, F.; BLANCO, V. **Battery Electric Vehicle adoption in regions without strong policies**. *Transportation Research Part D – Elsevier*. V 90. ISSN 1361 – 9209. 2021.

BYD Brasil. **Produtos e Soluções**. 2020. Disponível em: <<https://www.byd.ind.br/>>. Acesso em: 05 Dez. 2020.

CARGA & TRANSPORTE. **PepsiCo e DHL recebem primeiros caminhões elétricos da JAC Motors**. 2021. Disponível em: <<https://www.cargaetransporte.com.br/2021/01/27/pepsico-e-dhl-recebem-os-primeiros-caminhoes-eletricos-da-jac/>>. Acesso em: 10 Mar. 2021.

CCEE. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Capacita CCEE Portal de Aprendizado**. 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/inicio>. Acesso em: 12 Nov. 2020.

COLMENAR, A. S. et al. **Electric vehicle charging strategy to support renewable energy sources in Europe 2050 low-carbon scenario**. *Energy, Elsevier*, 183, p. 61-74. ISSN 0360-5442. 2019.

CONSONI, L. F. et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos - PROMOB-e**. Brasília, 2018.

CPFL Energia. **Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição - GED 13**. Norma Técnica. 2020. Disponível em: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-13.pdf>>. Acesso em: 30 Nov. 2020.

DEDA, A. P.; VIEIRA, G. E. **Análise da implantação de um ponto de apoio para melhorar a logística de distribuição em uma empresa do segmento de bebidas**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. João Pessoa, 2016.

DULĂU, L.; BICĂ, D. **Effects of Electric Vehicles on Power Networks**. *Procedia Manufacturing*, v. 46, p. 370–377. ISSN: 2351-9789. 2020.

EDP Smart. **WALLBOX Básico - 7,4 kW - Cabo T2 Embutido**. 2020. Disponível em: <<https://mobilidade.edpsmart.com.br/produto/wallbox-basico---7,4-kw/60000658>>. Acesso em: 20 Out. 2020.

ERDELIĆ, T.; CARIĆ, T. **A Survey on the Electric Vehicle Routing Problem: Variants and Solution Approaches**, *Journal of Advanced Transportation*, v. 2019, p. 48. ISSN: 0197-6729, 2019.

ELETRA Tecnologia de Tração Elétrica. **Elétrico Puro**. Disponível em: <<https://www.eletrabus.com.br/>>. Acesso em: 30 Nov. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE - **Avaliação de Ônibus Elétricos Urbanos Municipais - Guia prático para uso da ferramenta EPE**. Brasília, 2019a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. BEN - **Balanço Energético Nacional**. Rio de Janeiro, 2019b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília, 2019c.

FORMIGONI, A. et al. **O uso de técnicas de pesquisa operacional para medir a eficiência de um software de roteirização**. *SADSIJ - South American Development Society Journal*. Vol. 2, Nº. 5. 2016.

FRUKI. **Empresa de bebidas**. Disponível em: <<https://www.fruki.com.br/>>. Acesso em: 10 Jan. 2021.

GIACOMINI, C. et al. **An AHP-based method to assess the introduction of electric cars in a public administration**. *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)*. ISBN eletrônico: 978-1-5386-3917-7. Milão, 2017.

GRILO MOBILIDADE E TECNOLOGIA. **Pulos do bem – Caso Grilo**. 2019. Disponível em: <http://salao.arpnet.com.br/storage/projetos/1606777523_case_grilo_1.pdf>. Acesso em: 10 Jan. 2021.

INSIDEEVs. **FNM anuncia a produção de 1.000 veículos elétricos para a Ambev**. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/481477/fnm-producao-veiculos-eletricos-ambev/>>. Acesso em: 10 Mar. 2021

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Global EV Outlook 2020 - Entering the decade of electric drive?** França, 2020.

IWAN, S. et al. **Electric mobility in European urban freight and logistics – status and attempts of improvement**. *Transportation Research Procedia*, 39, 112–123. ISSN 2352-1465. 2019.

JACINTO, T. et al. ***Impact of Electric Vehicles in Electric Costs considering the Long-term Operation Planning***. IEEE, 2018 - Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE). ISBN eletrônico: 978-1-5386-3363-2. Niterói, 2018.

JAC MOTORS. **Caminhão Elétrico iEV1200T**. 2020. Disponível em: <<https://www.jacmotors.com.br/veiculos/eletricos-detalhes/iev1200t>>. Acesso em: 20 Out. 2020.

JAMEF NEWS. **Novidades, Notícias E Informações Úteis Sobre o Mundo do Transporte E Logística**. V. 72, p. 16-17 2020. Disponível em: https://www.jamef.com.br/static/media/jamef_news_2020_dezembro-72.5fa5726a.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2021.

JUAN, A. A. et al. ***Electric Vehicles in Logistics and Transportation: A Survey on Emerging Environmental, Strategic and Operating Challenges***. *Energies*, v. 9, p. 86. ISSN: 1996-1073. 2016.

KHAMPHILAVANH, B.; MASUI, T ***Scenario-Based Analysis of Electric Vehicle Penetration in Road Transportation in Laos***. *International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change (ICUE)*, Pattaya - Tailândia, 2020.

LACERDA, L. **Armazenagem Estratégica: Analisando Novos Conceitos**. ILOS - Especialistas em Logística e Supply Chain. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/armazenagem-estrategica-analisando-novos-conceitos/>>. Acesso em: 04 Dez. 2020.

LI, Z.; KHAJEPOUR, A.; SONG, J. ***A comprehensive review of the key technologies for pure electric vehicles***. *Energy, Elsevier*, 182, p.824-839. ISSN: 0360-5442. 2019.

MACÁRIO, G. C. et al. **As restrições enfrentadas na distribuição de cargas fracionadas: estudo de caso**. REFAS: Revista FATEC Zona Sul, Vol. 3, Nº. 2, ISSN- e 2359-182X, 2017.

MAGNO, L. C. B. **Sistemas de distribuição: Proposta de solução de redução do volume de devoluções em uma distribuidora de bebidas**. 93 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre -RS, 2013.

MARQUES, V. **Utilizando o TMS (Transportation Management System) para uma Gestão Eficaz de Transportes**. ILOS - Especialistas em Logística e Supply Chain. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/utilizando-o-tms-transportation-management-system-para-uma-gestao-eficaz-de-transportes/>>. Acesso em: 12 Dez. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE -MMA. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012**. Brasília - DF, 2013. Disponível em: <http://antigo.antt.gov.br/index.php/content/view/32492/2__Inventario_Nacional_de_

Emissoes_Atmosfericas_por_Veiculos_Automotores_Rodoviaros.html>. Acesso em: 20 Jan. 2021

MOULI, G. R. C et al. ***Economic and CO2 Emission Benefits of a Solar Powered Electric Vehicle Charging Station for Workplaces in the Netherlands***. *IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, pp. 1- 7 ISBN eletrônico: 978-1-5090-0403-4. Dearborn, MI, EUA, 2016.

NASCIMENTO, K. R. **Migração para o Mercado Livre de Energia e Alteração de Tarifa Horária: Estudo de Caso em uma Indústria**. 62 p. Monografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2018.

NEW ATLAS. ***Amazon's electric trucks from Rivian start delivering goods in LA***. Disponível em: < <https://newatlas.com/automotive/amazons-electric-trucks-rivian-deliveries-la/>>. Acesso em: 20 Fev. 2021

PENG, F. et al. ***Evaluating Strategies for Decarbonising the Transport Sector in Great Britain***. Publicado *IEEE Milan PowerTech*. ISBN eletrônico: 978-1-5386-4722-6. Milão – Itália, 2019.

PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA - PNME. **1º Anuário brasileiro da mobilidade elétrica**. Brasília e Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: < <https://www.pnme.org.br/biblioteca/1o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/>> Acesso em: 16 Mar. 2021.

PlugShare. ***EV Charging Station Map***. 2021. Disponível em: <<https://www.plugshare.com/>>. Acesso em: 12 Mar. 2021.

POZO, H. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: uma introdução**. 2. ed. Atlas - ISBN: 978-85-97-02321-3. São Paulo, 2019.

REVIDE. **Transportadora realiza teste de caminhão 100% elétrico para entregas**. 2020. Disponível em: < <https://www.revive.com.br/noticias/cidades/transportadora-realiza-teste-de-caminhao-100-eletrico-para-entregas/>>. Acesso em: 20 Fev. 2021.

RIETMANN, N.; HÜGLER, B.; LIEVEN, T. ***Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO2 emissions***. *Journal of Cleaner Production - Elsevier*, 121038. ISSN: 0959-6526. 2020.

ROCHA, C. F. **O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia**. 71 p. Monografia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Ijuí – RS, 2015.

SALVIA, A. L. **Eficiência energética em iluminação pública na gestão sustentável de cidades: estudo de multicaseos**. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS, 2016.

SAUSEN, J. P. **Análise do carregamento de veículos elétricos na curva de carga do transformador de distribuição**. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2017.

SCHMITZ, W. I. **Indicador de vulnerabilidade operacional para priorização e substituição de transformadores de potência em subestações**. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2018.

SILVA, V.R. **Desenvolvimento e a Regulação do Mercado Livre de Energia no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2017.

TRINDADE, H. **Viabilidade do Ambiente de Contratação Livre para Órgãos Públicos**. SEPOC 2019. Natal, RN, 2019.

USLU, T.; KAYA, O. **Location and capacity decisions for electric bus charging stations considering waiting times**. *Transportation Research Part D – Elsevier*. V 90. ISSN 1361 - 9209. 2021.

VISENTIN, C. **Métodos de produção no nanoferro aplicado na remediação: análise da sustentabilidade do ciclo de vida**. 2019. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo - RS, 2019.

WOLNOWSKA, A. E.; KONICKI, W. **Multi-criterial analysis of oversize cargo transport through the city, using the AHP method**. *Transportation Research Procedia*, v. 39, p. 614-623. ISSN 2352-1465. 2019.

ANEXO A - HISTÓRICO DA EMPRESA FRUKI

Iniciada em 1924, Emilio Kirst instalou em Arroio do Meio uma fábrica de refrigerantes e cervejas, com produção de 200 garrafas por dia. E em 1971, foi realizado o lançamento dos refrigerantes com a marca FRUKI, juntamente com a inauguração das novas instalações da fábrica no município de Lajeado no estado do Rio Grande do Sul (FRUKI, 2021).

Atualmente, as bebidas FRUKI tem sua matriz e parque industrial localizado em Lajeado. Que conta com modernos equipamentos, com capacidade para produzir 420 milhões de litros de bebida por ano, nas sete linhas de produção automatizadas. Além disso, a empresa possui os centros de distribuição localizados nos municípios de Pelotas, Santo Ângelo, Canoas e Caxias do Sul no estado do Rio Grande do Sul e Blumenau no estado de Santa Catarina.

A empresa tem como objetivo valorizar sua experiência e buscar constantemente a inovação. Contribuindo com soluções inteligentes para um desenvolvimento sustentável, com foco na melhoria contínua da gestão do meio ambiente. Assim como, busca um relacionamento de confiança, com profissionais comprometidos e motivados em desenvolver com qualidade os produtos e serviços prestados.

Para garantir a qualidade dos produtos, os profissionais realizam a inspeção de todo o processo, desde a matéria-prima até o produto final. Além disso, através de um processo automatizado, são produzidas na própria empresa as garrafas PET, com exceção do garrafão 20 litros da ÁGUA DA PEDRA (FRUKI, 2021).

ANEXO B - FICHA PARA ANÁLISE DE ESPECIALISTA

Análise realizada por especialistas para comparação par a para de cada alternativa, através da escala numérica de Saaty, descrita no Quadro 2 (SCHMITZ, 2018).

Quadro A – Ficha para avaliações das alternativas.

Alternativa		Avaliação
Custo de Abastecimento	Tempo de Parada	
Custo de Abastecimento	Meio Ambiente	
Custo de Abastecimento	Autonomia	
Tempo de Parada	Meio Ambiente	
Tempo de Parada	Autonomia	
Meio Ambiente	Autonomia	

Fonte: (Autor).