

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Julia Maysa Orthmann

**ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE CENÁRIO BASE PARA SIMULAÇÃO DE
TRÁFEGO NO MUNICÍPIO DE NAVEGANTES (SC)**

Florianópolis

2023

Julia Maysa Orthmann

**Elaboração de um modelo de cenário base para simulação de tráfego no
Município de Navegantes (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Alexandre Hering Coelho, Dr.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Orthmann, Julia Maysa

Elaboração de um modelo de cenário base para simulação de tráfego no Município de Navegantes (SC) / Julia Maysa Orthmann ; orientador, Alexandre Hering Coelho, 2023.
94 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. engenharia de tráfego. 3. simulação macroscópica. 4. estimação de matriz OD. I. Coelho, Alexandre Hering. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Julia Maysa Orthmann

Título: Elaboração de um modelo de cenário base para simulação de tráfego no Município de Navegantes (SC)

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 29 de junho de 2023.

Prof^a. Liane Ramos da Silva, Dra.
Coordenadora do Curso

Banca examinadora:

Prof. Alexandre Hering Coelho, Dr.
Orientador

Prof. Marcos Aurélio Noronha, Dr.
Membro

Prof^a. Luciana Rohde, Dra.
Membro

Florianópolis, 2023.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por ter me dado forças para chegar até aqui.

À minha família, pelo amor, cuidado e estrutura que me permitiram ser a pessoa que sou hoje. Em especial ao Lauro, por todo o suporte durante esta jornada acadêmica.

Ao Bruno, pelo amor, apoio e paciência que teve comigo em todo esse tempo.

Ao meu orientador, Prof. Alexandre Hering Coelho, por toda a dedicação, disponibilidade, compreensão e pela orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Marcos Noronha e Prof^a. Dra. Luciana Rohde, por terem aceitado o convite para a avaliação da monografia e apresentação do trabalho. Além disso, agradeço ao Dr. Antonio Venicius dos Santos que infelizmente não pode comparecer, por motivos de força maior, mas também aceitou o convite para compor a banca.

Às amigas que fiz nesses anos de faculdade, Mariana, Karenn e Pietra, pela amizade e companhia que tornou tudo mais leve.

Aos meus colegas de curso, por compartilharem comigo tanto momentos de alegria quanto de desafios ao longo da jornada acadêmica.

À Prefeitura de Navegantes, em especial ao prefeito Sr. Libardoni Lauro Claudino Fronza, ao secretário de segurança pública Sr. Joziel José Pereira e ao Sr. Celio José Medeiros, pela solicitude e permissão de acesso aos vídeos de monitoramento que permitiram a contagem de tráfego do trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

RESUMO

O aumento da frota de veículos de transporte privado individual motorizado, principalmente em áreas urbanas, afeta a infraestrutura disponível para atender à circulação dos veículos. Para avaliar o tráfego de uma determinada área de estudo, o uso de simulação de transportes tem sido uma ferramenta comumente utilizada na engenharia de tráfego. A elaboração de um modelo de simulação envolve o uso de dados de infraestrutura e de demanda, recursos computacionais e conhecimento técnico. Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um modelo de simulação de tráfego em nível macroscópico do Município de Navegantes (SC) utilizando o *software* VISUM. Os dados de infraestrutura foram obtidos a partir do OpenStreetMap (OSM), enquanto os dados de demanda foram adquiridos com a aplicação de ajuste sobre a matriz OD existente da área de estudo, utilizando contagens volumétricas. A avaliação da simulação é realizada de maneira visual comparando o resultado da simulação com o trânsito típico do *Google Maps*.

Palavras-chave: engenharia de tráfego; simulação macroscópica; estimação de matriz OD.

ABSTRACT

The increase in the fleet of privately owned motorized individual transportation vehicles, especially in urban areas, affects the available infrastructure to accommodate the flow of vehicles. To assess the traffic in a specific study area, the use of transportation simulation has become a commonly used tool in traffic engineering. The development of a simulation model involves the use of infrastructure and demand data, computational resources, and technical expertise. This study aims to develop a macroscopic traffic simulation model of the Municipality of Navegantes (SC) using the VISUM software. Infrastructure data was obtained from OpenStreetMap (OSM), while demand data was acquired by adjusting the existing OD matrix of the study area through volume counts. The evaluation of the simulation is done visually by comparing the simulation output with typical traffic data from Google Maps.

Keywords: traffic engineering; macroscopic simulation; OD matrix estimation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de zonas de tráfego e centroides	6
Figura 2 – Representação da infraestrutura viária em forma de grafo	7
Figura 3 – Conectores	8
Figura 4 – Representação de uma matriz origem e destino	9
Figura 5 – Variação do tráfego ao longo do dia.....	14
Figura 6 – Variação semanal por tipo de rodovia	14
Figura 7 – Variação mensal em rodovias rurais e urbanas	15
Figura 8 – Tempo de percurso como impedância para a alocação de tráfego.....	17
Figura 9 – Comparação entre os procedimentos de alocação de tráfego e ajuste de matriz OD	20
Figura 10 – Procedimento de ajuste de matriz OD.....	21
Figura 11 – Localização do Município de Navegantes (SC).....	23
Figura 12 – Representação da divisão censitária de Navegantes (SC)	24
Figura 13 – Localização dos postos de contagem da Prefeitura de Navegantes	26
Figura 14 – Método do trabalho	28
Figura 15 – Processos para a determinação dos volumes médios horários	34
Figura 16 – Correção na posição dos centroides	40
Figura 17 – Representação da delimitação da área de estudo	41
Figura 18 – Malha viária antes da filtragem.....	42
Figura 19 – Malha viária depois da filtragem.....	42
Figura 20 – Correção dos conectores nos bairros Centro e São Pedro	44
Figura 21 – Correção dos conectores no bairro Meia Praia	45
Figura 22 – Infraestrutura da área de estudo modelada	45
Figura 23 – VMDd dos postos de contagem no mês de novembro de 2022.....	47
Figura 24 – VMDd dos postos de contagem no mês de dezembro de 2022.....	48
Figura 25 – VMDd dos postos de contagem no mês de janeiro de 2023.....	49
Figura 26 – VMDd dos postos de contagem no mês de fevereiro de 2023.....	50
Figura 27 – VMDd dos postos de contagem no mês de março de 2023.....	51

Figura 28 – VH ao longo do dia em todos os postos de contagem	52
Figura 29 – Câmeras que não apresentaram problemas na área imageada	55
Figura 30 – Câmeras que capturam sentidos opostos da mesma via.....	57
Figura 31 – Oclusão de uma das faixas no posto “Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral X R. Osmar Gaya”	58
Figura 32 – Dupla gravação com áreas imageada distintas para o mesmo posto da “Av. Pref. José Juvenal Mafra X Gervasio de Souza”	58
Figura 33 – Dupla gravação com áreas imageada distintas para o mesmo posto “Rua Anibal Gaya X Malvina Sacavém”	58
Figura 34 – Área imageada não condizente com a localização do posto “SC-414 KM-01 - Luiz Alves X Porto Escalvados”	59
Figura 35 – Interface gráfica do procedimento de ajuste de matriz OD e alocação de tráfego no <i>software</i> VISUM	60
Figura 36 – Análise dos volumes observados e alocados na última iteração	61
Figura 37 – Resultado da relação entre volume e capacidade após alocação na malha viária para o cenário temporal	62
Figura 38 – Resultado da relação entre velocidade relativa e máxima permitida após alocação na malha viária para o cenário temporal.....	63
Figura 39 – Comparação da velocidade da simulação com a do trânsito típico do <i>Google Maps</i> para o bairro Centro	64
Figura 40 – Comparação da velocidade da simulação com a do trânsito típico do <i>Google Maps</i> para o bairro São Domingos	64
Figura 41 – Comparação da velocidade da simulação com a do trânsito típico do <i>Google Maps</i> para o bairro Gravatá	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Instruções de SQL para verificação da completude dos dados.....	35
Quadro 2 – Instruções de SQL para obtenção do volume horário médio.....	36
Quadro 3 – Instruções de SQL para obtenção do volume horário médio no cenário temporal para a área de estudo	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cenário temporal da área de estudo	46
Tabela 2 – Volumes Horários Médios para cada posto de contagem	54
Tabela 3 – Volumes Horários Médios utilizados no ajuste de matriz OD	59
Tabela 4 – Resultados das iterações da análise da alocação.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMFRI	Associação dos Municípios da Foz do Rio Itajaí
CSV	<i>Comma-separated values</i>
CV	Coeficiente de variação
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITE	<i>Institute of Transportation Engineers</i>
OD	Origem-Destino
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
PTV	<i>Planung Transport Verkehr</i>
QGIS	Quantum GIS
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SHP	<i>Shapefile</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
UCP	Unidades de Carro de Passeio
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTM	Unidades de Tráfego Misto
VH	Volume Horário
VMD	Volume Médio Diário
VMDa	Volume Médio Diário Anual
VMDd	Volume Médio Diário em um Dia de semana
VMDm	Volume Médio Diário Mensal
VMDs	Volume Médio Diário Semanal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.1.1	Objetivo geral	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
1.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	ESTUDOS DE TRÁFEGO BASEADOS EM SIMULAÇÃO	4
2.2	DELIMITAÇÃO E ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.3	MODELAGEM DA INFRAESTRUTURA	7
2.4	MODELAGEM DA DEMANDA.....	8
2.4.1	Matriz Origem-Destino (Matriz OD)	9
2.4.2	Volume de tráfego	12
2.5	ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO.....	16
2.6	AJUSTE DE MATRIZ OD.....	19
2.7	CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO	21
3	ÁREA DE ESTUDO	23
3.1	MATRIZ OD	24
3.2	CONTAGENS VOLUMÉTRICAS	25
3.3	CENÁRIO TEMPORAL	27
4	MÉTODO.....	28
4.1	<i>SOFTWARES</i>	28
4.2	DELIMITAÇÃO E ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
4.3	MODELAGEM DA INFRAESTRUTURA	30
4.3.1	Obtenção dos dados da malha viária	30
4.3.2	Importação e filtragem do arquivo OSM no VISUM.....	31
4.3.3	Criação de conectores e checagem de conectividade.....	32
4.4	MODELAGEM DA DEMANDA.....	32

4.4.1	Importação dos dados de contagem e organização do banco de dados de contagem.....	32
4.4.2	Análise e filtragem.....	33
4.4.3	Ajuste de matriz OD	37
5	APLICAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO	39
5.1	DELIMITAÇÃO E ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
5.2	MODELAGEM DA INFRAESTRUTURA	41
5.3	MODELAGEM DA DEMANDA.....	46
5.3.1	Definição do cenário temporal	46
5.3.2	Determinação do volume horário médio	53
5.3.3	Análise das imagens dos postos de contagem.....	54
5.4	AJUSTE DE MATRIZ OD E ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO	60
5.5	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS	61
5.6	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	63
6	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS.....	68
A	SCRIPT PARA AUTOMATIZAÇÃO DO <i>DOWNLOAD</i> DOS DADOS DE CONTAGEM	71
B	SCRIPT PARA CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS	72
C	SCRIPT PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS DE VMD	73
D	SCRIPT PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS DE VH	74
E	MATRIZ OD DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA DE NAVEGANTES.....	75
F	ESTRUTURA DOS DADOS DE CONTAGEM.....	76

1 INTRODUÇÃO

A frota de veículos individuais motorizados aumentou em 331%, de 2001 a 2020 no país, conforme estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) (PEREIRA et al., 2021). No que se refere à mobilidade, esse crescimento acarreta impactos negativos, como congestionamentos e insegurança no trânsito.

Os municípios mais urbanizados são os mais afetados por esse aumento da frota, uma vez que cerca de 85% da população brasileira vive em áreas urbanas, segundo dados do IBGE (2015). A estrutura disponível para a circulação de veículos são as vias urbanas, que possuem uma capacidade limitada. Portanto, é necessário um planejamento de transportes para adequar a demanda existente ou futura com a oferta de infraestrutura.

Para o planejamento de transportes, é exigido o conhecimento sobre a demanda atuante na infraestrutura viária a fim de obter informações precisas sobre o comportamento dos veículos nas vias. Sendo assim, um elemento essencial é entender os padrões de demanda de viagens, os quais podem ser identificados por matrizes de Origem-Destino (OD). Essas matrizes são amplamente utilizadas para representar o movimento de pessoas ou bens em uma área de estudo e são obtidas por meio de pesquisas de origem-destino que coletam uma amostra das viagens realizadas em uma região. Essas pesquisas podem ser realizadas por meio de entrevistas domiciliares ou na via. Com o intuito de coletar a maior quantidade de informação, é possível realizar contagens de tráfego nos principais corredores de transportes para obter dados de volume de tráfego.

Uma ferramenta que vem sendo comumente utilizada na engenharia de tráfego e que pode ser aplicada em diversos aspectos do planejamento, projeto e operações de transporte é a simulação de tráfego. Isso porque o seu uso permite representar a realidade através de modelos computacionais, sem interromper as operações de tráfego. Contudo, para que as simulações de tráfego sejam realistas, é necessário investir tempo na modelagem, utilizar recursos computacionais e dispor de dados de entrada precisos. Além disso, é fundamental possuir conhecimentos técnicos nos *softwares* de simulação para elaborar um modelo adequado.

Neste trabalho é elaborado um modelo de simulação macroscópica no município de Navegantes/SC, com o uso do simulador de tráfego Visum, da Planung Transport Verkehr Group (PTV Group).

O município de Navegantes, correspondente à área de estudo do trabalho, está localizado no litoral norte de Santa Catarina. A cidade conta com um dos principais portos do Brasil, sendo o 2º maior em movimentação de contêineres¹, atuando no escoamento da produção das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e outros países da América Latina (SANTA CATARINA, 2023). Além disso, a presença do Aeroporto Internacional de Navegantes – Ministro Victor Konder torna a cidade um ponto de acesso para as principais cidades da região, como Balneário Camboriú, Blumenau, Itajaí e Joinville. Nesse contexto, o setor logístico da região movimenta toda uma cadeia de transporte², sendo importante para o desenvolvimento econômico do Estado, porém um ponto de gargalo do ponto de vista dos acessos rodoviários (BRASIL, 2018).

¹ Disponível em: <<https://www.portonave.com.br/pt/noticias/5335/>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

² Disponível em: <<https://diarinho.net/materia/637498/Nova-pista-do-aeroporto-de-Navegantes-e-estrategica--tambem---para-a-construcao-civil->>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise operacional de tráfego urbano privado motorizado na cidade de Navegantes (SC) através da elaboração de um modelo de simulação representativo do cenário atual.

1.1.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- verificar a disponibilidade de dados públicos explicativos da demanda;
- explorar os recursos de *software* gratuitos disponíveis;
- utilizar o conhecimento técnico da área de engenharia para a construção e uso de simulação, com os dados disponíveis;
- avaliar o grau de realismo que pode ser obtido na elaboração do modelo.

1.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O grau de realismo obtido no modelo depende da qualidade dos dados de demanda disponíveis, de modo que os resultados obtidos neste trabalho podem ser distantes da realidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos conceitos técnicos relacionados aos estudos de tráfego e planejamento de transportes. O conteúdo está relacionado à utilização de simulação em estudos de tráfego, delimitação da área de estudo, conceitos de obtenção e modelagem de dados de infraestrutura e demanda, além de procedimentos de ajuste de matriz OD e alocação de tráfego.

2.1 ESTUDOS DE TRÁFEGO BASEADOS EM SIMULAÇÃO

Segundo Ortúzar e Willumsen (2011), o modelo utilizado na simulação de tráfego é uma representação de parte da realidade, com enfoque em aspectos considerados relevantes, para uma determinada análise ou ponto de vista. Devido à complexidade do sistema de tráfego, a técnica de simulação se tornou uma ferramenta comumente utilizada na engenharia de tráfego (PORTUGAL, 2005). Com o avanço das técnicas computacionais, os modelos de simulação permitem a representação de redes viárias de grande porte.

A utilização da simulação possibilita analisar, questionar e modificar o modelo, visando a adequação da realidade e a melhoria do desempenho do sistema de transporte (PORTUGAL, 2005). É possível apontar cenários e antecipar os impactos positivos e negativos causados a partir da implantação de uma determinada alternativa (POYARES, 2000).

FHWA (2004) coloca que as ferramentas de simulação são eficazes na avaliação dos problemas de congestionamento nos sistemas de transporte. Um modelo de simulação pode avaliar o acúmulo, a dissipação e a duração do congestionamento.

Em relação a escolha da ferramenta, existe uma grande variedade de *softwares* para simulação de tráfego disponível no mercado. Dessa forma, Ortúzar e Willumsen (2011) colocam que é preciso levar em consideração vários aspectos na escolha da ferramenta adequada. Entre eles, estão os recursos disponíveis no *software*, o treinamento e a habilidade dos analistas, além da acurácia necessária nos resultados obtidos para atender os objetivos do projeto.

As simulações de tráfego podem ser agrupadas em diferentes categorias, a depender do nível de detalhamento do modelo (TRB, 2000).

Segundo FHWA (2004), no nível macroscópico, os modelos de simulação de tráfego têm por objetivo prever a performance geral da rede, como o tempo médio de viagem, a capacidade da rede e o congestionamento.

Os modelos macroscópicos exigem menos requisitos computacionais com relação à velocidade de execução e espaço para armazenamento e, portanto, apresentam essa vantagem em relação aos modelos microscópicos (PORTUGAL, 2005). No entanto, não analisam o sistema de transporte com tanto detalhe quanto os modelos microscópicos (FHWA, 2004).

No que se refere aos modelos de simulação mesoscópica, Portugal (2005) coloca que os modelos formam uma classe intermediária quanto ao realismo e detalhamento e são menos flexíveis e detalhados do que as ferramentas de microssimulação.

Em relação aos modelos microscópicos, Portugal (2005) coloca que eles simulam o movimento de veículos individuais, sendo um modelo mais detalhado. FHWA (2004) expõe que os modelos microscópicos exigem muito tempo e armazenamento do computador, limitando o tamanho da rede e o número de execuções de simulação que podem ser concluídas.

2.2 DELIMITAÇÃO E ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é delimitada por um elemento chamado *cordon line* ou linha de contorno que deve englobar todos os movimentos importantes da região (CAMPOS, 2013).

As áreas dentro e fora da linha de contorno são divididas em zonas de tráfego, classificadas como internas ou externas (BRUTON, 1979).

Segundo Campos (2013), uma zona de tráfego é o local onde as viagens na rede de transportes têm início e fim. Rodrigue, Comtois e Slack (2013) abordam que essas zonas são utilizadas para representar a distribuição espacial dos deslocamentos e analisar padrões de mobilidade.

Brasil (2006) menciona que o tamanho de cada zona pode ser determinado em função da precisão desejada no estudo, ou seja, quanto menor a zona, maior a precisão. Garber e Hoel (2009) colocam que a divisão das zonas de tráfego deve considerar a homogeneidade das características socioeconômicas e, sempre que

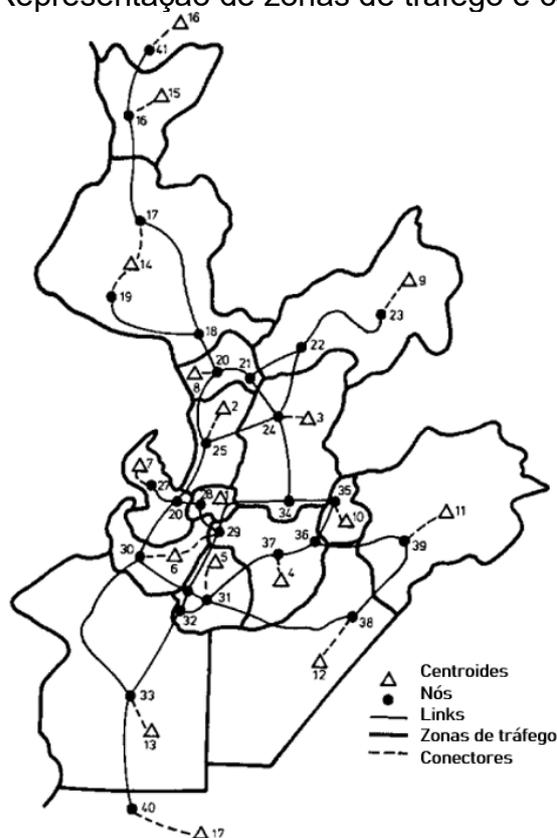
possível, utilizar os limites físicos, políticos e históricos, assim como os setores censitários.

Cardoso (1999) afirma que é possível representar as zonas de tráfego através de um único ponto denominado centroide. Campos (2013) enfatiza que esse ponto deve ser considerado como o ponto de origem e destino das viagens em cada zona de tráfego. Além disso, a autora menciona que o centroide pode ser definido de maneira a estar melhor adaptado ao modelo e condizente ao uso do solo na zona de tráfego, representando um local de grande concentração de atividades e de viagens, como, por exemplo, através do centro de massa.

Em resumo, as zonas de tráfego são definidas como áreas geográficas de origem e destino de viagens, e os centroides como pontos representativos dessas zonas, desempenhando um papel importante na análise e modelagem dos sistemas de transporte.

A representação de zonas de tráfego e centroides pode ser observada na Figura 1. Os nós, *links* e conectores mencionados na imagem, são abordados a seguir na Seção 2.3.

Figura 1 – Representação de zonas de tráfego e centroides



Fonte: Adaptado de Ortúzar e Willumsen (2011)

2.3 MODELAGEM DA INFRAESTRUTURA

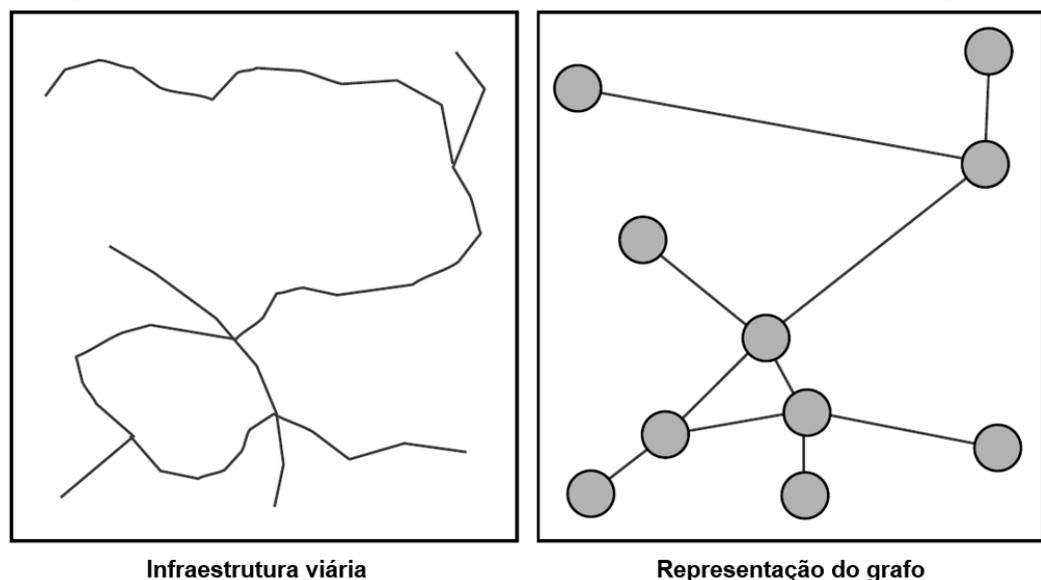
Ortúzar e Willumsen (2011) explicam que a modelagem da infraestrutura viária envolve a representação matemática do sistema de transporte para prever sua performance e comportamento. Essa representação pode ser feita de diferentes maneiras, dependendo das características da rede e dos objetivos da modelagem. A prática mais comum na modelagem da infraestrutura é modelar a rede como um grafo (Figura 2).

Rodrigue, Comtois e Slack (2013) colocam que um grafo é uma representação simbólica de uma rede e de sua conectividade, cujo objetivo é representar a estrutura e não a aparência de uma rede, ou seja, isso implica em uma abstração da realidade para que ela possa ser simplificada como um conjunto de nós.

De acordo com Spiegelman, Park e Rilett (2011), a maioria dos desenvolvedores de modelos utilizam a representação de nós e *links* para representar a malha viária.

Segundo Brasil (2006), ligação ou *link* é a representação gráfica de trechos de ruas, rodovias, vias férreas, fluviais, marítimas e áreas. Rodrigue, Comtois e Slack (2013) definem que um nó é um ponto terminal ou ponto de interseção de um grafo, de modo que cada nó deva ser conectado entre si através de um *link*.

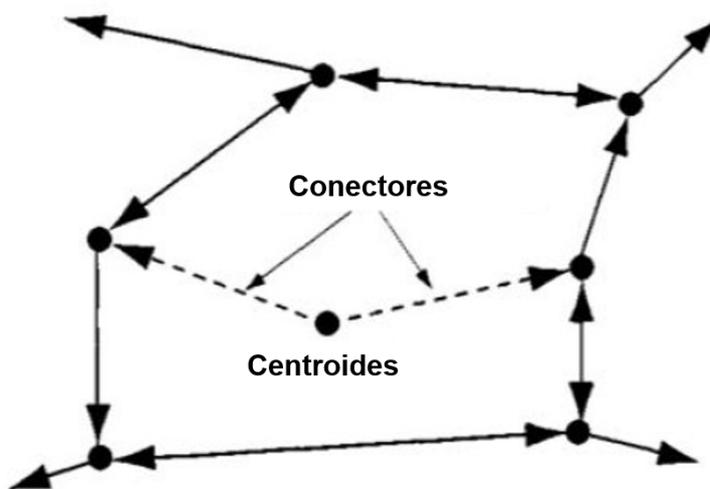
Figura 2 – Representação da infraestrutura viária em forma de grafo



Fonte: Adaptado de Rodrigue, Comtois e Slack (2013)

Em um modelo de uma área de estudo, a demanda de viagens está relacionada à configuração de centroides. Sendo assim, para que os centroides sejam conectados à malha viária e as viagens possam ocorrer na simulação, Spear (2008) coloca que normalmente são necessários elementos chamados “conectores” que conectam os centroides a algum (ou alguns) nó da malha viária, como exhibe a Figura 3.

Figura 3 – Conectores



Fonte: Adaptado de Spear (2008)

De acordo com Ortúzar Willumsen (2011), os centroides e os conectores desempenham um papel fundamental na qualidade dos modelos, mas sua definição não segue uma abordagem estrita e objetiva, uma vez que também é baseada na experiência do modelador. O conector influencia a rota seguida para carregar as viagens tanto na rede rodoviária e, portanto, afeta diretamente o resultado do modelo.

2.4 MODELAGEM DA DEMANDA

A modelagem de demanda desempenha um papel fundamental no planejamento de transportes, uma vez que possibilita a compreensão e previsão dos padrões de deslocamento das pessoas e mercadorias em uma determinada região (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Nesse contexto, Campos (2013) evidencia que os métodos de levantamento de dados de demanda para a determinação do tráfego variam em função do objetivo do plano, do horizonte de projeto e do tipo de região. Em alguns casos, é importante identificar as linhas de desejo da população e a movimentação no transporte de carga

e, em outros, é possível apenas a realização de uma contagem de tráfego nos principais corredores de transportes.

O objetivo desta seção é fornecer uma abordagem dos conceitos necessários para compreender os tipos e os métodos de levantamentos de dados de demanda utilizados neste trabalho.

2.4.1 Matriz Origem-Destino (Matriz OD)

A matriz OD representa os padrões de deslocamento em uma área de estudo por meio de uma matriz bidimensional que relaciona a origem e o destino dos veículos (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011). A origem e o destino da matriz são respectivamente o ponto de partida e o ponto final da viagem.

Nesse sentido, a matriz OD relaciona a quantidade de viagens entre as diferentes combinações de origem e destino. Logo, é uma representação quantitativa da demanda de viagens de uma região, que pode ser utilizada para armazenar a quantidade de tráfego estimado nas vias e avaliar a eficiência de diferentes cenários.

De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), a matriz OD é representada em uma tabela cujas colunas e linhas representam os pares (i, j) de zonas de tráfego, como mostra a Figura 4. Cada célula da tabela contém o número de viagens com origem na zona i e destino na zona j, enquanto que o somatório de uma coluna ou linha indica o total de viagens atraídas ou geradas por zona, respectivamente.

Figura 4 – Representação de uma matriz origem e destino

Origens	Destinos					$\sum_i T_{ij}$
	1	2	3	...j	...z	
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	... T_{1j}	... T_{1z}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	... T_{2j}	... T_{2z}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	... T_{3j}	... T_{3z}	O_3
⋮						
I	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	... T_{ij}	... T_{iz}	O_i
⋮						
Z	T_{z1}	T_{z2}	T_{z3}	... T_{zj}	... T_{zz}	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	... D_j	... D_z	$\sum_{ij} T_{ij} = T$

Fonte: Adaptado de Ortúzar e Willumsen (2011)

Para que os dados de uma matriz OD sejam considerados completos e passíveis de utilização em estudos de tráfego, é necessário que sejam constituídos dos itens a seguir³:

- Definição espacial: as localizações espaciais dos centroides que representam as zonas de tráfego devem estar definidas através de coordenadas geográficas ou em uma camada de dados vetoriais.
- Definição temporal: o cenário temporal, para os quais os dados são representativos, deve estar muito bem definido.
- Quantitativos de demanda: os quantitativos de demanda devem estar organizados, como apresentado na Figura 4, de forma que sejam bem definidos os pares OD.

No que se refere aos métodos de levantamento de dados de matriz OD, Brasil (2006) coloca que para a identificação das viagens na área de estudo, são realizadas pesquisas de origem e destino, cujos métodos comumente utilizados são:

1) Pesquisa domiciliar

Esse método é baseado na técnica de coleta de amostras em entrevistas a domicílio. De acordo com Hutchinson (1974), as viagens domiciliares correspondem a mais de 80% da demanda em áreas urbanas.

Campos (2013) coloca que através desse método é possível verificar as necessidades de deslocamento e o perfil socioeconômico da população. Para isso, são coletadas informações sobre:

- origem e destino de cada viagem (endereço/indicação);
- horário e duração da viagem;
- motivo da viagem (passeio, trabalho, escola e outros);
- modo da viagem (carro, ônibus, trem, a pé, metrô, etc);
- números de carros, motos, da unidade familiar;
- tipo de residência (casa própria, alugada, pensão, etc).

³ Esses itens foram obtidos da apostila de engenharia de tráfego do professor Alexandre Hering Coelho da Universidade Federal de Santa Catarina, semestre 2022.2, p. 82.

De acordo com Brasil (2006), dependendo dos objetivos da pesquisa outros dados podem ser incluídos nas entrevistas. Além disso, os dias e as horas das entrevistas também devem ser planejados considerando o seu objetivo.

Nas áreas urbanas, é fundamental que seja preservada a informação sobre horário e duração das viagens, uma vez que a demanda deve ser expressa em Volume Horário (VH).

No que tange a determinação do tamanho da amostra, procedimentos estatísticos devem ser adotados a fim de que a informação obtida seja representativa das viagens realizadas por todos os residentes da região. Brasil (2006) coloca que o tamanho da amostra depende principalmente da homogeneidade da população em relação ao atributo a ser estimado, assim como do número de zonas de pesquisa consideradas na setorização da área.

Como resultado da pesquisa, é possível obter uma matriz de origem e destino (OD), detalhes a respeito desta estrutura são apresentados na seção 2.1.

2) Entrevista direta com os motoristas na via

De acordo com Brasil (2006), as entrevistas dos usuários feitas na própria via são uma abordagem para a obtenção de forma rápida e eficiente da origem e destino da viagem de cada motorista entrevistado. Em um planejamento regional, a demanda é 100% obtida por entrevistas na via.

Nesse método os motoristas dos veículos são obrigados a parar e declarar sua origem e destino, assim como outras informações que se julgarem necessárias para o objetivo do projeto. Os seguintes dados podem ser obtidos:

- tipo de veículo;
- origem e destino da viagem;
- propósito da viagem.

Segundo Brasil (2006), a quantidade e a localização dos postos para entrevistas na via devem estar de acordo com a complexidade da rede rodoviária e com o grau de precisão desejado. Além disso, os postos devem ser distribuídos com o intuito de detectar os principais fluxos da área de estudo. O autor também coloca que os locais devem ser escolhidos de modo a facilitar o trabalho dos pesquisadores e permitir uma abordagem tranquila dos entrevistados, garantindo uma operação segura.

2.4.2 Volume de tráfego

Brasil (2006) coloca que volume de tráfego é o número de veículos que trafega em um local, ou seção de uma via, durante um determinado período de tempo. Quando o volume for representado pela soma dos veículos, independentemente de suas categorias, ele é expresso em Unidades de Tráfego Misto (UTM). Todavia, se forem adotados fatores de equivalência para converter os veículos em números equivalentes de carros de passeio, é expresso em Unidades de Carro de Passeio (UCP).

Em estudos de engenharia de tráfego, ITE (2016) explica que os volumes mais utilizados são o diário e horário, expressos em veículos por dia (vpd) e veículos por hora (vph), respectivamente.

O Volume Médio Diário (VMD) representa o volume médio de veículos que percorre um segmento de via em 24 horas cuja finalidade é avaliar a distribuição de tráfego num sistema de ruas, medir a demanda atual em uma via e programar as melhorias básicas (FILLIZOLA et al., 1977). Brasil (2006) apresenta os quatro tipos de VMD:

- Volume Médio Diário Anual (VMDa): número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365.
- Volume Médio Diário Mensal (VMDm): número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês.
- Volume Médio Diário Semanal (VMDs): número total de veículos trafegando em uma semana dividido por 7.
- Volume Médio Diário em um Dia de semana (VMDd): número total de veículos trafegando em um dia de semana.

O VH representa o número total de veículos trafegando em uma determinada hora (BRASIL, 2006), cujo objetivo é a análise operacional das vias por meio das variações do fluxo de tráfego ao longo das horas do dia. Segundo Fillizola et al. (1977), o VH tem sua aplicação em estudos de capacidade das vias, projetos geométricos e controles de tráfego.

As características dos volumes em áreas urbanas diferem das áreas rurais, pois os volumes em áreas urbanas são tipicamente mais concentrados em determinados horários do dia. Daganzo (1997) afirma que, em áreas urbanas, é

comumente utilizado o VH como parâmetro para auxiliar na compreensão dos padrões de tráfego e contribuir para a tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano.

Uma das principais características do volume de tráfego, segundo Brasil (2006), é a sua variação generalizada. Isso porque o volume pode variar dentro da hora, do dia, da semana, do mês e do ano, além de no mesmo local, variar dependendo da faixa ou sentido do tráfego analisado.

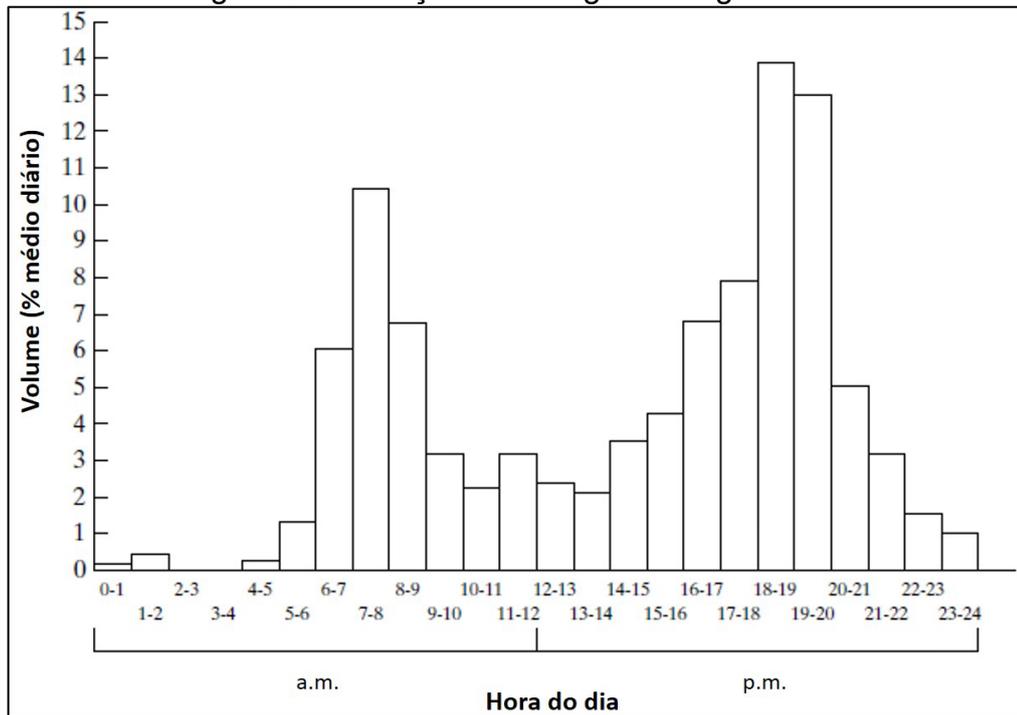
De acordo com Vasconcelos (1982), a variação ao longo do dia é diretamente relacionada à variação das atividades das pessoas. Os volumes horários variam ao longo do dia apresentando pontos máximos, denominados de “pico”. Um exemplo da variação do volume de tráfego ao longo do dia é apresentado na Figura 5

Brasil (2006) explica que a variação semanal é decorrente da diferença entre os volumes que trafegam durante os dias úteis da semana e durante o final de semana. As rodovias de acesso a áreas de recreio, por exemplo, apresentam seus volumes de pico nos fins de semana, de sexta-feira a domingo. As rodovias rurais mais importantes apresentam variação semelhante, mas menos acentuadas. Já nas vias urbanas, a predominância das idas e voltas aos locais de trabalho faz com que os picos de tráfego se concentrem nos dias de semana, de segunda a sexta-feira. A Figura 6 mostra a variação dos volumes de tráfego ao longo da semana em diferentes tipos de rodovia de uma área de estudo específica, de modo que os padrões apresentados podem variar de acordo com a área de estudo.

Nesse sentido, Vasconcelos (1982) coloca que há uma tendência universal em considerar que os volumes de tráfego de terça, quarta e quinta-feira são aproximadamente iguais, enquanto o de segunda-feira é ligeiramente inferior à sua média e o de sexta-feira ligeiramente superior.

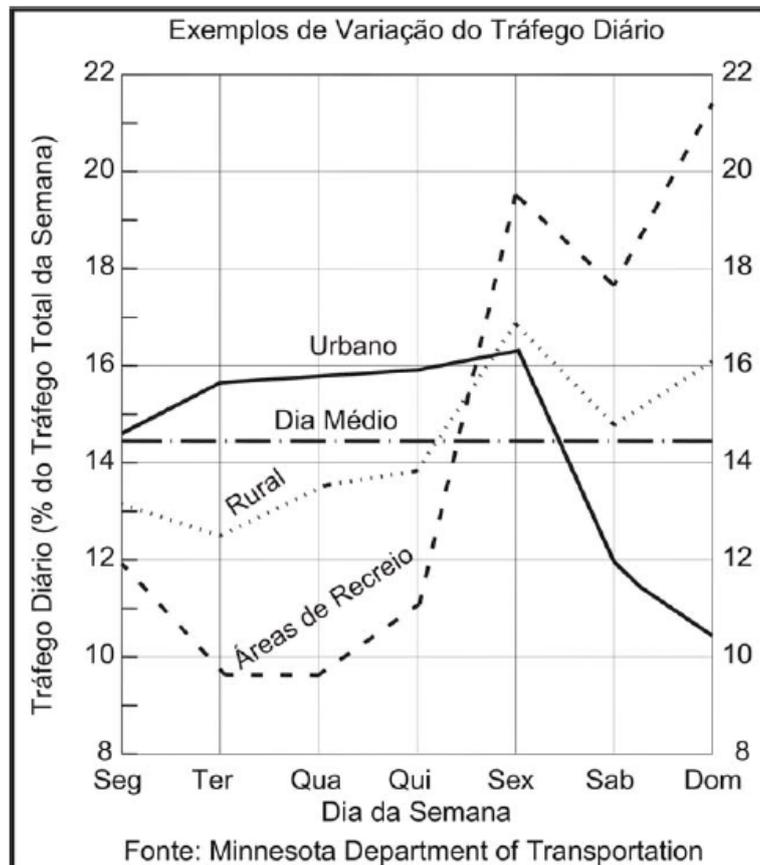
Na variação mensal ao longo do ano, também conhecida como variação sazonal, os volumes das rodovias que atendem a áreas turísticas e de recreação são superiores às vias urbanas nos períodos de férias escolares, enquanto que as vias urbanas, que servem para o deslocamento diário, apresentam fluxo mais permanente. A Figura 7 exhibe a variação sazonal de uma área de estudo localizada no Hemisfério Norte, onde as férias escolares ocorrem na metade do ano, de modo que os padrões apresentados podem variar conforme a área de estudo.

Figura 5 – Variação do tráfego ao longo do dia



Fonte: Adaptado de Garber e Hoel (2009)

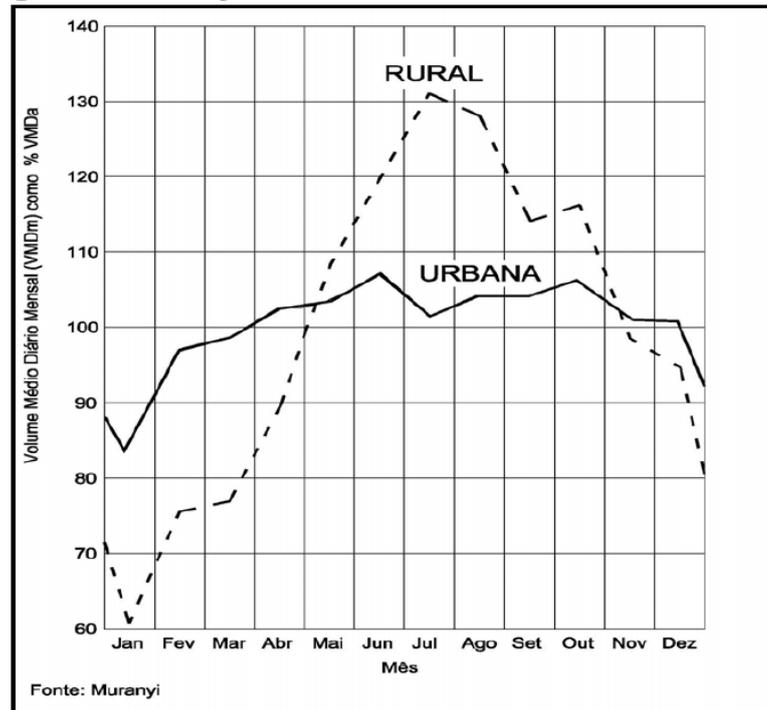
Figura 6 – Variação semanal por tipo de rodovia



Fonte: Minnesota Department of Transportation

Fonte: Brasil (2006)

Figura 7 – Variação mensal em rodovias rurais e urbanas



Fonte: Brasil (2006)

Para a obtenção de dados de volumes de tráfego, podem ser realizadas contagens volumétricas de tráfego. Essas contagens têm por objetivo determinar a quantidade, a direção, o sentido e a composição do fluxo de veículos que utilizam uma seção ou interseção da rede viária, em uma unidade de tempo (BRASIL, 2006).

Brasil (2006) coloca que as contagens de veículos podem ser classificadas em:

- a) globais;
- b) direcionais;
- c) classificatórias.

Nas contagens globais, o volume é representado pelo número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido. Nas contagens direcionais o volume corresponde ao número de veículos por sentido do fluxo, enquanto que nas contagens classificatórias são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos.

Em áreas urbanas, é fundamental que as contagens de tráfego sejam direcionais, com o intuito de identificar os padrões de viagem, os pontos de congestionamento e as possibilidades de melhoria.

Conforme especifica o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), as contagens deverão ser executadas pelo menos durante três dias, escolhidos de forma a incluir o provável pico horário semanal. Normalmente, serão realizadas nos dias úteis, exceto onde predominarem problemas relacionados com o tráfego de fim-de-semana.

De acordo com Brasil (2006), as contagens de tráfego podem ser realizadas por dois métodos:

- a) contagens manuais;
- b) contagens automáticas.

Nas contagens manuais, os dados de tráfego coletados durante o monitoramento são contabilizados a partir da observação visual feita por pesquisadores, com o auxílio de fichas e/ou contadores manuais (BRASIL, 2006).

Nas contagens automáticas, a coleta de dados de tráfego é facilitada com o uso de equipamentos automáticos que registram constantemente a distribuição e variação dos volumes de tráfego (FHWA, 2016). Brasil (2006) apresenta que os equipamentos de contagens automáticas podem ser fixos ou portáteis e possuem a vantagem de permitir contagens de longa duração a um menor custo em relação às contagens manuais.

2.5 ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

Bruton (1979) define a alocação de tráfego como um processo no qual as viagens são alocadas nos caminhos ou rotas de uma malha viária. Nesse sentido, Senna (2014) afirma que a alocação de tráfego é a etapa que finaliza o processo de simulação do sistema de transportes.

Campos (2013) destaca que a alocação tem por objetivo avaliar a distribuição dos volumes de tráfego em uma malha viária existente e verificar o equilíbrio entre oferta e demanda do sistema. Ortúzar e Willumsen (2011) também elencam outros objetivos como:

- obter os volumes de tráfego razoáveis com a realidade;
- identificar as vias congestionadas;
- estimar os custos de viagens entre zonas para um determinado nível de demanda;

- estimar as rotas usadas em cada par de matriz OD.

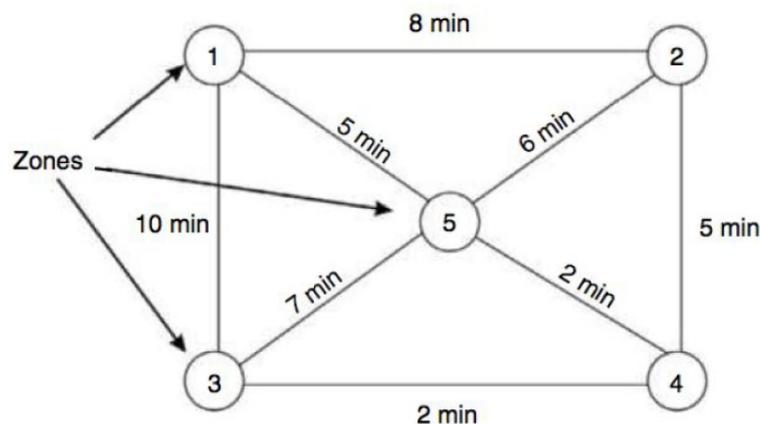
No procedimento de alocação de tráfego, a demanda de viagens é carregada (alocada) na malha viária, de acordo com o respectivo modo de transporte, para que sejam obtidos os volumes de tráfego nas vias do sistema (ITE, 2016). Bruton (1979) explica que esse processo requer como *input* uma descrição completa da malha viária existente e/ou futura e uma matriz de viagens interzonais (Matriz OD).

Nesse sentido, a partir da demanda entre origens e destinos, os volumes são alocados tendo como base os caminhos mínimos entre os pares OD. Estes caminhos são definidos considerando o processo de escolha de rotas pelo usuário e comportamento do tráfego (CAMPOS, 2013).

Brasil (2006) menciona ainda que o carregamento considera as várias rotas alternativas e a escolha do percurso obedece ao critério de menor impedância, que representa a resistência que o usuário enfrenta para atingir seu destino. A impedância pode ser função do tempo, distância, custo, ou a combinações entre eles. No que se refere aos estudos urbanos, a impedância de tempo é a mais usual.

A Figura 8 ilustra um exemplo de rede viária, na qual estão destacados os valores de tempo de percurso em cada *link*. Esses valores de tempo de percurso são usados como uma medida de impedância para a alocação de tráfego.

Figura 8 – Tempo de percurso como impedância para a alocação de tráfego



Fonte: Adaptado de Hoel, Garber e Sadek (2011)

Segundo Bruton (1979), a escolha do método a ser utilizado em um determinado estudo depende do seu propósito e do grau de sofisticação requerido nos resultados.

Brasil (2006) destaca que devido à complexidade dos cálculos a serem feitos para o processo de alocação, é imprescindível o uso de sistemas computadorizados.

A seguir são listados alguns dos métodos de alocação disponíveis em *softwares* de simulação, como o AISUM, SUMO e VISUM.

- a) Tudo ou Nada;
- b) Incremental;
- c) Equilíbrio do Usuário;
- d) Equilíbrio Estocástico do Usuário.

Ortúzar e Willumsen (2011) colocam que o método de alocação de tráfego mais básico é o “tudo ou nada”. Apesar de ser considerado mais simples quando comparado a outros métodos existentes, permite identificar os segmentos que estão mais carregados e que, possivelmente, são gargalos no sistema. Campos (2013) coloca que esse método se baseia no conceito de que definida a melhor rota (caminho mínimo) entre uma origem e um destino todo o fluxo passaria por esta rota, independente da capacidade. Desse modo, essa técnica permite obter uma visão macro da distribuição do tráfego, não sendo eficiente para uma análise econômica e operacional de alternativas viáveis de transporte.

De acordo com Senna (2014), o método de alocação incremental considera as restrições de capacidade impostas pela rede de transportes. A partir da utilização de funções que relacionam o tempo de percurso em uma ligação com o volume alocado a ela, o método incremental procura estabelecer caminhos alternativos entre pares de zonas, que levem em consideração a saturação dos sistemas. Dessa forma, o procedimento simula uma situação de equilíbrio entre a oferta e a demanda por transportes, atualizando as condições de tráfego após o carregamento de cada incremento da demanda.

Segundo Ortúzar e Willumsen (2011), os modelos de equilíbrio utilizam como base programação matemática, e consideram o primeiro princípio de Wardrop, onde todas as rotas usadas do mesmo par origem e destino devem ter o mesmo custo, e que todas as rotas não utilizadas devem ter custo maior ou igual as utilizadas. Campos (2013) coloca que este método busca reproduzir a decisão do motorista na escolha da sua rota, ou seja, assumindo que ele escolhe a rota que oferece o menor tempo de viagem. Todavia, dependendo da hora e do volume nas vias, pode existir mais de uma

rota com um tempo mínimo de viagem. Com base nesse princípio, os motoristas alterariam suas rotas em função do estado do sistema até que uma situação de "equilíbrio" fosse alcançada. Segundo Senna (2014), o método de alocação por equilíbrio de usuários é o mais adequado do ponto de vista teórico, porém é computacionalmente mais trabalhoso. No contexto de transporte urbano e metropolitano, a utilização desse método é importante para representar os efeitos decorrentes do congestionamento.

Para Ortuzar e Willumsen (2011), os métodos estocásticos de alocação de tráfego evidenciam a variação na percepção dos custos pelos motoristas e a medida composta que eles procuram minimizar (distância, tempo de viagem, custos generalizados). Esses métodos consideram as segundas melhores rotas, o que acarreta problemas adicionais, já que o número de rotas secundárias alternativas entre cada par OD pode ser extremamente grande.

2.6 AJUSTE DE MATRIZ OD

Dados de demanda de tráfego são um dos primeiros requisitos nos estudos de tráfego. Bert (2009) destaca que a matriz OD é um elemento essencial nos modelos de tráfego, porém os métodos amostrais de coleta de dados são onerosos e complexos. Cascetta (2009) observa que a técnica de estimação de matrizes utilizando dados de contagens de tráfego tem sido amplamente estudada nas últimas décadas, devido ao fato de que os dados de contagem podem ser obtidos de forma automatizada, o que reduz custos e esforços.

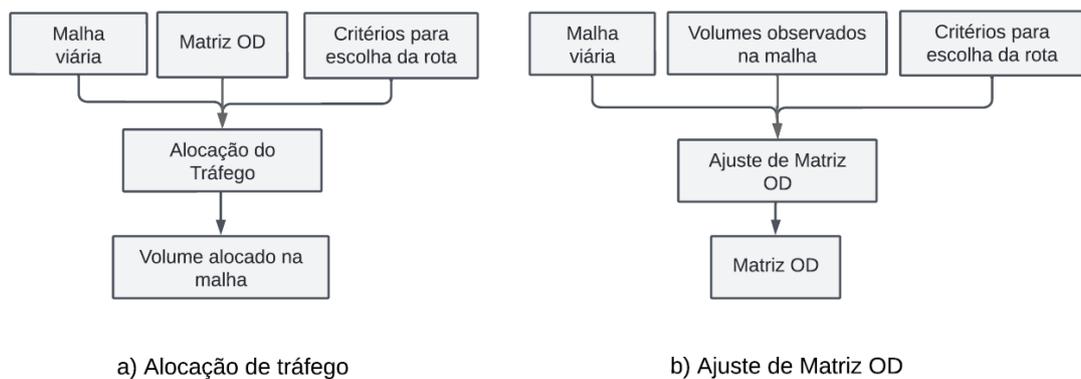
Pitombeira Neto (2015) coloca que o procedimento de estimação de matrizes (ou ajuste de matriz OD) tem por objetivo estimar a matriz OD por meio de um modelo matemático que relaciona os volumes de tráfego nos *links* da rede de transporte com os fluxos de OD entre as zonas. A matriz OD obtida é chamada de matriz OD sintética, uma vez que não é estimada por observação direta de viagens, mas como saída de um modelo que utiliza dados indiretos sobre a demanda de viagens.

Segundo Yang e Zhou (1998), para a estimação das matrizes OD têm sido propostas e aplicadas técnicas que buscam atualizar ou melhorar uma antiga matriz OD, são elas: maximização de entropia, minimização de informação e mínimos quadrados. Os autores destacam que os métodos são capazes de fornecer diferentes graus de precisão, uma vez que a qualidade das matrizes OD estimadas dependem

da precisão dos dados de entrada (contagens de tráfego e matriz OD prévia) e do número de localizações dos pontos de contagem de tráfego na rede.

De acordo com Pitombeira Neto (2015), a estimação de matriz OD pode ser definida como o procedimento inverso da alocação de tráfego, visto que a alocação busca por volume nos *links* com base na demanda e o ajuste de matriz OD consiste em encontrar a demanda que produziu um conjunto de volumes de tráfego observados em um período de tempo. A Figura 9 mostra representações esquemáticas para observar a relação entre a alocação de tráfego, descrita na Seção 2.5, e o ajuste de matriz OD.

Figura 9 – Comparação entre os procedimentos de alocação de tráfego e ajuste de matriz OD



Fonte: Adaptado de Cascetta (2009)

Bert (2009) e Pitombeira Neto (2015) apresentam que a falta de dados de tráfego acarreta em um problema de subespecificação, uma vez que o número de pares OD com viagens desconhecidas é significativamente maior do que o número de contagens na malha viária. Dessa forma, existe mais de uma matriz OD que, quando alocada, reproduz os volumes observados nas vias.

Neste contexto, Pitombeira Neto (2015) observa que uma matriz OD prévia que represente os padrões de viagem e forneça informações adicionais aos fluxos OD é utilizada nos modelos, de modo a superar o problema da subespecificação. Essa matriz prévia pode ser uma matriz desatualizada, uma matriz amostral, ou ainda uma matriz modelada a partir de estudos de geração e distribuição de viagens.

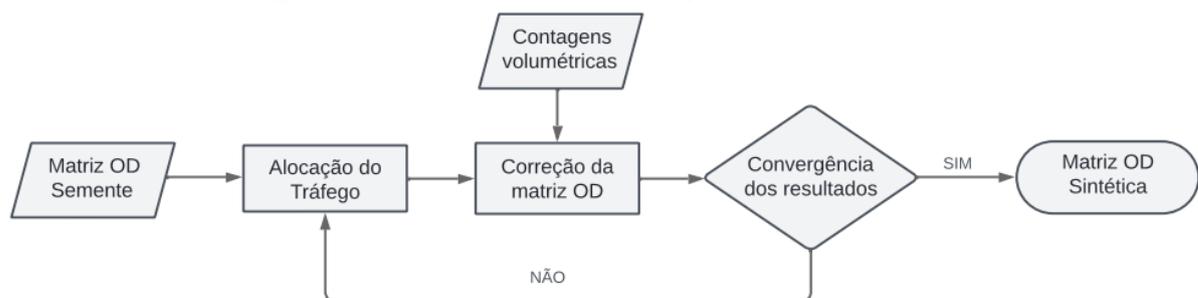
Segundo o autor, essa matriz prévia pode ser utilizada como uma matriz semente no início do procedimento. No entanto, ao final do processo, a matriz

resultante pode não conter nenhum valor apresentado na matriz prévia, de maneira que a única semelhança entre elas sejam os padrões de distribuição de viagens.

De acordo com Bert (2009), a matriz semente fornece uma base com informações para contornar o problema da subespecificação, como estrutura, volumes, ou limites para a matriz resultante, de modo que os resultados dos volumes encontrados são comparados com os valores fornecidos para a validação do procedimento.

Bert (2009) afirma que uma estimativa de matriz OD é composta por dois processos distintos: alocação de tráfego, que gera a distribuição do tráfego na malha viária e correção de OD, que modifica a matriz de OD com base nas contagens de tráfego, como exibe a Figura 10.

Figura 10 – Procedimento de ajuste de matriz OD



Fonte: Adaptado de Bert (2009)

Conforme explica Bert (2009), a partir de uma matriz semente, é realizado o processo de alocação da demanda de tráfego na malha viária. Essa matriz alocada é utilizada no ajuste da matriz OD, onde novos pares são estimados com base nos volumes de contagem de tráfego. Após o ajuste, a matriz resultante é verificada quanto à convergência dos resultados. Caso a verificação não atenda a critérios estabelecidos, a matriz resultante é atualizada e novamente alocada na malha viária, iniciando um processo iterativo, que leva em consideração as modificações na demanda a cada ajuste. Caso atenda aos critérios de convergência, o processo termina e o resultado final é chamado de matriz OD sintética.

2.7 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO

De acordo com FHWA (2004b), os processos de calibração e validação são definidos da seguinte maneira:

- calibração: é o processo em que o analista seleciona os parâmetros do modelo que melhor reproduzem as condições de operação do tráfego local medido em campo.
- validação: é o processo em que o analista checa a performance geral do tráfego previsto em comparação com medições de campo, como volumes, tempos de viagem, velocidades médias e atrasos.

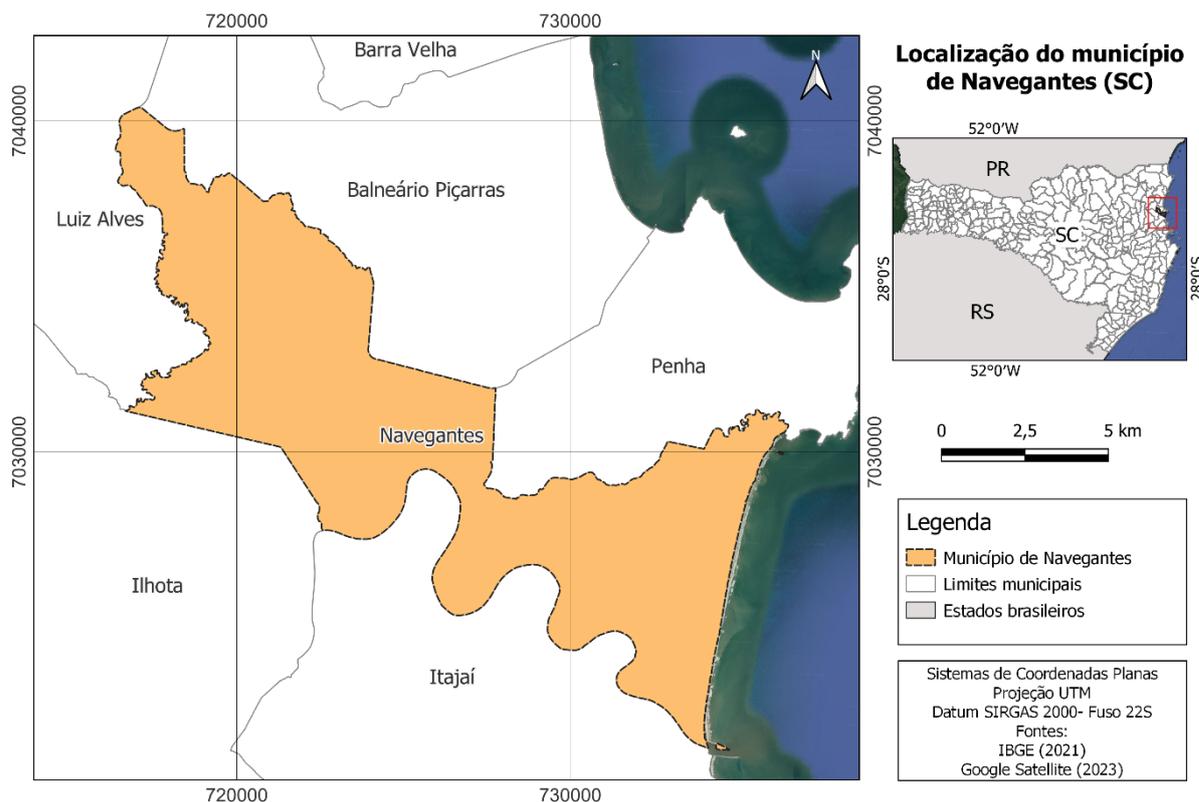
Para Spiegelman, Park e Rilett (2011), a calibração é o processo de modificar os parâmetros padrão do programa de modo que o modelo reproduza as condições observadas de tráfego com a maior precisão possível. Para os mesmos autores, a validação é o processo de avaliar se as regras e relações intrínsecas fundamentais do modelo são capazes de capturar adequadamente as suas propriedades objetivadas.

Ortúzar e Willumsen (2011) afirmam que o processo de validação deve ser realizado com um conjunto de dados que não tenha sido utilizado no processo de calibração.

3 ÁREA DE ESTUDO

Navegantes é um município brasileiro situado no estado de Santa Catarina, como mostra a Figura 11. A cidade faz parte da mesorregião do Vale do Itajaí e está localizada na margem esquerda da foz do Rio Itajaí-Açu. A economia é baseada na indústria pesqueira, naval e na atividade portuária⁴.

Figura 11 – Localização do Município de Navegantes (SC)



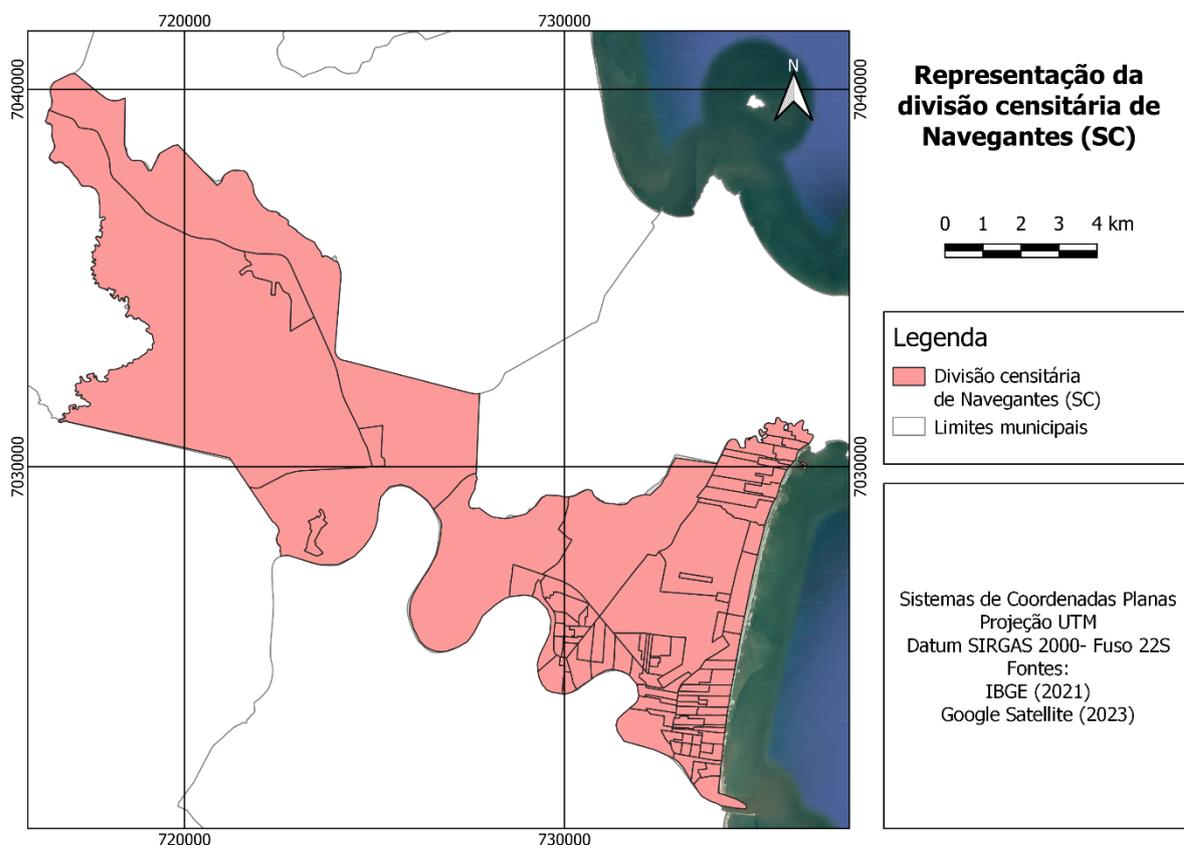
Fonte: Elaboração própria, com imagens de satélite do Google e dados vetoriais do IBGE (2023)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2021), a área da unidade territorial do município é de 111.377 quilômetros quadrados e a população é estimada em 85.734 habitantes. O município está dividido em 14 bairros e 94 setores censitários. A Figura 12 exhibe a representação da divisão censitária da área de estudo, conforme dados obtidos do IBGE⁵.

⁴ Disponível em: <<http://www.acin.com.br/index.php/sobre-navegantes/>> Acesso em: 20/10/2022.

⁵ Disponível em: < <https://portaldemapas.ibge.gov.br>> Acesso em: 08/11/2022.

Figura 12 – Representação da divisão censitária de Navegantes (SC)



Fonte: Elaboração própria, com imagens de satélite do Google e dados vetoriais do IBGE (2023)

As fontes de dados técnicos relacionados com a demanda de tráfego disponíveis para a área de estudo estão apresentadas a seguir.

3.1 MATRIZ OD

A matriz OD existente para o município de Navegantes é apresentada no Relatório Final da Pesquisa de Origem e Destino, publicado pela Associação dos Municípios da Foz do Rio Itajaí (AMFRI) (AMFRI, 2016).

O documento aborda a pesquisa de origem e destino realizada com o objetivo de levantar as características de deslocamentos realizados pela população em suas atividades diárias para estabelecer relações quantitativas entre as viagens realizadas e outras variáveis como características socioeconômicas e aspectos físicos e urbanos da ocupação.

Pelo método de entrevista domiciliar, os pesquisadores coletaram 805 (oitocentos e cinco) entrevistas, considerando todos os bairros e localidades da cidade de Navegantes, durante o período de 9 a 18 de novembro de 2015.

De acordo com o documento, os pesquisadores questionaram sobre os dados relativos à realidade socioeconômica de cada entrevistado, antes de abordar sobre as características de seus deslocamentos.

Em relação aos deslocamentos, dos 2.371 moradores entrevistados, 1.313 realizaram deslocamento, gerando ao todo 2.950 deslocamentos. Destes, 35,93% foram realizados por automóvel, 32,81% a pé, 13,25% por bicicletas, 9,69% por motos, 2,98% por van, 2,47% por ônibus intermunicipal, e todos os demais modos não alcançaram 2% de participação nos deslocamentos cada. A pesquisa revelou que de todos os deslocamentos feitos, 53,79% são por modos motorizados (46,03% individuais e 7,76% coletivos) e 46,03% são por modos não-motorizados.

Ao final, o documento aborda sobre a matriz OD obtida com a realização da pesquisa, a qual é apresentada no Apêndice E. No documento consta que as informações apresentadas na matriz OD estão dispostas em porcentagem, representando a proporção sob os 2.950 deslocamentos mapeados. Todavia, o documento não menciona o cenário temporal para qual os dados são representativos, podendo ser em termos de volumes médios diários, algum volume horário ou do volume total ao longo dos 10 dias de entrevistas. Portanto, essa matriz OD a rigor técnico não pode ser utilizada como dado de demanda para estudos de tráfego.

Com base nas informações apresentadas na matriz OD do Município de Navegantes, a área de estudo é dividida em 25 zonas de tráfego, identificadas por meio da designação das localidades de origem e destino das viagens, uma vez que nem as zonas de tráfego e nem os centroides foram georreferenciados no documento.

3.2 CONTAGENS VOLUMÉTRICAS

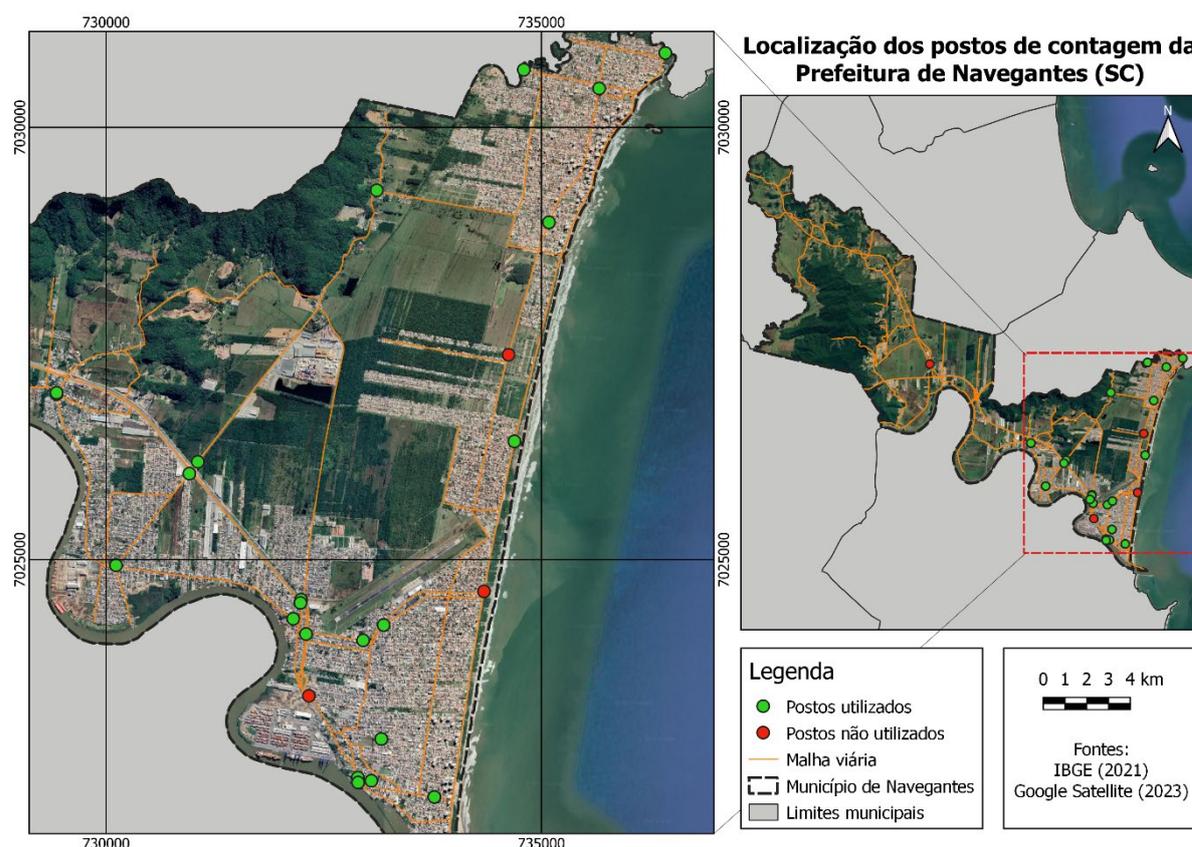
A Prefeitura de Navegantes, por meio da Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social, possui um sistema de monitoramento com câmeras instaladas em pontos estratégicos das ruas da cidade que tem o objetivo de monitorar a circulação de veículos e a segurança pública do município.

Esse sistema realiza o controle do trânsito 24 horas por dia, de modo que é possível obter dados de volume de tráfego a partir de contagens automatizadas feitas pelo próprio *software* do sistema.

No entanto, como os dados obtidos por esse sistema não são públicos e são considerados a única fonte de contagens de tráfego existentes da malha viária do município, foi necessário entrar em contato com o órgão responsável para solicitar o acesso às contagens. Dessa forma, os dados de contagem de tráfego foram disponibilizados por meio de um endereço eletrônico com liberação de acesso exclusivo para fins deste trabalho.

Na Figura 13 é apresentada a localização das câmeras da prefeitura de Navegantes, as quais para fins deste trabalho são consideradas como postos de contagens.

Figura 13 – Localização dos postos de contagem da Prefeitura de Navegantes



Fonte: Elaboração própria, com imagens de satélite do Google e dados vetoriais do IBGE (2023)

A obtenção dos dados de contagem de tráfego presentes no sistema de monitoramento do Município de Navegantes é realizada através do *download* dos

relatórios de “fluxos por câmera” do sistema. Esses relatórios têm como saída arquivos CSV contendo o nome da câmera, o volume total e a média de veículos no dia da contagem, a hora e o volume de pico, a “hora e o volume de baixa⁶”, o volume em cada intervalo de hora (das 00h às 23h) e informações adicionais sobre volume por cidade, por modelo de veículo. Um exemplo da estrutura do arquivo de saída dos relatórios de fluxos é apresentado no Apêndice F.

3.3 CENÁRIO TEMPORAL

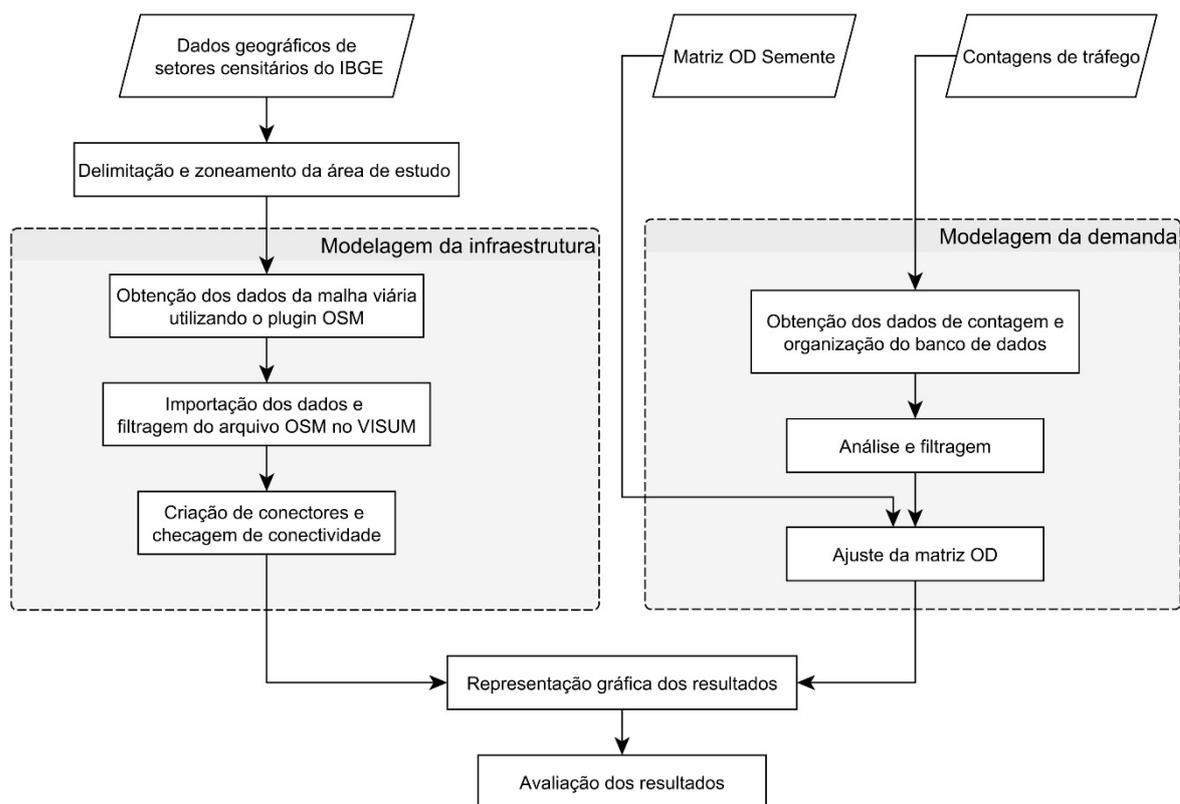
Para a definição do cenário temporal deve ser considerado que apesar de estar localizada em área urbana, a área de estudo também apresenta características de áreas de recreio por se tratar de uma cidade litorânea. Nesse sentido, em relação aos meses, eles devem ser analisados dentro dos dados de contagem disponíveis entre os meses de novembro de 2022 a março de 2023, os quais também correspondem a um período que abrange os movimentos habituais da área urbana, bem como os movimentos decorrentes de férias de fim de ano. Já o cenário de hora de pico é conhecido por meio da análise dos dados de volumes horários ao longo dos dias.

⁶ “Volume de baixa” não é um termo técnico na engenharia de tráfego e que possa ser encontrado em qualquer documentação técnica da área. Pela análise dos valores que aparecem neste campo dos relatórios aparentemente são tratados como volumes mínimos nos dias de contagem.

4 MÉTODO

Este capítulo aborda o método empregado na execução deste trabalho. O método consiste na obtenção e processamento dos dados de infraestrutura e demanda da área de estudo para aplicação de modelagem macroscópica por meio do uso de *software* disponível gratuitamente. A Figura 14 apresenta o fluxograma das principais etapas do método.

Figura 14 – Método do trabalho



Fonte: Elaboração própria (2023)

4.1 SOFTWARES

A escolha dos *softwares* a serem utilizados neste trabalho é feita priorizando *softwares* de código aberto (*open source*)⁷ e *softwares freeware*⁸. No entanto, para simulação de tráfego, o *software* deve atender ao requisito de ajuste de matriz OD, o qual foi alcançado com o *software* VISUM. Os *softwares* utilizados para auxiliar os

⁷ São *softwares* que são disponibilizados gratuitamente para qualquer pessoa acessar, copiar, modificar e redistribuir.

⁸ São *softwares* que embora sejam protegidos por direitos autorais, estão disponíveis sem nenhum custo para uso ilimitado.

procedimentos necessários para o desenvolvimento deste trabalho são listados a seguir.

1) VISUM

O VISUM é um *software* de planejamento de transportes da empresa alemã PTV Group. Neste trabalho, em sua versão estudante 2023, é utilizado para o procedimento de ajuste de matriz OD e alocação de tráfego. Por se tratar de uma versão estudante, o *software* possui limitação de uso em 1500 *links*, 500 nós, 30 zonas de tráfego e tempo de sessão de 45 minutos.

2) QGIS

O Quantum GIS⁹ (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito e de código aberto (*open source*) licenciado sob a Licença Pública Geral (GNU) (GPL). A versão 3.22.6 do QGIS é utilizada neste trabalho no processamento de dados geográficos da infraestrutura da malha viária e na produção de figuras.

3) PostgreSQL

O PostgreSQL¹⁰ é um sistema de gerenciamento de banco de dados do tipo objeto-relacional de código aberto que emprega a linguagem *Structured Query Language* (SQL). Neste trabalho, a versão 15.2 do PostgreSQL é utilizada para o armazenamento, a consulta e o processamento dos dados de volume de tráfego.

4) DBeaver

O DBeaver¹¹ é uma ferramenta gratuita de banco de dados multiplataforma que suporta todos os bancos de dados populares como PostgreSQL e SQLite e tem por objetivo conectar e manipular vários tipos de banco de dados. Neste trabalho, a versão 23.0.1 do DBeaver é utilizada para um acesso mais visual ao banco de dados.

5) Python

O Python é uma linguagem de programação gratuita e de código aberto (*open source*). Neste trabalho, é utilizada na automatização de procedimentos sistemáticos através do desenvolvimento de *scripts*.

⁹ Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site>, acesso em: 15/04/2023

¹⁰ Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about>>, acesso em: 15/04/2023

¹¹ Disponível em: <<https://dbeaver.io/>>, acesso em: 15/04/2023

4.2 DELIMITAÇÃO E ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta etapa consiste na delimitação da área de estudo por meio de uma linha de contorno para auxiliar na coleta de dados sobre as viagens que ocorrem na área de estudo. A partir das informações sobre as viagens dentro e fora da área de estudo devem ser obtidos arquivos *shapefile* contendo as zonas de tráfego e os centroides.

Com o conhecimento das origens e destinos das viagens são obtidos e processados os dados vetoriais do IBGE relativos aos setores censitários. No QGIS, esses dados são refinados de modo a filtrar apenas os setores censitários associados a área de estudo. Posteriormente, é utilizada a ferramenta “*Dissolve*” para unificar os limites de setores censitários utilizando um atributo comum. Esse atributo pode ser o nome de um bairro ou um município, por exemplo. O resultado desse procedimento é a camada vetorial com a delimitação das zonas de tráfego da área de estudo.

No que tange aos centroides, eles devem ser alocados de forma realista dentro da zona de tráfego. Para isso, preliminarmente deve ser considerado que o centroide seja o ponto no centro geométrico da área de cada zona, aplicando a função “Centroids” no QGIS. Em seguida, os centroides devem ser verificados um a um com o objetivo de adequá-los ao local mais condizente com o início e fim das viagens. Geralmente, esse local corresponde à região de maior densidade populacional dentro da zona de tráfego.

A depender dos dados coletados da área de estudo, este procedimento pode ser dispensado uma vez que pode ocorrer de os dados já estarem georreferenciados corretamente sem que haja a necessidade de obtê-los ou ajustá-los.

4.3 MODELAGEM DA INFRAESTRUTURA

A seguir são apresentadas as etapas necessárias para a obtenção e processamento da malha viária para seu uso no modelo de simulação.

4.3.1 Obtenção dos dados da malha viária

Esta etapa consiste na obtenção da representação da malha viária a partir dos dados disponíveis no *website* OpenStreetMap (OSM)¹². O OSM é uma ferramenta colaborativa e gratuita, que fornece dados a respeito das vias. Para obter esses dados

¹² Disponível em: <https://www.openstreetmap.org> Acesso em: 08/11/2022.

para a área de estudo é utilizado o plugin “*OSM Downloader*” no QGIS, que permite traçar um retângulo que envolva todos os centroides e salvar o arquivo em formato “.osm”.

4.3.2 Importação e filtragem do arquivo OSM no VISUM

Esta etapa é realizada utilizando a ferramenta de importação de arquivos do VISUM. O primeiro passo é importar o arquivo OSM contendo os dados com a malha viária da área de estudo. Quando a malha viária é importada utilizando esse recurso, ela contém elementos excedentes que podem não ser relevantes para o propósito do estudo, podendo ser removidos, como:

- pontos de interesses;
- paradas, áreas de paradas e pontos de parada de ônibus.

Devido às limitações¹³ da utilização do *software* VISUM na versão estudante é necessária a realização de uma filtragem das vias com o objetivo de incluir no máximo 1500 *links* e 500 nós.

Para agilizar o processo de seleção das vias dentro da interface do VISUM é inserida a coluna “*Link Type/ Name*” na tabela de atributos dos *links*, a qual apresenta a classificação das vias segundo o OSM¹⁴. O OSM classifica as ciclovias (*cycleway*) e calçadas (*footway*) como vias na malha viária, as quais não são relevantes para este estudo e, portanto, devem ser removidas durante a filtragem.

Em seguida, a partir do conhecimento da área de estudo e observações em imagens de satélite, é possível remover as vias urbanas locais destinadas ao acesso às residências ou áreas restritas. Após esse processo, é verificada se a quantidade de *links* atende às limitações da versão estudante e observada a necessidade de acrescentar ou, ainda, excluir *links* que não sejam necessários para o modelo, considerando a manutenção dos *links* que coincidem aos percursos padrões de viagens entre as zonas de tráfego.

¹³ Limitações da versão de estudante em 1500 *links*, 500 nós, 30 zonas de tráfego e tempo de sessão de 45 minutos.

¹⁴ Disponível em: <<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Pt:Key:highway>>. Acesso em: 20/10/2022. Para o Brasil, disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Brazil/Classifica%C3%A7%C3%A3o_das_rodovias_do_Brasil> Acesso em: 15/03/2023.

4.3.3 Criação de conectores e checagem de conectividade

Nesta etapa, o arquivo *shapefile* contendo os centroides deve ser importado no VISUM e associado como “zones” (zonas de tráfego) para a realização da criação de conectores e checagem de conectividade.

A conexão entre os centroides e a malha viária é realizada por meio da criação de conectores utilizando a ferramenta do VISUM. Como parâmetros devem ser selecionados a classe de modo de transporte, a distância máxima entre os centroides e algum nó da malha viária e o número máximo de conectores por centroide. Esses parâmetros devem considerar as particularidades de cada área de estudo.

A checagem da conectividade da malha viária é feita por meio da ferramenta *Network Check* do VISUM, a qual analisa os caminhos possíveis entre todas as zonas. Caso não seja possível identificar um caminho de uma zona até outra, uma mensagem de erro é apresentada indicando a inconsistência. Para corrigir esse erro, é necessário entender o motivo¹⁵ da falta de conexão entre as zonas a fim de corrigir o problema manualmente através de ajustes na malha viária por meio da interface do VISUM.

4.4 MODELAGEM DA DEMANDA

A seguir são apresentadas as etapas necessárias para a realização da modelagem de demanda.

4.4.1 Importação dos dados de contagem e organização do banco de dados de contagem

Os procedimentos adotados nesta etapa são realizados com o objetivo de importar e organizar os dados de volume de tráfego a serem utilizados neste trabalho.

A importação dos dados de contagem da área de estudo é feita com o auxílio de programação *Python*, por meio do *script*¹⁶ desenvolvido pelo Prof. Alexandre Hering Coelho e apresentado no Apêndice A.

Após o *download* dos dados, um banco de dados PostgreSQL é criado para armazenar todos os dados dos registros dos postos de contagem do município. Para a criação desse banco de dados, é utilizado *script* desenvolvido pelo Prof. Alexandre

¹⁵ Pode ser a falta de algum nó, um erro na consideração do sentido do *link* ou um erro na consideração do modo de transporte que trafega pelo *link*, etc.

¹⁶ O *script* foi desenvolvido especificamente para a importação dos dados através dos arquivos “csv” do sistema de monitoramento da área de estudo que é abordado na seção 3.

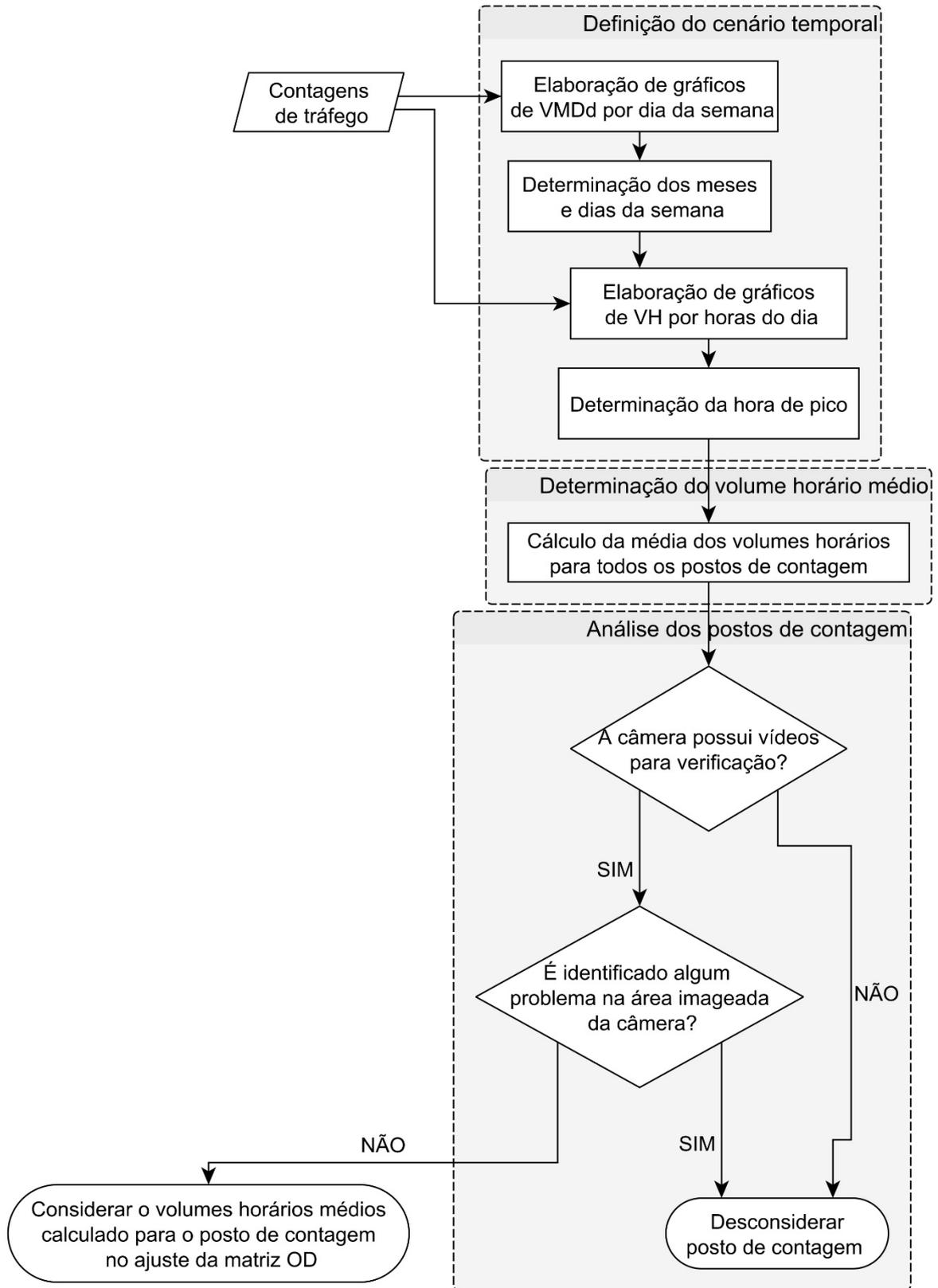
Hering Coelho, apresentado no Apêndice B, que importa para o banco de dados os arquivos em formato CSV de cada posto.

O procedimento faz a leitura dos arquivos e registra uma tabela no banco de dados para cada posto com o nome da câmera (posto de contagem), o *timestamp* (registro temporal) no formato yyyy-mm-dd hh:mm e o volume de tráfego, em veh/h (ou vph).

4.4.2 Análise e filtragem

A partir dos postos de contagem, esta etapa visa a obtenção dos volumes médios horários que devem ser inseridos na malha viária do modelo de simulação para a realização do procedimento de ajuste de matriz OD. O método utilizado para a determinação desse volume é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Processos para a determinação dos volumes médios horários



Fonte: Elaboração própria (2023)

a) Definição do cenário temporal

Esta etapa consiste em definir os meses, os dias da semana e a hora de pico do cenário temporal da área de estudo por meio de informações coletadas da área e análise de gráficos de VMDd por dia da semana.

Dessa forma, para a análise da completez dos dados de volume provenientes dos postos de contagem ao longo dos meses, os volumes são agrupados em VMDd e comparados ao longo dos dias da semana, por meio das instruções em SQL apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Instruções de SQL para verificação da completez dos dados

```
create view vmd as (select camera, extract('MONTH' from ts)
as mes, extract('ISODOW' from ts) as d_semana, date(ts) as
data, count(*), sum(volume) as vmd from analitico where
volume > 0 group by camera,mes,d_semana,data having
count(*)=24 order by camera,mes,d_semana,data);

select * from vmd;"

select camera, mes, d_semana, avg(vmd) from vmd group by
camera, mes, d_semana order by camera, mes, d_semana;
```

Fonte: Elaboração própria (2023)

Para melhorar a visualização dos dados, é utilizado o *script* desenvolvido pelo Prof. Alexandre Hering Coelho para a geração de gráficos, apresentado no Apêndice C. Ao examinar esses gráficos, é possível identificar os meses que apresentam uma maior ou menor disponibilidade de dados, o que permite decidir se eles devem ser considerados ou excluídos na análise. Além disso, também podem ser determinados os dias da semana em que se concentram os picos da área de estudo. Para a hora de pico deve ser observado o horário que corresponde ao maior volume nas vias da área de estudo, por meio da análise de gráficos de volumes horários ao longo das horas do dia, considerando todos os postos de contagem.

b) Determinação do volume horário médio de cada posto de contagem

Esta etapa consiste em determinar os volumes horários médios de cada posto de contagem para o cenário temporal determinado na etapa anterior para a área de estudo.

Para a obtenção do volume horário médio, o procedimento utiliza o *software* DBeaver, conectado ao banco de dados PostgreSQL criado, o qual relaciona o posto de contagem com o resultado do cálculo da média aritmética dos volumes, em veh/h, para a hora de pico, os dias da semana e os meses definidos no cenário temporal. As instruções de SQL apresentadas no Quadro 2 permitem uma visualização dos dados, segundo os critérios determinados para o trabalho.

Quadro 2 – Instruções de SQL para obtenção do volume horário médio

```
select camera, count(*), avg(volume) from analitico where
extract(month from ts) in (MESES) and extract(hour from
ts) = HORA DE PICO and extract(isodow from ts) in (DIAS
DA SEMANA) and volume > 0 GROUP BY camera ORDER BY
camera;
```

Fonte: Elaboração própria (2023)

Os argumentos definidos como MESES, DIAS DA SEMANA e HORA DE PICO devem ser preenchidos considerando o cenário temporal definido na etapa anterior.

c) Análise das imagens dos postos de contagem

Esta etapa consiste na análise das imagens dos postos de contagem com o intuito de verificar a sua localização e posicionamento, observando o número de faixas e o sentido correspondente a cada uma, a fim de identificar possíveis problemas relacionados com a área imageada da câmera, resultando em inconsistências nos registros. Essas inconsistências podem estar relacionadas com uma falha na detecção dos veículos durante a contagem, que pode ocorrer quando a direção do eixo óptico da câmera não abrange adequadamente a(s) faixa(s) da via cujo sentido está sendo analisado. Ou seja, podem ser contabilizados veículos que trafegam no sentido oposto, ou até mesmo, a não contabilização de veículos que trafegam em outra faixa de tráfego no mesmo sentido, por oclusão na área imageada. Essas

situações podem comprometer a precisão dos dados coletados, de modo que elas devem ser identificadas.

Para avaliar os postos de contagem que podem ser utilizados, é necessário analisar as imagens de cada posto através dos vídeos disponíveis no sistema de monitoramento. Se não houver vídeos para verificar a posição da câmera, o posto de contagem deve ser descartado.

Caso não seja identificado nenhum problema na área imageada da câmera, os dados de volumes são diretamente usados no procedimento de ajuste da matriz OD. Caso contrário, os postos de contagem devem ser desconsiderados.

4.4.3 Ajuste de matriz OD

Nesta seção são descritas as etapas adotadas para a realização do ajuste de matriz OD. Os dados de entrada para o procedimento de ajuste de matriz OD são:

- malha viária com os dados de volume horário associados aos *links*;
- centroides da matriz OD;
- matriz OD semente, com os padrões de viagem.

A associação dos dados de volumes obtidos dos postos de contagem nos *links* da malha viária é feita vinculando o dado manualmente¹⁷ na interface do VISUM, de acordo com a localização e o sentido da câmera do posto.

Após a preparação dos dados de entrada, deve ser criada uma matriz OD com demanda vazia para a classe de veículos privados “Car”. Para a associação da matriz de demanda criada com a respectiva classe de modo de transporte, é utilizada a interface de gerenciamento de dados de demanda. Em seguida, os dados de demanda da matriz OD semente, representando os padrões de viagens, são copiados de uma planilha eletrônica para a matriz OD criada na interface do VISUM.

A execução do ajuste de matriz OD envolve a criação e configuração das operações do *procedure sequence* utilizando a interface do VISUM. A disposição adequada das operações a serem executadas é extraída do Capítulo 20.8.1 do manual do usuário do VISUM (PTV, 2023) e do vídeo institucional¹⁸ da PTV Group sobre o procedimento de ajuste de matriz OD.

¹⁷ Poderia ser feita também via script pela interface COM do VISUM

¹⁸ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=s3RIPIXEpV8&t=285s>>, acesso em: 15/03/2023

A primeira operação envolve a alocação dos volumes de tráfego na malha viária com base na demanda inserida na matriz OD. Para isso, é necessário selecionar a classe de modo de transporte cuja demanda deve ser alocada e o método de alocação. O método de alocação escolhido é o “*equilibrium assignment*” do VISUM, relativo aos modelos de equilíbrio que tem como base o princípio do Equilíbrio de Wardrop, como mencionado na Seção 2.5.1. A escolha do método atenta ao fato de que ele é considerado o mais adequado por ser o método padrão do VISUM e ser indicado no contexto de simulações de transporte urbano, conforme coloca Senna (2014).

Na segunda operação a matriz de demanda é corrigida, selecionando-se a classe de modo de transporte e o método de correção. Neste trabalho, a classe de transporte é o privado “*Car*” e o método de correção adotado é o de mínimos quadrados. Além disso, é necessário configurar o procedimento na interface de configuração da operação de correção da matriz de demanda, na aba “*count values*”, selecionando apenas a opção para serem utilizados dados de contagens existentes nos *links* e associado o atributo “CAM_COUNT”, que armazena os dados de volumes horários provenientes dos postos de contagem. As demais configurações devem ser mantidas no padrão do *software*, conforme as instruções do manual do usuário do VISUM.

A terceira operação consiste na alocação do tráfego utilizando a demanda armazenada na matriz corrigida. Os parâmetros para a alocação seguem os mesmos inseridos na primeira operação.

A quarta operação faz a análise dos resultados da alocação por meio da criação do procedimento “*assignment analysis*”. Na configuração deste procedimento devem ser selecionados o elemento da rede a ser analisado (*links*) e a opção para que sejam analisados apenas os *links* com valores de contagem não nulos.

Após a execução da sequência de procedimentos configurada, é gerado um gráfico que relaciona o volume observado com o volume alocado a partir da matriz corrigida. Em cada iteração (execução do *procedure sequence*) o resultado do coeficiente de determinação (r^2) do novo gráfico é comparado com o do gráfico anterior. O critério de parada do *procedure sequence* corresponde a uma variação menor do que 0,01 para o r^2 entre duas iterações consecutivas, considerando assim o resultado como satisfatório.

5 APLICAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

Esta seção apresenta os resultados obtidos com a aplicação dos procedimentos descritos no método e com a utilização dos dados de demanda da área de estudo, sendo a matriz OD do Município de Navegantes utilizada como matriz semente na execução do procedimento de ajuste de matriz OD.

5.1 DELIMITAÇÃO E ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

Uma vez que os dados foram obtidos da matriz OD do Município de Navegantes, a delimitação de uma *cordon line* e a divisão em zonas internas e externas não é necessária para o trabalho. No entanto, a título de exercício, foi incorporado ao trabalho os elementos típicos de uma área de estudo, visto que são considerados essenciais no contexto de planejamento de transportes.

Em razão da indisponibilidade de dados espaciais como coordenadas geográficas ou camada de dados vetoriais da matriz semente foi necessário realizar esta etapa com o objetivo de definir as posições dos centroides.

Como mencionado no capítulo 3, as zonas de tráfego da área de estudo foram identificadas por meio da designação das localidades de origem e destino das viagens apresentadas na matriz OD. Com isso, foi observado que as zonas internas são coincidentes com os bairros do município, enquanto as zonas externas são relativas a alguns municípios da região.

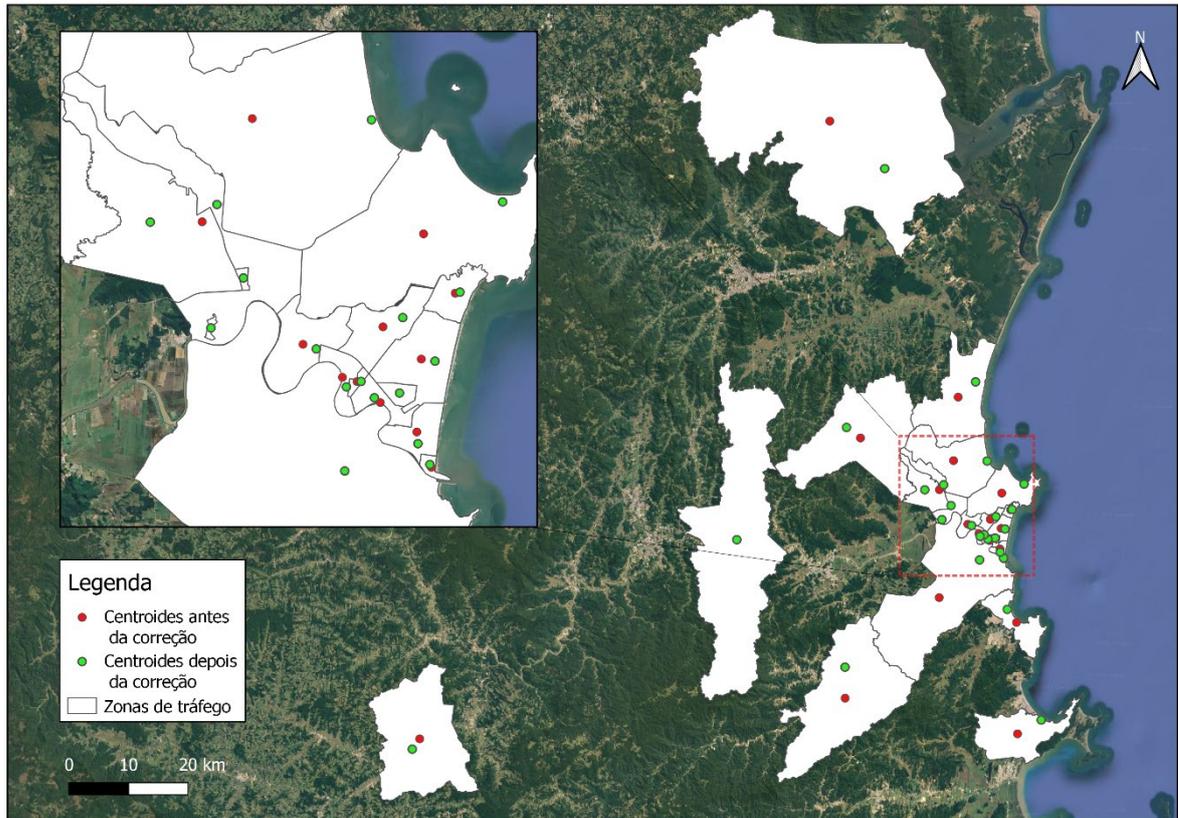
Devido à ausência de uma camada vetorial de bairros do município, essa informação foi processada utilizando a camada de setores censitários do IBGE para o estado de Santa Catarina. No *software* QGIS, os setores censitários foram filtrados para o Município de Navegantes e, em seguida, os limites de setores censitários foram unificados utilizando o atributo comum de “NM_BAIRRO”, relativo ao nome do bairro, por meio da ferramenta “*Dissolve*”.

Quanto às zonas externas, elas foram obtidas a partir da camada vetorial de municípios do estado de Santa Catarina disponibilizada pelo IBGE e filtradas de acordo os municípios apresentados na matriz OD existente.

Os centroides foram definidos como o ponto no centro geométrico da área de cada zona, aplicando a função “Centroids” no QGIS. Com o objetivo de aproximar a posição dos centroides às áreas mais urbanizadas e representativas das viagens da

malha viária, alguns centroides foram movidos para um local mais representativo da origem e do destino das viagens, como mostra a Figura 16.

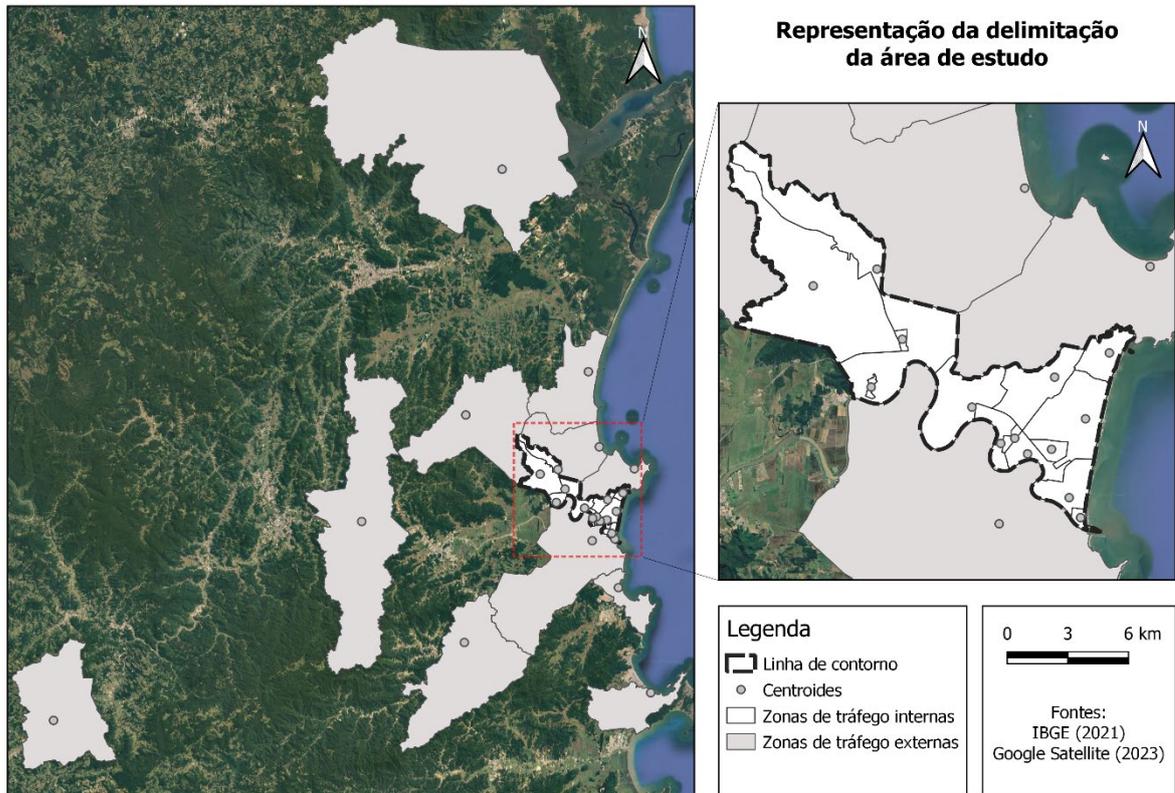
Figura 16 – Correção na posição dos centroides



Fonte: Elaboração própria, com imagens de satélite do Google e dados vetoriais do IBGE (2023)

Na Figura 17 é apresentado o resultado do zoneamento da área de estudo.

Figura 17 – Representação da delimitação da área de estudo



Fonte: Elaboração própria, com imagens de satélite do Google e dados vetoriais do IBGE (2023)

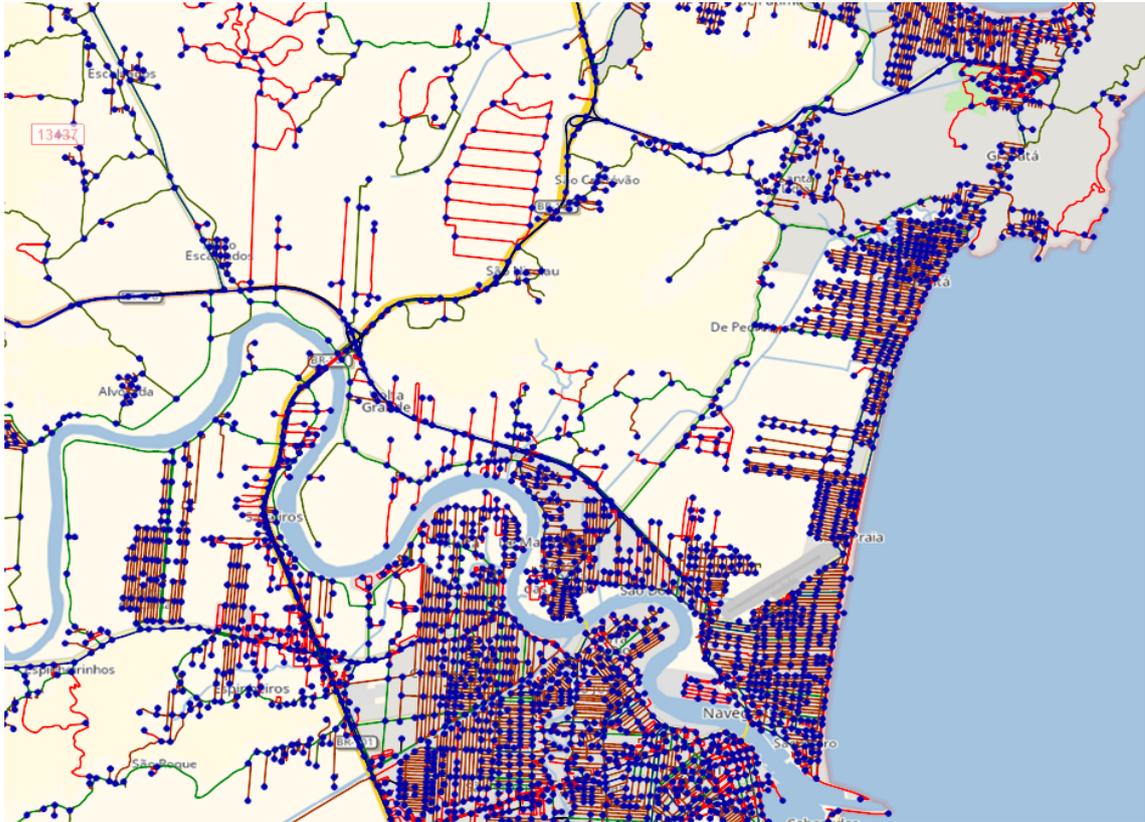
5.2 MODELAGEM DA INFRAESTRUTURA

A modelagem da infraestrutura do modelo de simulação foi elaborada utilizando os dados de infraestrutura do OSM. O arquivo OSM, com os dados de infraestrutura foi importado no VISUM. A malha viária continha informações excedentes, as quais não eram relevantes para o propósito do estudo, como pontos e áreas de paradas de ônibus, calçadas e ciclovias. Dessa forma, essas informações foram removidas.

Além disso, devido às limitações do *software* já mencionadas, foi necessário remover *links* a fim de obter no modelo um número máximo de 1500. Com o conhecimento da área de estudo, os *links* de vias locais foram removidos, de modo a manter as vias que são frequentemente utilizadas nas viagens entre as zonas de tráfego da área de estudo. Após essa filtragem, foram adicionados alguns *links* ao modelo para permitir outros percursos, uma vez que o limite máximo de *links* não foi atingido.

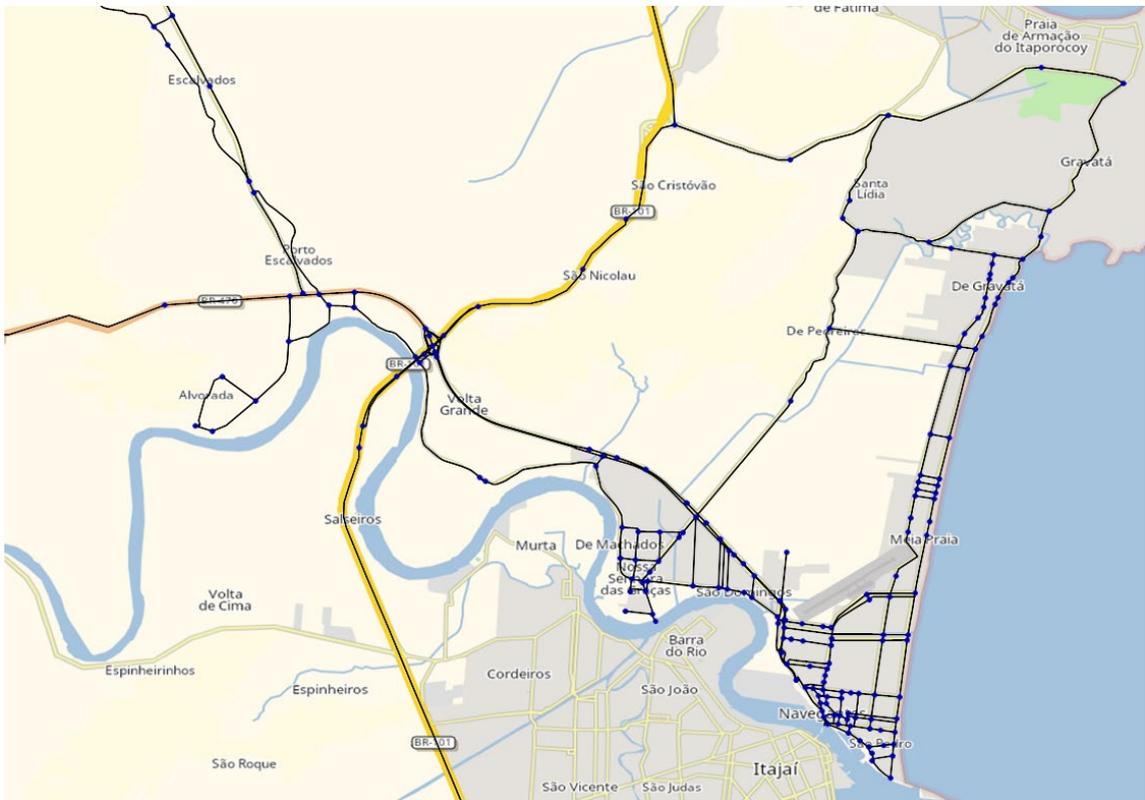
A malha viária antes e depois do procedimento de filtragem é apresentada, respectivamente, na Figura 18 e Figura 19.

Figura 18 – Malha viária antes da filtragem



Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

Figura 19 – Malha viária depois da filtragem



Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

Além disso, para aproximar o modelo à realidade, foi necessário realizar ajustes nos *links*, alterando as velocidades máximas permitidas nas vias, de acordo com o regulamentado.

Em seguida, os centroides obtidos na etapa anterior foram inseridos no modelo como zonas de tráfego. E essas, foram conectadas a malha viária através de conectores. Na criação de conectores da área de estudo, foram definidos os seguintes parâmetros: classe de modo de transporte igual ao transporte privado; distância máxima entre a zona de tráfego mais distante da malha viária e o nó mais próximo para a sua conexão igual a 100 km; e número máximo de conectores por centroide preliminarmente adotado como 3, considerando que as cidades podem ter mais de uma conexão com a malha rodoviária, porém cada conexão foi verificada manualmente a fim de que sejam representativas da realidade, de modo que o número de conectores por centroides pode variar em cada zona de tráfego.

Para verificar a conexão da malha viária foi utilizada a ferramenta *Network Check* do VISUM. Durante esse procedimento, foi constatado que algumas zonas de tráfego não estavam conectadas entre si.

Para auxiliar na identificação dos erros que estavam comprometendo a conectividade, foi usada a ferramenta *shortest path search* do VISUM, a qual exibe o percurso realizado pelas viagens na malha viária. Assim, foi verificado que os erros foram causados por problemas nas permissões de movimento de veículos em determinados *links*, bem como por problemas na conexão dos nós e *links* na malha viária entre as zonas indicadas. A correção foi feita manualmente na interface do VISUM até que a ferramenta *Network Check* não apresentasse mais nenhum erro, garantindo assim a conectividade na malha viária.

A ferramenta *shortest path search* também permite identificar o caminho de menor impedância entre as zonas de tráfego. Sendo assim, nos casos cujo percurso alocado pelo *software* não era condizente com o percurso típico¹⁹, foram alterados os pontos de conexão dos conectores na malha viária para adequar as viagens à realidade. Essa etapa contou com a realização de vários testes para identificar o ponto que melhor adequava o percurso indicado pelo *software* para as viagens entre as zonas.

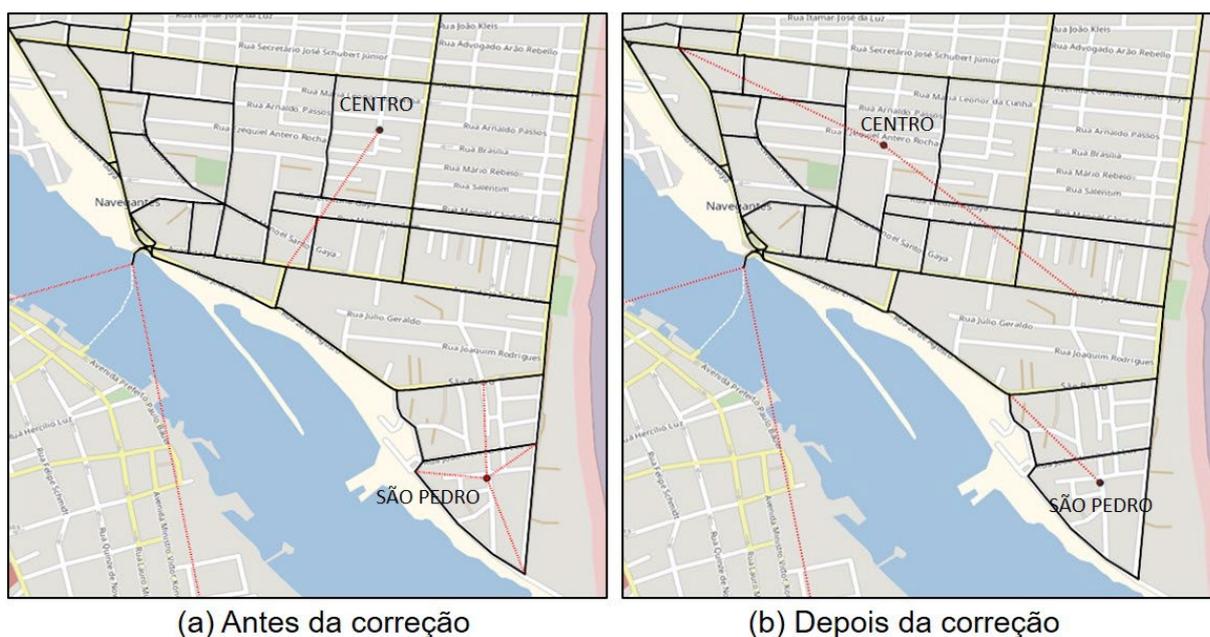
¹⁹ Experiência do autor.

A Figura 20 mostra a posição dos conectores da malha viária apresentando o antes e depois da correção para os bairros Centro e São Pedro. O ajuste no bairro Centro foi feito com a intenção de distribuir os percursos das viagens de origem e destino nesse centroide. Já o ajuste no bairro São Pedro, considerou os vários testes realizados na malha viária, comparando os percursos indicados pelo *software* com os percursos típicos realizados entre as zonas.

Na Figura 21 é apresentada a correção dos conectores para o bairro Meia Praia, que foram ajustados para distribuir melhor o tráfego após a identificação dos percursos que estavam sendo indicados pelo *software*. Em relação aos demais conectores foram analisados, porém não necessitaram de correção.

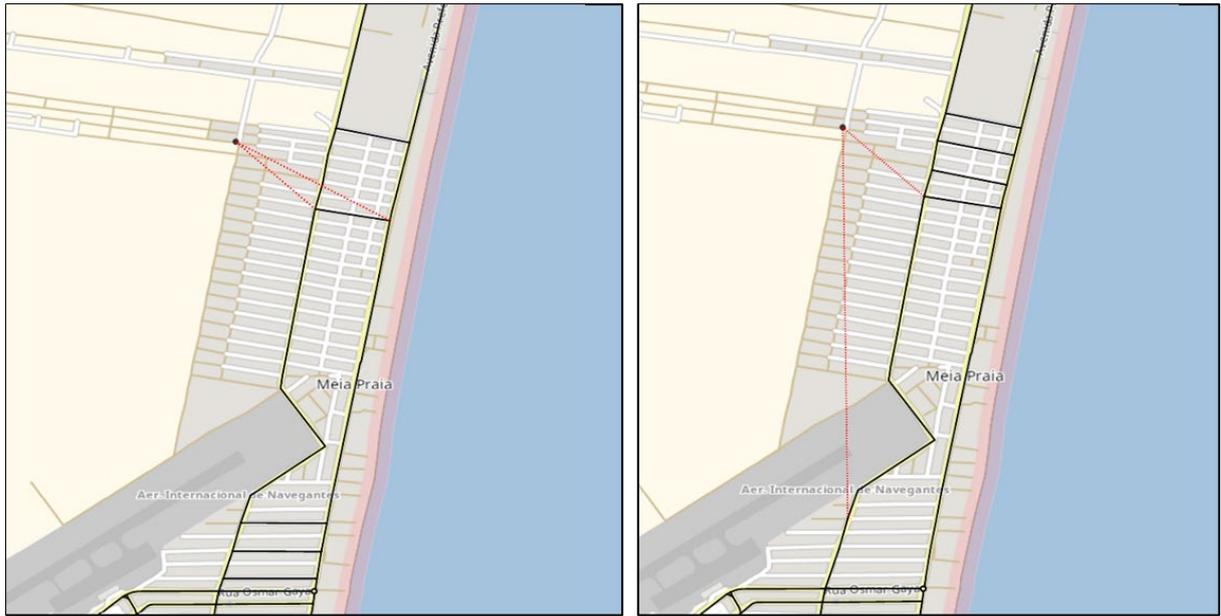
Com o fim de todos os ajustes na infraestrutura do modelo, a Figura 22 exhibe o resultado da etapa de modelagem da infraestrutura da área de estudo.

Figura 20 – Correção dos conectores nos bairros Centro e São Pedro



Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

Figura 21 – Correção dos conectores no bairro Meia Praia



(a) Antes da correção

(b) Depois da correção

Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

Figura 22 – Infraestrutura da área de estudo modelada



Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

5.3 MODELAGEM DA DEMANDA

5.3.1 Definição do cenário temporal

Para determinar os meses e dias da semana a serem considerados na determinação do volume horário médio nos *links*, foi analisado o comportamento do tráfego ao longo dos dias da semana por meio de gráficos de VMDd com os dados de volume de cada mês, de novembro de 2022 a março de 2023, apresentados nas Figuras 23, 24, 25, 26 e 27.

Com base nessa análise, foi decidido considerar o período mensal de dezembro de 2022 a março de 2023, ignorando os dados referentes ao mês de novembro de 2022 devido a várias descontinuidades nas contagens observadas. Assumindo que, neste trabalho, as atividades econômicas não se alteram entre os meses de novembro e dezembro, essa consideração não traz consequências para o resultado.

Em relação aos dias da semana selecionados para a média do volume horário, através dos gráficos de VMDd, é observado que, de modo geral, os picos de tráfego se concentram nos dias da semana, de segunda a sexta-feira, o que representa um padrão característico de área urbana. Por esse motivo, é comum na engenharia de tráfego que as contagens em áreas urbanas sejam feitas de terça a quinta-feira.

Em relação ao horário definido para o cenário temporal, é considerado o pico da tarde, relativo às 17 horas, que corresponde ao horário de maior volume nas vias principais da cidade, conforme análise realizada por meio de gráficos de VH ao longo do dia em todos os postos de contagem, como mostra a Figura 28.

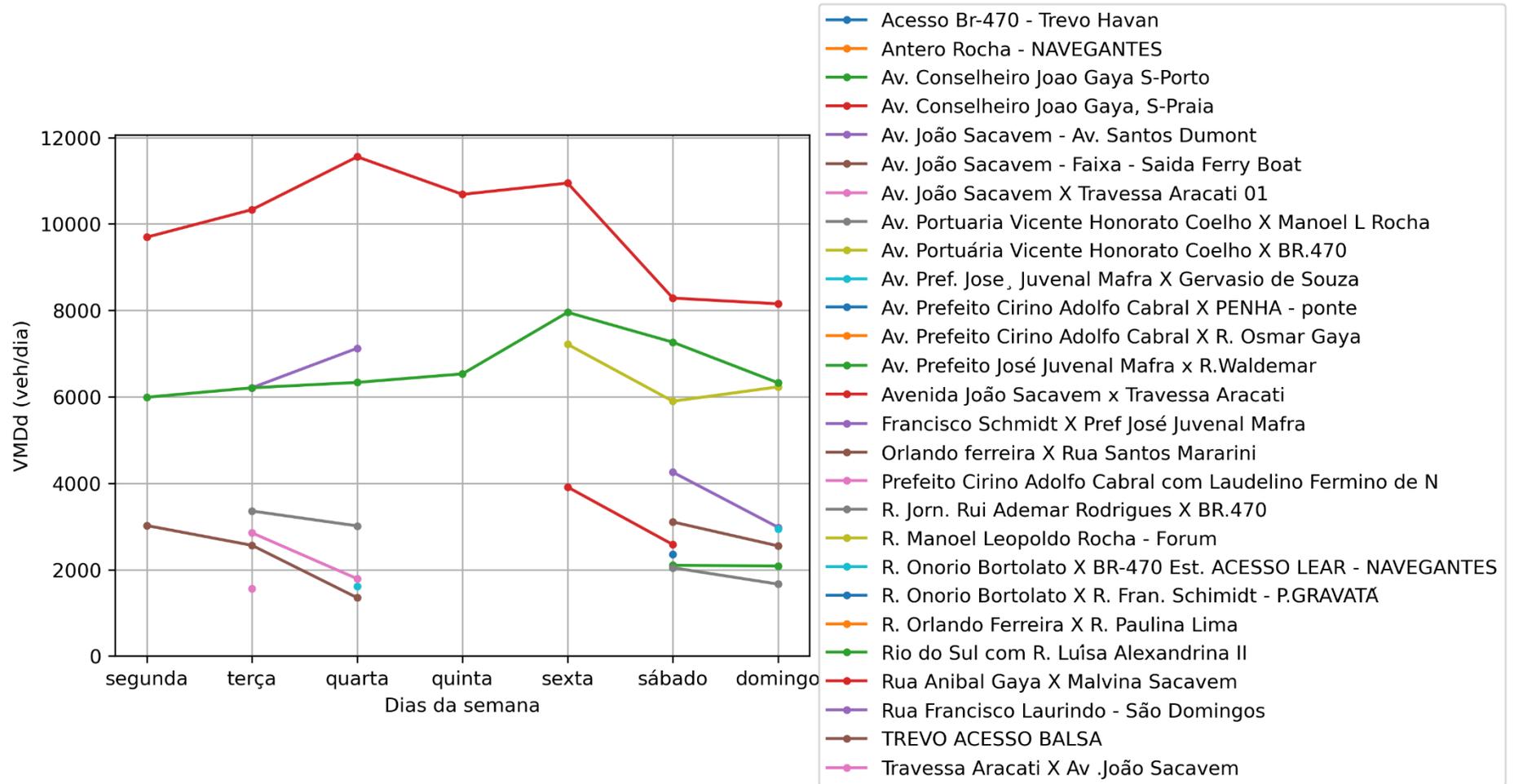
Portanto, a Tabela 1 apresenta o cenário temporal definido para a área de estudo. Ela fornece informações sobre os meses, dias da semana e hora de pico considerados na análise do tráfego.

Tabela 1 – Cenário temporal da área de estudo

Meses	dezembro de 2022 a março de 2023
Dias da semana	terça a quinta-feira
Hora de pico	17h

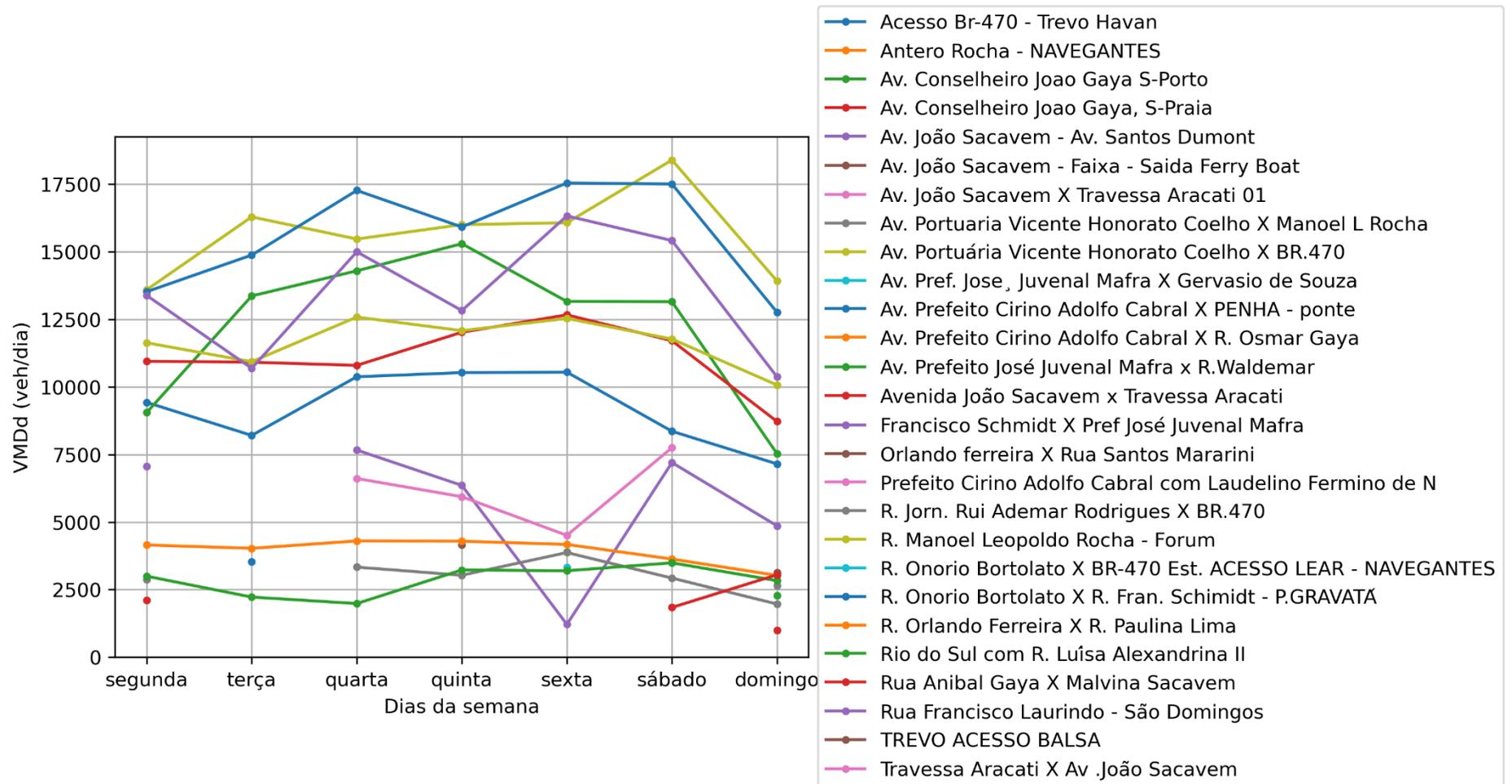
Fonte: Elaboração própria (2023)

Figura 23 – VMDd dos postos de contagem no mês de novembro de 2022



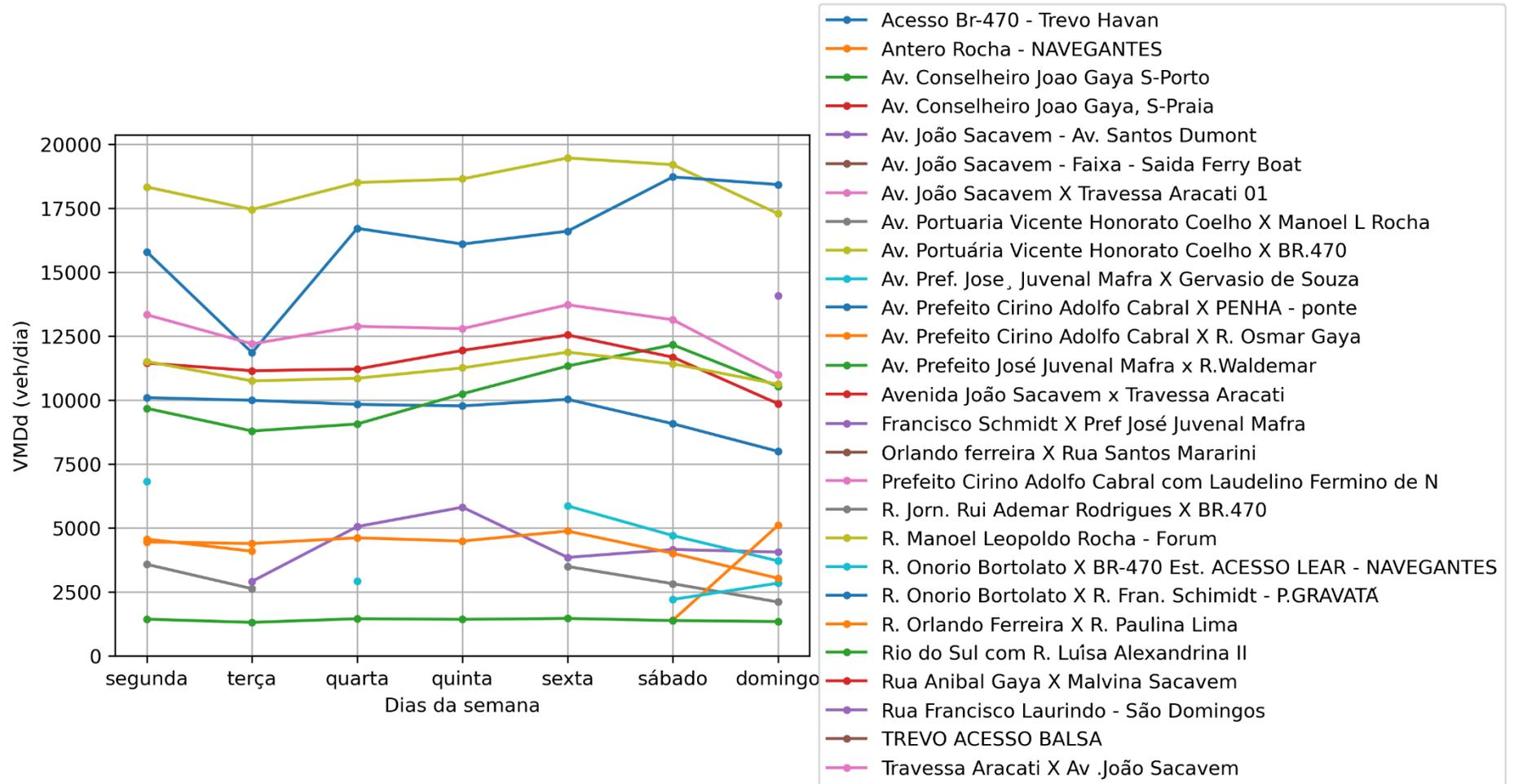
Fonte: Elaboração própria (2023)

Figura 24 – VMDd dos postos de contagem no mês de dezembro de 2022



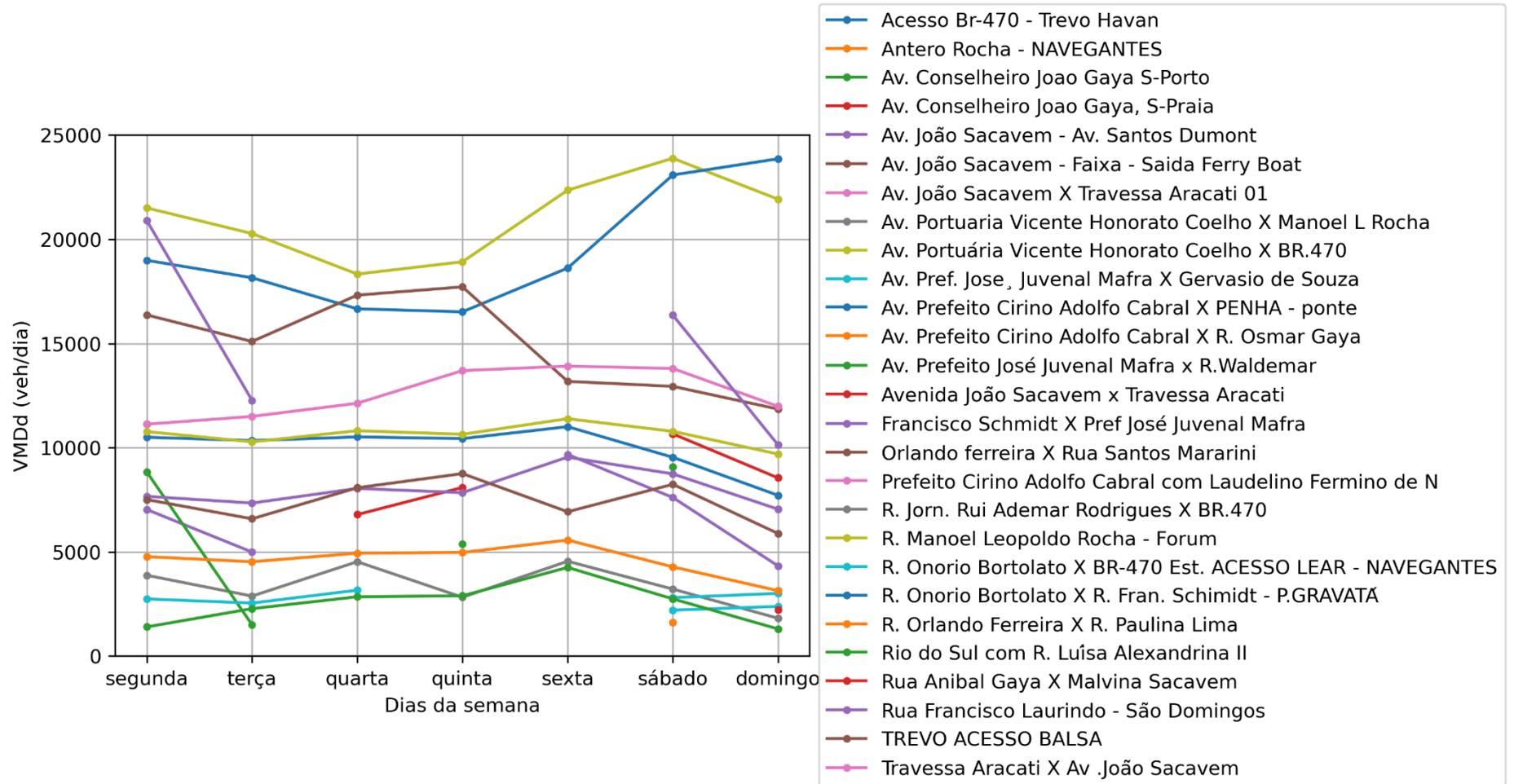
Fonte: Elaboração própria (2023)

Figura 25 – VMDd dos postos de contagem no mês de janeiro de 2023



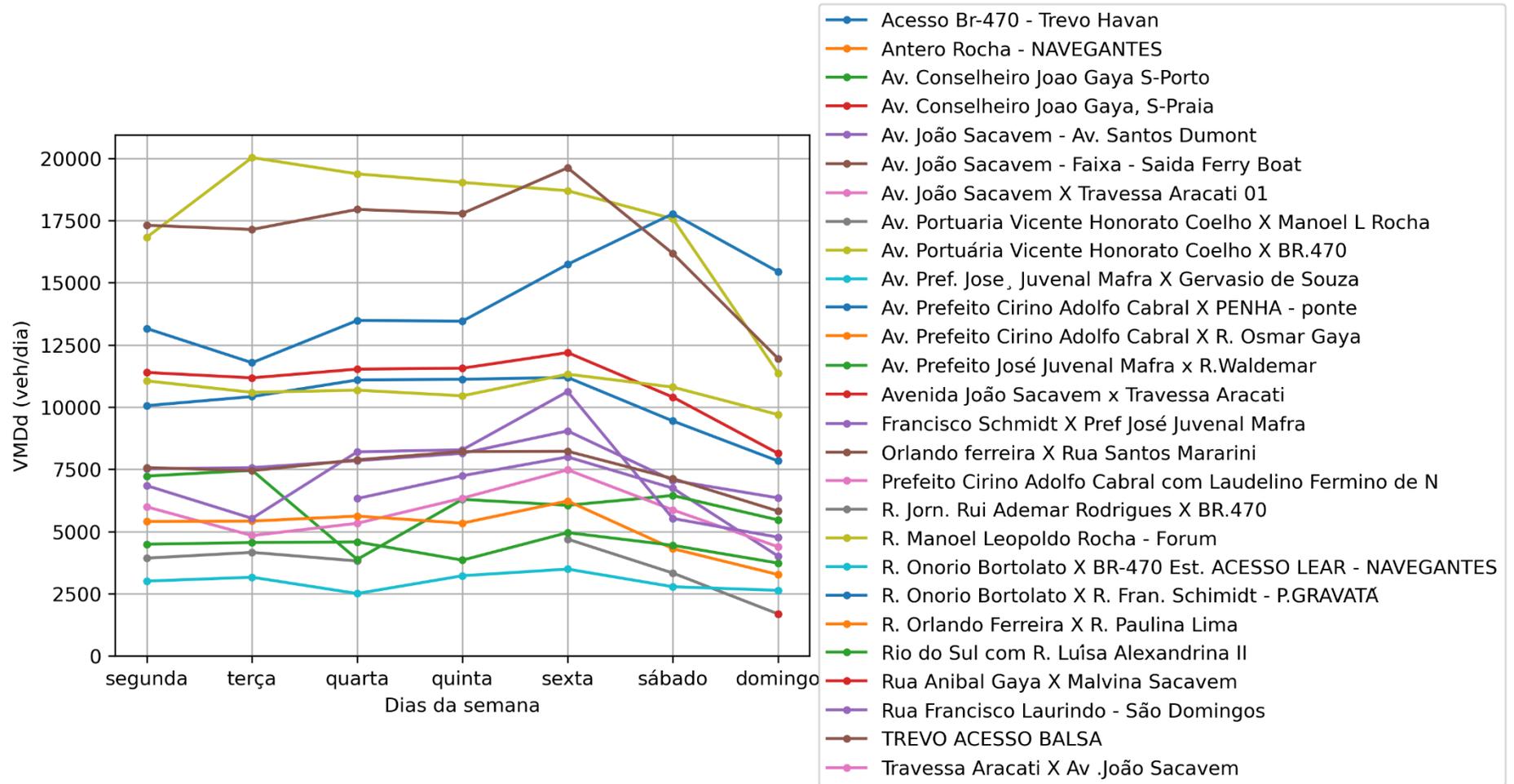
Fonte: Elaboração própria (2023)

Figura 26 – VMDd dos postos de contagem no mês de fevereiro de 2023



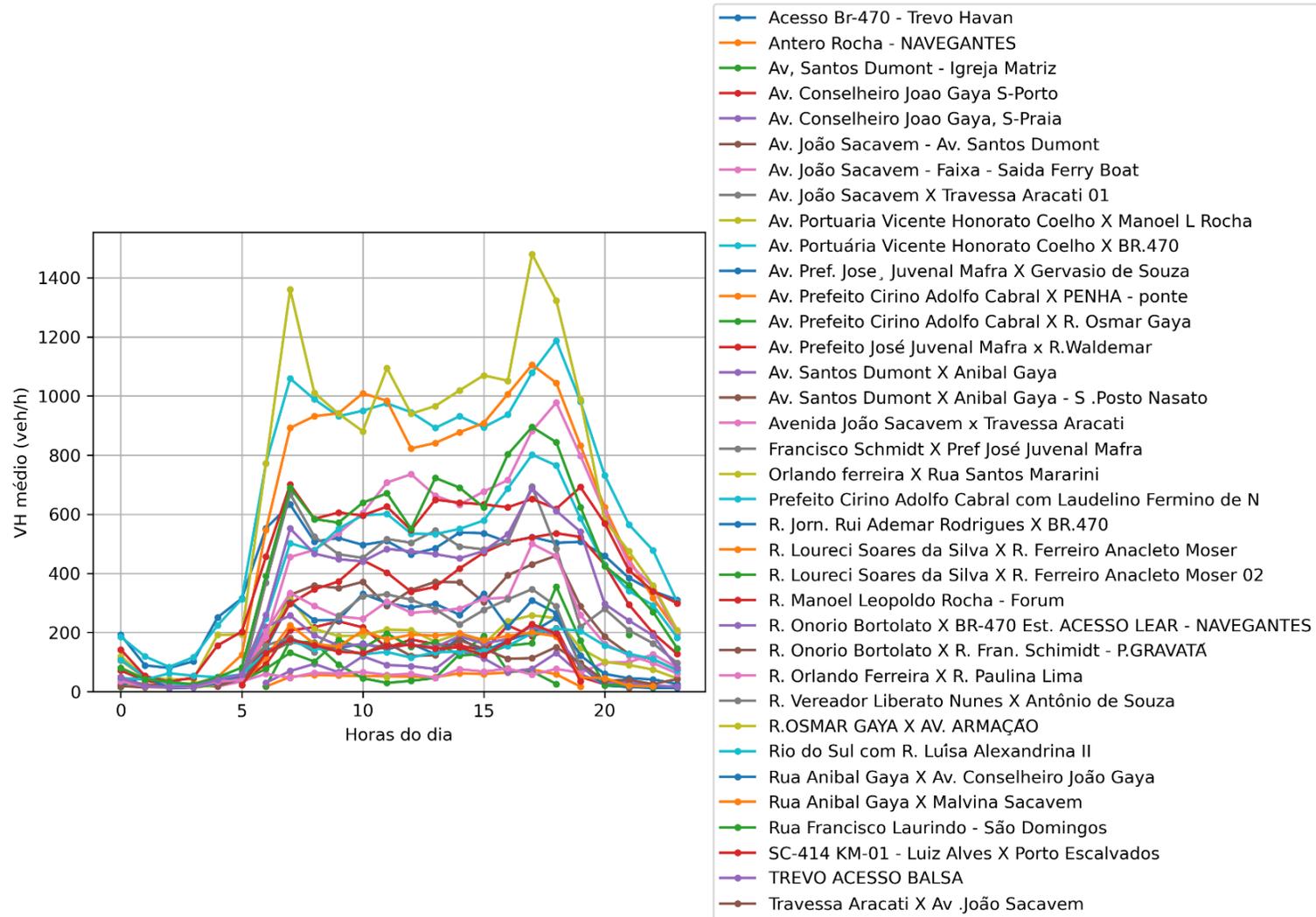
Fonte: Elaboração própria (2023)

Figura 27 – VMDd dos postos de contagem no mês de março de 2023



Fonte: Elaboração própria (2023)

Figura 28 – VH ao longo do dia em todos os postos de contagem



Fonte: Elaboração própria (2023)

5.3.2 Determinação do volume horário médio

O procedimento para obter o volume horário médio dos postos de contagem no cenário temporal é realizado por meio das instruções de SQL, conforme apresentação no Quadro 3. Para executar essa instrução, é utilizado o *software* DBeaver, conectado a um banco de dados criado com os dados obtidos do sistema de monitoramento de tráfego de Navegantes.

Quadro 3 – Instruções de SQL para obtenção do volume horário médio no cenário temporal para a área de estudo

```
select camera, count(*), avg(volume) from analitico where
extract(month from ts) in (12, 01, 02, 03) and
extract(hour from ts) = 17 and extract(isodow from ts)
in (2, 3, 4) and volume > 10 GROUP BY camera ORDER BY
camera;
```

Fonte: Elaboração própria (2023)

Considerando que os volumes são determinados para a hora de pico da área de estudo e que os dados dos postos podem apresentar falhas na contagem volumétrica, para o cálculo do volume horário médio são considerados apenas volumes maiores que 10, uma vez que neste trabalho é considerado que volumes inferiores a 10 veículos na hora de pico da área de estudo representam um período de falha na contagem do dispositivo.

O resultado do volume horário médio para cada posto de contagem é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Volumes Horários Médios para cada posto de contagem

Nome do posto de contagem	Volume Horário Médio (veh/h)
Acesso Br-470 - Trevo Havan	523
Antero Rocha - NAVEGANTES	75
Av, Santos Dumont - Igreja Matriz	68
Av. Conselheiro Joao Gaya S-Porto	188
Av. Conselheiro Joao Gaya, S-Praia	77
Av. Joao Sacavem - Av. Santos Dumont	430
Av. Portuaria Vicente Honorato Coelho X BR.470	1079
Av. Portuaria Vicente Honorato Coelho X Manoel L Rocha	258
Av. Pref. Jose Juvenal Mafra X Gervasio de Souza	309
Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral X PENHA - ponte	1105
Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral X R. Osmar Gaya	164
Av. Prefeito Jose Juvenal Mafra x R.Waldemar	522
Avenida Joao Sacavem x Travessa Aracati	882
Francisco Schmidt x Pref Jose Juvenal Mafra	693
Orlando Ferreira x Rua Santos Mararini	1480
Prefeito Cirino Adolfo Cabral com Laudelino Fermino de N	801
R. Jorn. Rui Ademar Rodrigues X BR.470	201
R. Manoel Leopoldo Rocha - Forum	652
R. Onorio Bortolato X BR-470 Est. ACESSO LEAR - NAVEGANTES	220
R. Onorio Bortolato X R. Fran. Schimidt - P.GRAVATA	113
R. Orlando Ferreira X R. Paulina Lima	500
R. Vereador Liberato Nunes X Antonio de Souza	347
Rio do Sul com R. Luisa Alexandrina II	196
Rua Anibal Gaya X Malvina Sacavem	200
Rua Francisco Laurindo - Sao Domingos	895
SC-414 KM-01 - Luiz Alves X Porto Escalvados	228
TREVO ACESSO BALSA	686

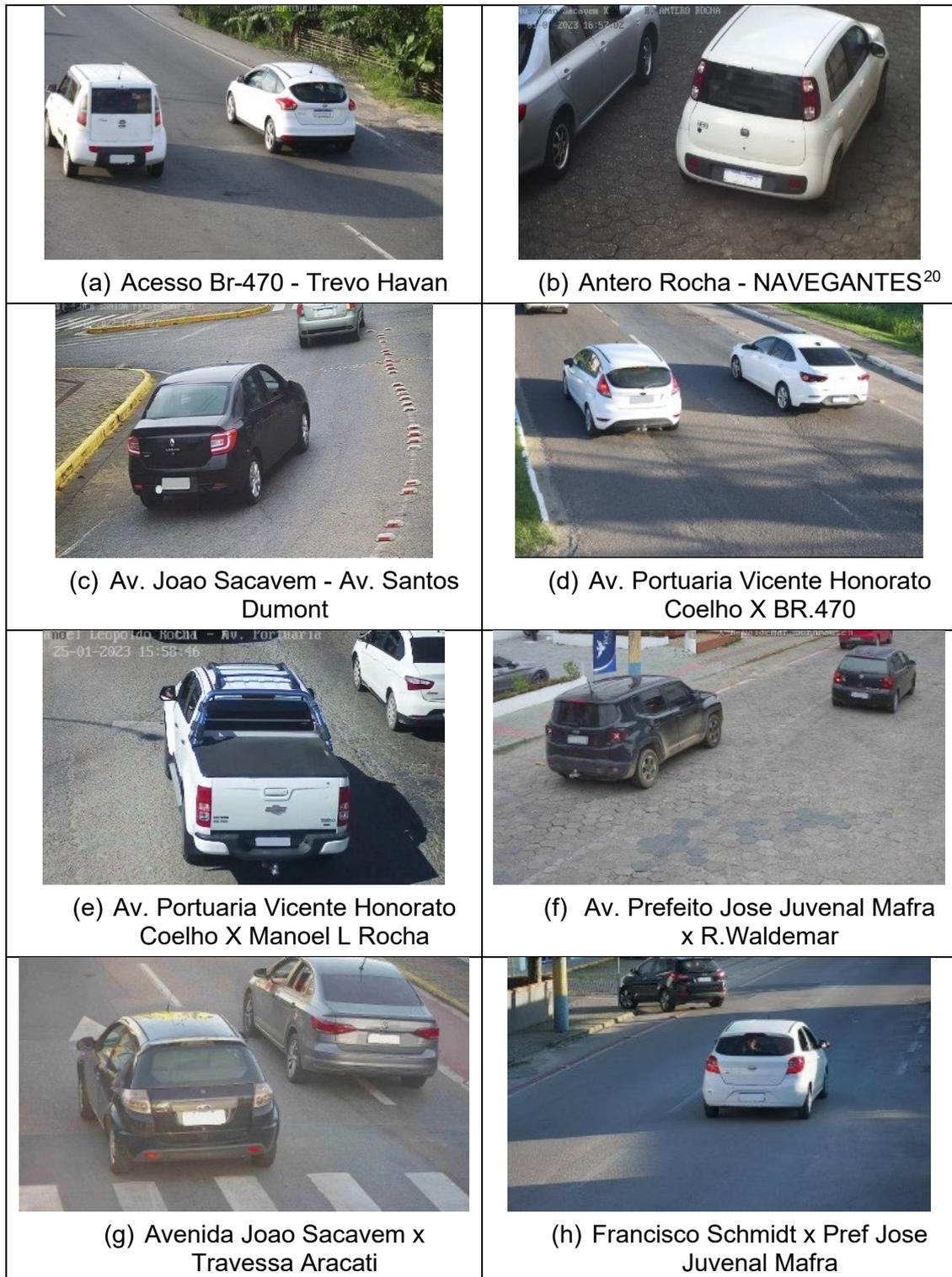
Fonte: Elaboração própria

5.3.3 Análise das imagens dos postos de contagem

Após a obtenção dos volumes horários médios, em veh/h, para o cenário temporal da área de estudo, as imagens das câmeras de cada posto de contagem foram avaliadas para identificar a localização do posto de contagem e o sentido do tráfego analisado, além de verificar se há algum problema relacionado à área imageada ou localização das câmeras.

A Figura 29 apresenta as imagens das câmeras analisadas que não apresentaram nenhum problema relacionado à área imageada e, dessa forma, tiveram seus valores considerados integralmente no trabalho.

Figura 29 – Câmeras que não apresentaram problemas na área imageada



²⁰ A via apresentada é de sentido único com vagas de estacionamento no lado esquerdo do eixo da via. Assim, é considerado que todos os veículos que trafegam por essa via são contabilizados pela área imageada da câmera do posto de contagem.

continuação da Figura 29



(i) Prefeito Cirino Adolfo Cabral com
Laudelino Fermino de N



(j) R. Jorn. Rui Ademar Rodrigues X
BR.470



(k) R. Manoel Leopoldo Rocha -
Forum



(l) R. Onorio Bortolato X BR-470
Est. ACESSO LEAR -
NAVEGANTES



(m) R. Orlando Ferreira X R. Paulina
Lima



(n) R. Vereador Liberato Nunes X
Antonio de Souza

Fonte: Imagens disponibilizadas pelo município (2023)

No entanto, em algumas câmeras foram identificados problemas na área imageada, sendo eles:

- captura de sentidos opostos;
- captura de apenas uma faixa de uma via duplicada;
- captura de locais distintos em um mesmo horário para o mesmo posto de contagem;
- captura não condizente à localização do posto de contagem.

A Figura 30 mostra os registros das câmeras cuja área imageada abrange ambos os sentidos de tráfego da via. Por outro lado, a Figura 31 exibe a oclusão na área imageada da câmera, capturando apenas uma faixa da via duplicada.

Figura 30 – Câmeras que capturam sentidos opostos da mesma via



Fonte: Imagens disponibilizadas pelo município (2023)

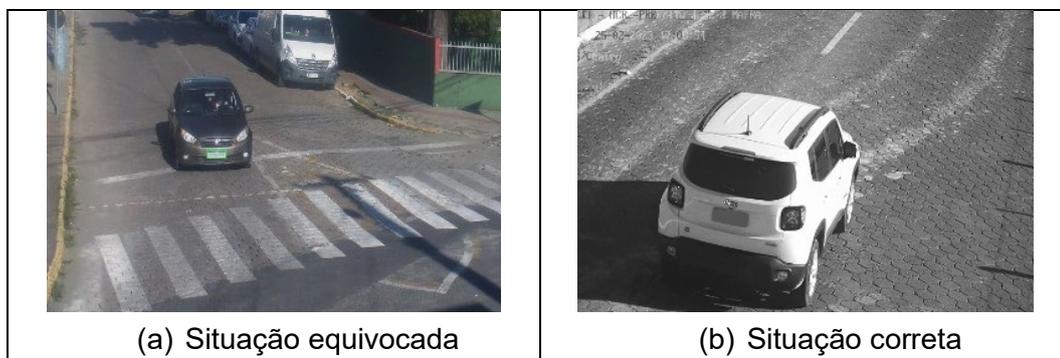
Figura 31 – Oclusão de uma das faixas no posto “Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral X R. Osmar Gaya”



Fonte: Imagem disponibilizada pelo município (2023)

As câmeras em que foram identificados erros de gravação, associados a gravações duplicadas em locais distintos para um mesmo posto de contagem podem ser visualizadas na Figura 32 e Figura 33.

Figura 32 – Dupla gravação com áreas imageada distintas para o mesmo posto da “Av. Pref. José Juvenal Mafra X Gervasio de Souza”



Fonte: Imagens disponibilizadas pelo município (2023)

Figura 33 – Dupla gravação com áreas imageada distintas para o mesmo posto “Rua Anibal Gaya X Malvina Sacavém”



Fonte: Imagens disponibilizadas pelo município (2023)

Na Figura 34 é exibida a captura da câmera do posto de contagem “SC-414 KM-01 - Luiz Alves X Porto Escalvados”, cuja gravação não é condizente com a localização esperada para o posto de contagem, conforme a sua nomenclatura.

Figura 34 – Área imageada não condizente com a localização do posto “SC-414 KM-01 - Luiz Alves X Porto Escalvados”



Fonte: Imagem disponibilizada pelo município (2023)

Dessa forma, após a análise das posições das câmeras dos postos de contagem, dos 27 postos levantados apenas 14 deles puderam ser utilizados no experimento. Esses 14 postos são apresentados na Tabela 3, com os volumes horários correspondentes que foram utilizados no ajuste da matriz OD.

Tabela 3 – Volumes Horários Médios utilizados no ajuste de matriz OD

Nome do posto de contagem	Volume Horário Médio (veh/h)
Acesso Br-470 - Trevo Havan	523
Antero Rocha - NAVEGANTES	75
Av. Joao Sacavem - Av. Santos Dumont	430
Av. Portuaria Vicente Honorato Coelho X BR.470	1079
Av. Portuaria Vicente Honorato Coelho X Manoel L Rocha	258
Av. Prefeito Jose Juvenal Mafra x R.Waldemar	522
Avenida Joao Sacavem x Travessa Aracati	882
Francisco Schmidt x Pref Jose Juvenal Mafra	693
Prefeito Cirino Adolfo Cabral com Laudelino Fermينو de N	801
R. Jorn. Rui Ademar Rodrigues X BR.470	201
R. Manoel Leopoldo Rocha - Forum	652
R. Onorio Bortolato X BR-470 Est. ACESSO LEAR - NAVEGANTES	220
R. Orlando Ferreira X R. Paulina Lima	500
R. Vereador Liberato Nunes X Antonio de Souza	347

Fonte: Elaboração própria (2023)

5.4 AJUSTE DE MATRIZ OD E ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

Os procedimentos de ajuste de matriz e alocação de tráfego foram realizados simultaneamente no *software* do VISUM por meio de uma sequência de procedimentos, apresentados na Figura 35.

Figura 35 – Interface gráfica do procedimento de ajuste de matriz OD e alocação de tráfego no *software* VISUM

	Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file
1	<input checked="" type="checkbox"/>	PrT assignment	C Car	Equilibrium assignment
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Demand matrix correction	C Car	Least squares
3	<input checked="" type="checkbox"/>	PrT assignment	C Car	Equilibrium assignment
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Assignment analysis		

Fonte: Interface gráfica do *software* VISUM (2023)

A matriz OD semente e os dados de volume horário, apresentados respectivamente no Apêndice D e Tabela 3, foram atribuídos aos dados de demanda do modelo para a execução do procedimento.

Além da alocação inicial no *procedure sequence*, foram necessárias 4 iterações para alcançar o critério de parada de variação do r^2 menor do que 0,01 entre duas iterações. Os resultados das iterações são apresentados na Tabela 4. Já o gráfico da última iteração da análise da alocação é apresentado na Figura 36.

Tabela 4 – Resultados das iterações da análise da alocação

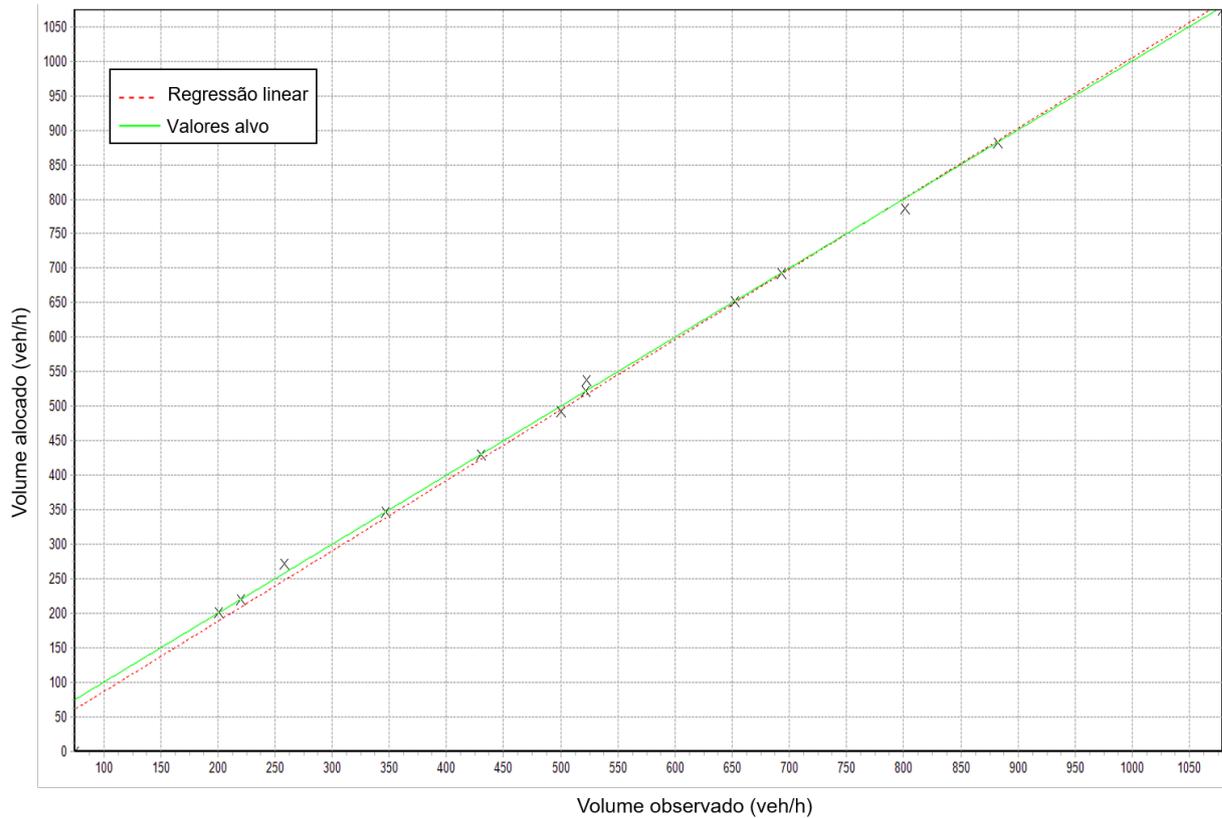
Iteração	r^2	RMSE ²¹	Coef. Angular	Coef. Linear	MRE ²² (%)
Alocação Inicial	0,77	29	0,70	99,40	23
01	0,94	14	0,91	20,11	10
02	0,96	11	0,95	9,98	8
03	0,99	5	1,01	-12,20	2
04	1,00	4	1,02	-15,78	2

Fonte: Elaboração própria (2023)

²¹ RMSE = raiz quadrada do erro médio, do inglês root-mean-square error

²² MRE = erro relativo médio, do inglês mean relative error

Figura 36 – Análise dos volumes observados e alocados na última iteração

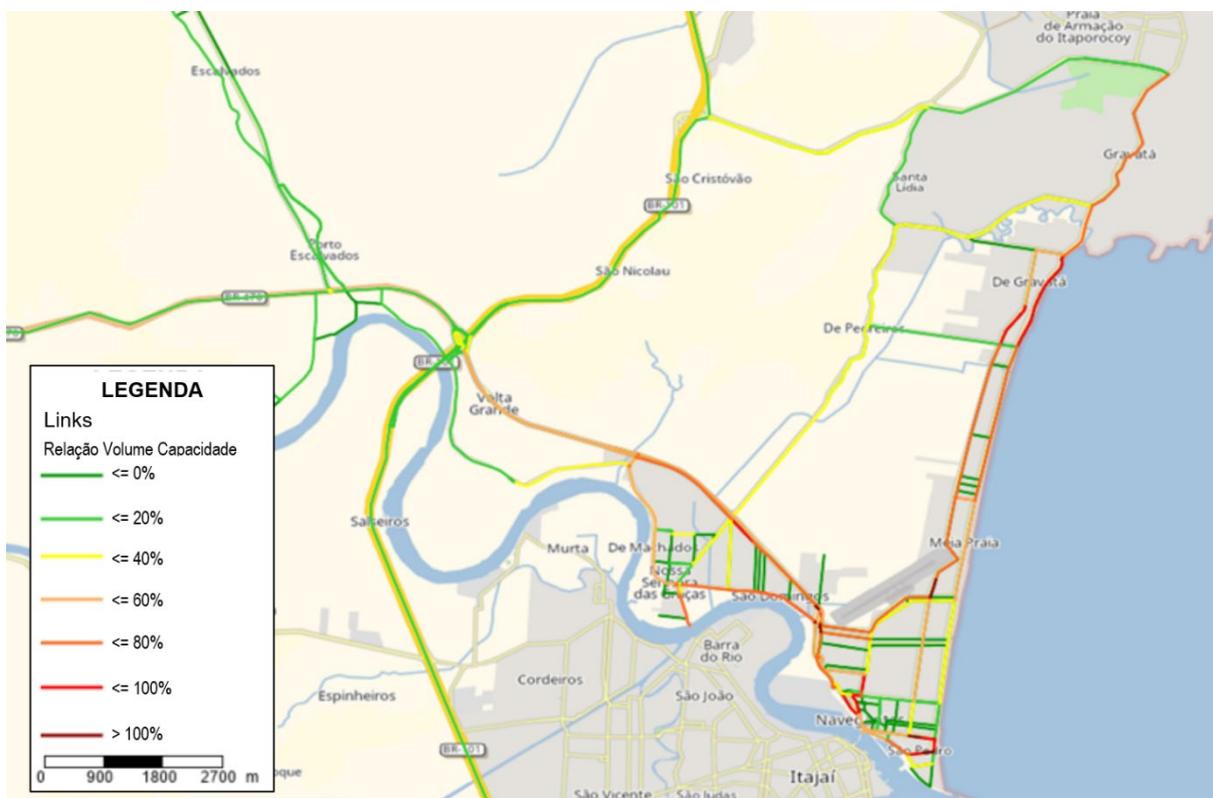


Fonte: Adaptado do VISUM (2023)

5.5 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

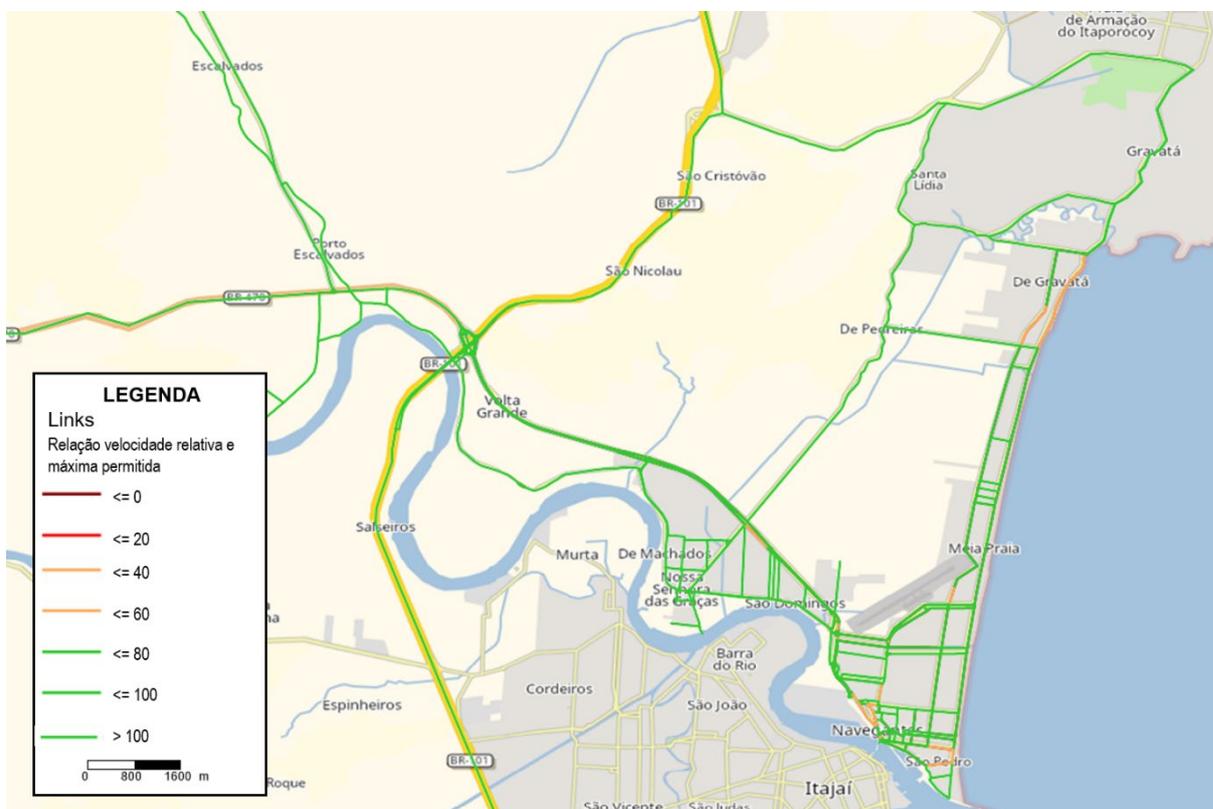
A Figura 37 exibe o resultado gráfico da última alocação na malha viária para o cenário temporal, em termos de relação entre volume e capacidade.

Figura 37 – Resultado da relação entre volume e capacidade após alocação na malha viária para o cenário temporal



Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

Figura 38 – Resultado da relação entre velocidade relativa e máxima permitida após alocação na malha viária para o cenário temporal



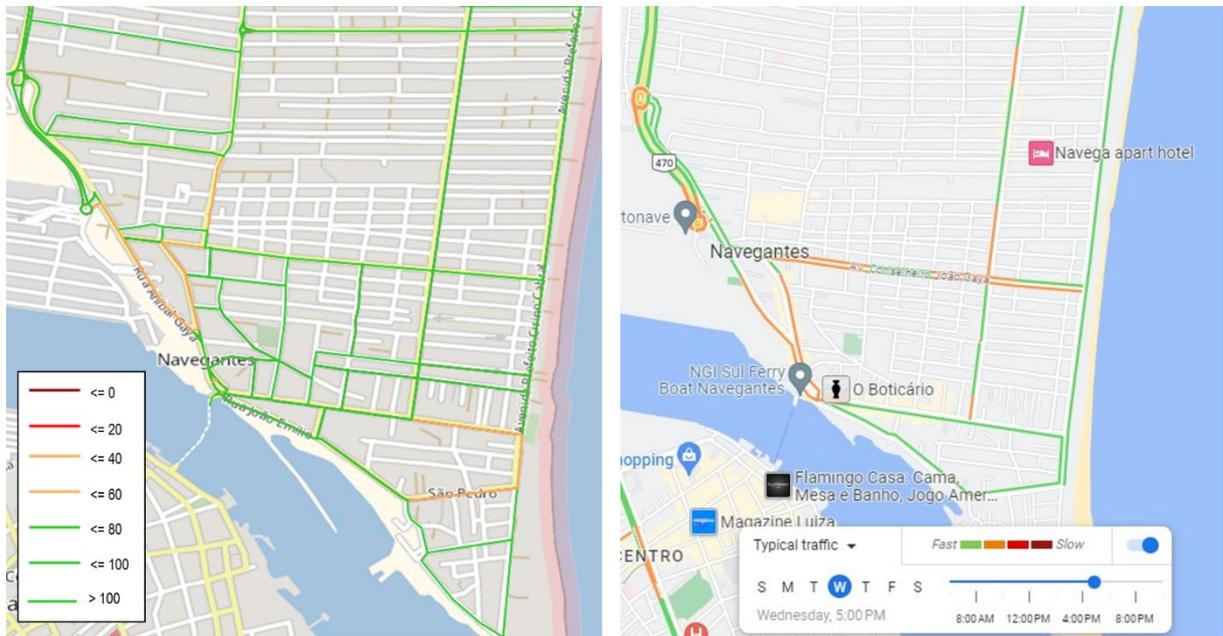
Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do OSM (2023)

5.6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O resultado da simulação foi comparado ao trânsito típico da área de estudo fornecido pelo *Google Maps*, para uma quarta-feira às 17 horas da tarde.

No VISUM, as imagens geradas mostram uma representação visual da velocidade relativa em relação à velocidade máxima permitida na via, semelhante à escala de cores usada pelo *Google Maps* para classificar o trânsito de lento (vermelho) a rápido (verde). As Figuras 39, 40 e 41 mostram comparações entre a velocidade simulada no VISUM e a velocidade típica do trânsito exibida pelo *Google Maps*.

Figura 39 – Comparação da velocidade da simulação com a do trânsito típico do *Google Maps* para o bairro Centro

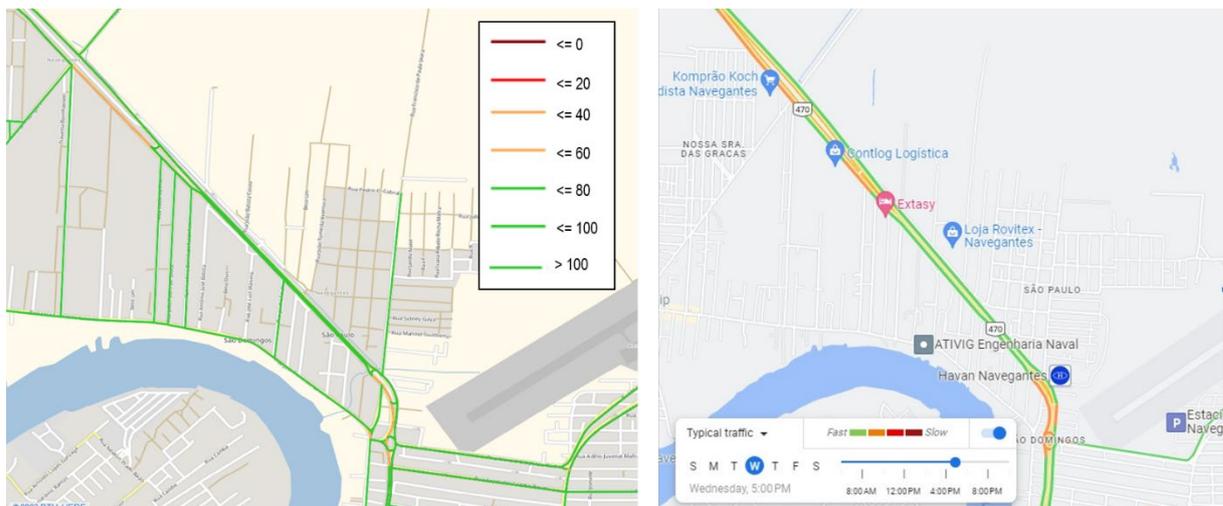


(a) Simulação VISUM

(b) Trânsito típico *Google Maps*

Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do Google e do OSM (2023)

Figura 40 – Comparação da velocidade da simulação com a do trânsito típico do *Google Maps* para o bairro São Domingos

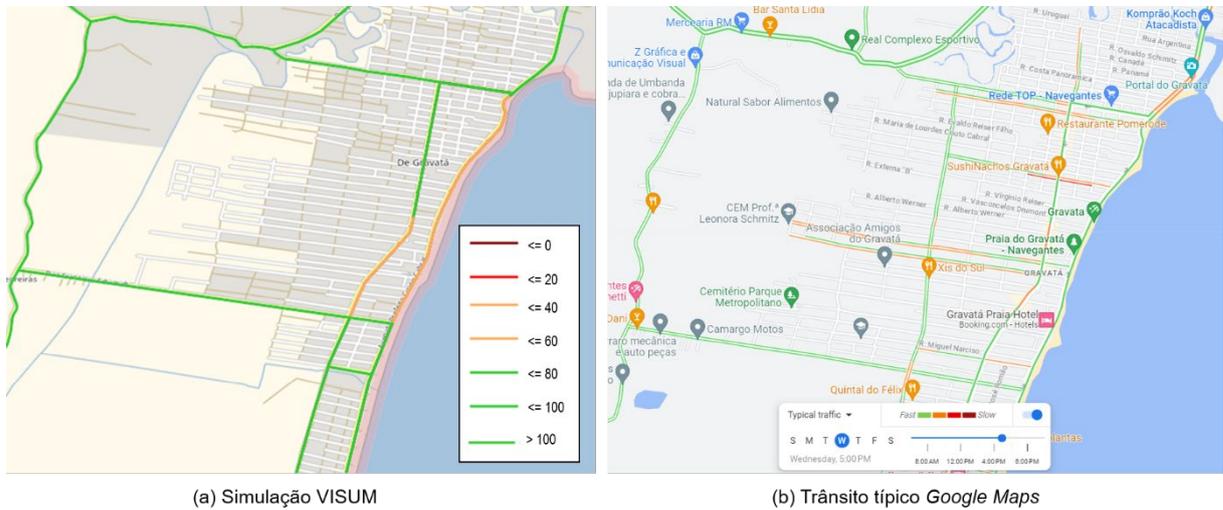


(a) Simulação VISUM

(b) Trânsito típico *Google Maps*

Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do Google e do OSM (2023)

Figura 41 – Comparação da velocidade da simulação com a do trânsito típico do *Google Maps* para o bairro Gravatá



Fonte: Elaboração própria com imagens de satélite do Google e do OSM (2023)

Com essa validação visual é possível observar semelhanças entre a velocidade simulada e a velocidade do trânsito típico exibida pelo *Google Maps*. Embora não seja considerada uma validação ideal, uma vez que não é numérica, esses pontos de semelhança sugerem uma concordância entre os dados obtidos na simulação e as informações do trânsito típico do *Google Maps*.

6 CONCLUSÕES

Este Trabalho de Conclusão de Curso proporcionou a elaboração de um modelo de simulação macroscópico para um cenário base, permitindo adquirir experiência na execução de simulações de tráfego e compreender a sensibilidade dessas simulações. Além disso, permitiu a familiarização com o software VISUM, ampliando o conhecimento sobre suas funcionalidades e aplicação na área de transportes.

No contexto do trabalho, em relação aos demais *softwares* explorados de simulação, o VISUM se mostrou o mais adequado visto que também permitiu a realização do procedimento de ajuste de matriz OD.

Usando o conhecimento técnico na área de engenharia, foi possível coletar e analisar os dados de entrada para a construção do modelo e o uso de simulação. Durante esse processo, constatou-se uma deficiência no contexto brasileiro em relação à disponibilidade de dados públicos explicativos de demanda com informações precisas e detalhadas da área de estudo. A falta desses dados ou as dificuldades para obtê-los afetam diretamente na precisão que pode ser alcançada em um modelo de simulação.

Nesse sentido, a matriz OD existente da área de estudo é, a rigor técnico, considerada inadequada para um estudo de tráfego, pois não contém informações sobre o cenário temporal, para qual os dados são representativos, nem definição espacial através de coordenadas geográficas ou camada de dados vetoriais.

Além disso, uma vez que as câmeras utilizadas para as contagens volumétricas foram instaladas para atender à segurança pública do município, sem o objetivo de servir para a coleta de dados em estudos de tráfego, nem todos os postos puderam ser utilizados como dados de entrada no procedimento de ajuste de matriz OD, uma vez que não atendiam às necessidades do trabalho.

Com o objetivo de aumentar a quantidade de postos que pudessem ser utilizados no modelo, seria possível experimentar uma contagem volumétrica de curta duração, em situações em que a área imageada das câmeras abrange os dois sentidos de tráfego, para obter um percentual de distribuição por sentido. No entanto, isso depende da existência de gravações, dentro do cenário temporal, para os postos com essa situação, o que não foi possível no contexto do trabalho.

No que se refere aos dados abertos do OSM, eles podem ser utilizados como dados de entrada de infraestrutura, desde que sejam verificados com dados levantados em pesquisa de campo ou por ferramentas *online* de maneira manual. As velocidades atribuídas pelo OSM se mostram as informações mais discrepantes da utilização desses dados, as quais devem ser analisadas com um maior cuidado.

Na etapa de modelagem, diversas decisões devem ser tomadas, e o conhecimento da área de estudo é um fundamental para alcançar um modelo mais realista. Isso porque o resultado se mostrou muito sensível aos detalhes de modelagem da infraestrutura. Durante a análise e as correções do modelo de infraestrutura, os conectores foram os elementos que mais impactaram nos resultados da simulação e tiveram que ter sua posição testada diversas vezes dentro do modelo para que fossem ajustados da melhor forma possível à realidade, o que requer não somente o domínio das funcionalidades de edição do *software* utilizado, como também o conhecimento da área de estudo.

Adicionalmente, devido à quantidade limitada de dados, todos os dados disponíveis foram utilizados para a calibração do modelo, sem que houvesse dados suficientes para uma validação numérica. Todavia, a validação dos resultados obtidos na simulação foi realizada de maneira visual, comparando o resultado da simulação com o trânsito típico de uma quarta-feira às 17 horas no *Google Maps*. Na comparação foram identificados pontos de semelhança que sugerem uma concordância entre o modelo e as informações do *Google Maps*. Esse modo de validação é realizado em caráter de estudo, uma vez que seria necessário se basear em dados observados não utilizados no processo de calibração.

Por fim, apesar de os resultados da simulação se mostrarem próximos aos dados obtidos do *Google Maps*, a ausência de dados de demanda com o rigor técnico necessário para a utilização em estudos de tráfego impossibilita a utilização deste trabalho em projetos reais de engenharia.

REFERÊNCIAS

AMFRI. Relatório Final da Pesquisa Origem e Destino. In: Plano de Mobilidade Urbana de Navegantes. [S.l.], 2016. Disponível em: <https://www.amfri.org.br/uploads/1527/arquivos/844770_Relatorio_da_Pesquisa_Domiciliar_Navegantes.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2023.

BERT, E. **Dynamic urban origin-destination matrix estimation methodology**. Tese (Doutorado) – École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne - Suíça, 2009.

BRASIL. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR - 723. 384 p.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Plano Mestre: Complexo Portuário de Itajaí**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/planejamento-e-gestao/planos-mestres-portos>. Acesso em: 25 setembro 2022.

BRUTON, M. J. **Introdução ao planejamento dos transportes**. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CARDOSO, C.E.P. **Efeito da definição do zoneamento e das dimensões relacionadas a este em modelos de alocação de tráfego**. 1999. Tese de Doutorado.

CASCETTA, E. **Transportation system analysis**. 2nd. ed. [S.l.]: Springer, 2009. v. 29.

DAGANZO, C. F. **Fundamentals of Transportation and Traffic Operations**. 1ª Ed. New York: Elsevier, 1997.

FHWA. **Traffic analysis toolbox Volume II: decision support methodology for selecting traffic analysis tools**. [S.l.], Federal Highway Administration. 2004.

FHWA. **Traffic Analysis Toolbox Volume III: guidelines for applying traffic microsimulation modeling software**. [S.l.]: Federal Highway Administration, 2004b.

FHWA. **Traffic Monitoring Guide**. Washington, D.C., 2016. U.S. Department of Transportation.

FILLIZZOLA, E. P. et al. Noções Básicas de Engenharia de Tráfego. Boletim Técnico da CET número 5. São Paulo, 1977.

GARBER, N. J.; HOEL, L. A. **Traffic and Highway Engineering**. 4th. ed. Toronto, Canada: Cengage Learning, 2009.

HOEL, L. A.; GARBER, N. J.; SADEK, A. W. Engenharia de infraestrutura de transportes - Uma integração multimodal. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

HUTCHINSON, B. G. **Principles of Urban Transport Systems Planning**. USA: McGraw-Hill Inc., 1974. Pg. 231 e 232.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)**. Rio de Janeiro, 2015.

ITE. **Traffic Engineering Handbook**. Institute of Transportation Engineers. 7th edition. 2016.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modeling Transport**. 4ª Edição. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2011.

PEREIRA, R. H. M. et al. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual**. Rio de Janeiro: Ipea, 2021. (Texto para Discussão, n. 2673). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/210803_td_2673.pdf>. Acesso em: 4 jun.2023.

PITOMBEIRA NETO, A. R. **Dynamic bayesian statistical models for the estimation of the origin-destination matrix**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PORTUGAL, L. DA S. **Simulação de Tráfego: Conceitos e Técnicas de Modelagem**. Editora Interciência Ltda., 2005.

POYARES, C. N. **Critérios para Análise dos Efeitos de Políticas de Restrição ao Uso de Automóveis em Áreas Centrais**. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia de Transportes. COPPE/ UFRJ. Rio de Janeiro, 2000.

PTV. **PTV Visum 2023 Manual**. Karlsruhe, Germany, 2023.

RODRIGUE, J. P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. **The Geography of Transport Systems**. 3rd. ed. New York: Routledge, 2013.

SANTA CATARINA. Secretaria de Indústria, Comércio e Serviço. **Governo de Santa Catarina realiza visita técnica ao Porto de Navegantes**. 2023. Disponível em: <https://estado.sc.gov.br/noticias/governo-de-santa-catarina-realiza-visita-tecnica-ao-porto-de-navegantes/>. Acesso em: 12 jun. 2023.

SENNA, L. A. dos S. **Economia e Planejamento dos Transportes**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2014.

SPEAR, B. D. **Handbook of transport geography and spatial systems**. In: . [S.l.]: Emerald, 2008. cap. Linking spatial and transportation data.

SPIEGELMAN, C. H.; PARK, E. S.; RILETT, L. R. **Transportation Statistics and Microsimulation**. USA: CRC Press, 2011.

TRB. **Transit Capacity and Quality of Service Manual**, 3ª Edição. 2000.

VASCONCELOS, E. A. (1982). **Pesquisas e levantamentos de tráfego**, Boletim Técnico CET 31. São Paulo, Companhia de Engenharia de Tráfego, 184p.

YANG, Hai; ZHOU, Jing. **Optimal traffic counting locations for origin–destination matrix estimation**. Transportation Research Part B: Methodological, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 109-126, fev. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0191-2615\(97\)00016-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0191-2615(97)00016-7).

A SCRIPT PARA AUTOMATIZAÇÃO DO DOWNLOAD DOS DADOS DE CONTAGEM

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 #Script para automatização do download de dados de contagem
3 #Autor: Alexandre Hering Coelho
4 # =====
5 from selenium import webdriver
6 from selenium.webdriver.chrome.service import Service
7 from webdriver_manager.chrome import ChromeDriverManager
8 from selenium.webdriver.common.by import By
9 from selenium.webdriver.support.ui import WebDriverWait
10 from selenium.webdriver.support import expected_conditions as EC
11 import time
12 from datetime import date, timedelta
13 import os
14 import sys
15 import glob
16 # =====
17 problemas = open("problemas.txt", "w")
18 driver = webdriver.Chrome(service=Service(ChromeDriverManager().install()))
19 if sys.platform == "darwin":
20     base_dir = "/Users/alexandre/Downloads"
21 else:
22     base_dir = "C:/Users/ahcoe/Downloads"
23 # =====
24 def problema(mensagem):
25     print(mensagem)
26     problemas.write(mensagem)
27 # =====
28
29 cameras = { "Acesso Br-470 / Trevo Havan": 831,
30             "Antero Rocha - NAVEGANTES": 848,
31             "Av, Santos Dumont / Igreja Matriz": 836,
32             "Av. Conselheiro Joao Gaya S/Porto": 844,
33             "Av. Conselheiro Joao Gaya, S/Praia": 853,
34             "Av. João Sacavem / Av. Santos Dumont": 869,
35             "Av. João Sacavem / Faixa / Saida Ferry Boat": 870,
36             "Av. João Sacavem X Travessa Aracati 01": 885,
37             "Av. Portuária Vicente Honorato Coelho X BR.470": 828,
38             "Av. Portuaria Vicente Honorato Coelho X Manoel L Rocha": 830,
39             "Av. Pref. Joseÿ Juvenal Mafra X Gervasio de Souza": 845,
40             "Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral X PENHA - ponte": 829,
41             "Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral X R. Osmar Gaya": 846,
42             "Av. Prefeito José Juvenal Mafra x R.Waldemar": 921,
```

```

43     #"Av. Rio do Sul x R. Luísa Alexandrina": 840,
44     "Av. Santos Dumont X Anibal Gaya": 842,
45     "Av. Santos Dumont X Anibal Gaya / S .Posto Nasato": 832,
46     "Avenida João Sacavem x Travessa Aracati": 916,
47     "Francisco Schmidt X Pref José Juvenal Mafra": 1367,
48     "Orlando ferreira X Rua Santos Mararini": 1346,
49     "Prefeito Cirino Adolfo Cabral com Laudelino Fermino de N": 1214,
50     "R. Jorn. Rui Ademar Rodrigues X BR.470": 838,
51     "R. Loureci Soares da Silva X R. Ferreiro Anacleto Moser": 876,
52     "R. Loureci Soares da Silva X R. Ferreiro Anacleto Moser 02": 877,
53     "R. Manoel Leopoldo Rocha / Forum": 1195,
54     "R. Onorio Bortolato X BR-470 Est. ACESSO LEAR - NAVEGANTES": 827,
55     "R. Onorio Bortolato X R. Fran. Schimidt - P.GRAVATÁ": 863,
56     "R. Orlando Ferreira X R. Paulina Lima": 887,
57     "R. Vereador Liberato Nunes X Antônio de Souza": 856,
58     "R.OSMAR GAYA X AV. ARMAÇÃO": 878,
59     "Rio do Sul com R. Luísa Alexandrina II": 1194,
60     "Rua Anibal Gaya X Av. Conselheiro João Gaya": 881,
61     "Rua Anibal Gaya X Malvina Sacavem": 834, # aqui está duplicado,
        também tem o 1198
62     "Rua Francisco Laurindo - São Domingos": 1190,
63     "SC-414 KM-01 - Luiz Alves X Porto Escalvados": 833,
64     "Travessa Aracati X Av .João Sacavem": 886,
65     "TREVO ACESSO BALSA": 1320 }
66
67 t_ini = time.time()
68
69 start_dt = date(2022, 11, 1)
70 end_dt = date(2023, 3, 31)
71 dates = []
72 while start_dt <= end_dt:
73     dates.append(start_dt)
74     start_dt += timedelta(days=1)
75
76 print("LOGIN...")
77 driver.get( "https://analitico.protenet.com.br/login?r=protenet" )
78 element = driver.find_element(By.XPATH, "//*[@id=\"email\"]")
79 element.send_keys( "julia.maysa@hotmail.com" )
80 element = driver.find_element(By.XPATH, "//*[@id=\"password\"]")
81 element.send_keys( "Tcc/2023" )
82 element = driver.find_element(By.XPATH, "/html/body/div[2]/section/div/div/
        div[2]/div/form/button")
83 element.click()

```

```

84 time.sleep(1)
85 element = WebDriverWait(driver, 20).until(EC.element_to_be_clickable((By.
    XPATH, "/html/body/div[1]/div/a")))
86 element.click()
87 time.sleep(1)
88
89 for camera, codigo in cameras.items():
90     for data in dates:
91         date_str = data.strftime("%Y-%m-%d")
92         if os.path.isfile("%s/Julia Orthmann-rel-fluxo_%s_%s.csv" % (base_dir,
            camera.replace("/", "-"), date_str)) == False:
93             time.sleep(5)
94             processo_str = "CÂMERA: %s; DATA: %s" % (camera, date_str)
95             print("=====\n" + processo_str)
96             if os.path.isfile("%s/Julia Orthmann-rel-fluxo.csv" % base_dir):
97                 print("PROBLEMA: arquivo %s/Julia Orthmann-rel-fluxo.csv não deveria
            existir nesse momento. Removendo." % base_dir)
98                 os.remove("%s/Julia Orthmann-rel-fluxo.csv" % base_dir)
99                 print("Verificando existencia de arquivos vazios...")
100                for file in glob.glob("%s/*.csv" % base_dir):
101                    if os.stat(file).st_size == 0:
102                        print("PROBLEMA: Existe arquivo com tamanho zero: %s. Terminando
            ." % file)
103                    sys.exit(0)
104                print("OK.")
105                driver.get("https://analitico.protenet.com.br/relatorios/fluxo-camera?
            cameras%5B%5D=%d&escala=3600&tipo=fluxo&diaInicio=%s&diafinal=%s&
            horaInicio=00%3A00%3A00&horafinal=23%3A59" % (codigo, date_str,
            date_str))
106                botao_exportar = WebDriverWait(driver, 20).until(EC.
            element_to_be_clickable((By.XPATH, "//*[@id=\"formRelatorio\"]/div[12]/
            button")))
107                camera_interface = driver.find_element(By.XPATH, "//*[@id=\"
            formRelatorio\"]/div[1]/span/span[1]/span").text
108                data_ini_interface = driver.find_element(By.XPATH, "//*[@id=\"
            diaInicio\"]").get_attribute('value').rstrip()
109                data_fim_interface = driver.find_element(By.XPATH, "//*[@id=\"
            diafinal\"]").get_attribute('value').rstrip()
110                if camera_interface != "E" + camera or data_ini_interface != date_str
            or data_fim_interface != date_str:
111                    if camera_interface != "E" + camera:
112                        problema("Câmera: %s. Problema no código da câmera." % camera)
113                    if data_ini_interface != date_str or data_fim_interface != date_str:

```

```

114     problema("Câmera: %s. Problema na data. Correta: %s. Interface ini
: %s. Interface fim: %s" % (camera, date_str, data_ini_interface,
data_fim_interface))
115     else:
116         print("EXPORTAR")
117         botao_exportar.click()
118         element = WebDriverWait(driver, 20).until(EC.element_to_be_clickable
((By.XPATH, "//*[@id=\"app\"] /div/div[3]/section[1]/div/div/div[2]/div/
div[1]/div/div[2]/div/button")))
119         element.click()
120         element = WebDriverWait(driver, 20).until(EC.element_to_be_clickable
((By.XPATH, "//*[@id=\"app\"] /div/div[3]/section[1]/div/div/div[2]/div/
div[1]/div/div[2]/div/div/a[1]")))
121         element.click()
122         renomeou = False
123         while renomeou == False:
124             time.sleep(1)
125             try:
126                 os.rename("%s/Julia Orthmann-rel-fluxo.csv" % base_dir, "%s/
Julia Orthmann-rel-fluxo_%s_%s.csv" % (base_dir, camera.replace("/", "-")
, date_str))
127                 renomeou = True
128             except:
129                 print("Não conseguiu renomear para: Julia Orthmann-rel-fluxo_%s_
%s.csv" % (camera.replace("/", "-"), date_str))
130
131
132 driver.close()
133 problemas.close()
134
135 t_fim = time.time()
136 print("Tempo de execução = %f segundos" % (t_fim - t_ini))
137
138 print( "FIM!!!" )
139

```

B SCRIPT PARA CRIAÇÃO DE BANCO DE DADOS

```
1 import psycopg2
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from matplotlib.ticker import MaxNLocator
4
5 con = psycopg2.connect("host=localhost dbname=ecv2603 user=alexandre
6     password=alex")
7
8 with con:
9     cur = con.cursor()
10
11     cur.execute("drop view if exists vmd")
12     cur.execute("create view vmd as "
13         "(select camera, "
14         "TO_CHAR(ts, 'month') AS mes, "
15         "extract('ISODOW' from ts) as d_semana_num, "
16         "date(ts) as data, "
17         "count(*) as conta, "
18         "sum(volume) as vmd "
19         "from analitico "
20         "where volume > 0 "
21         "group by camera, mes, d_semana_num, data "
22         "having count(*)=24 "
23         "order by camera, mes, d_semana_num, data)")
24
25     '''
26     ecv2603=# select distinct extract('ISODOW' from ts) as d_semana_num,
27         to_char(ts, 'day') as d_semana_nome from analitico order by d_semana_num;
28         d_semana_num | d_semana_nome
29         -----+-----
30         1 | monday
31         2 | tuesday
32         3 | wednesday
33         4 | thursday
34         5 | friday
35         6 | saturday
36         7 | sunday
37     '''
38
39     dias_dict = {1: "segunda",
40                 2: "terça",
41                 3: "quarta",
42                 4: "quinta",
```

```

41     5: "sexta",
42     6: "sábado",
43     7: "domingo"}
44
45 cur.execute("select distinct mes from vmd order by mes")
46 meses = [i[0] for i in cur.fetchall()]
47 cur.execute("select distinct camera from vmd order by camera")
48 cameras = [i[0] for i in cur.fetchall()]
49
50 for mes in meses:
51     print(mes)
52     for camera in cameras:
53         print(camera)
54         dias = []
55         volumes = []
56         for dia in range(1, 8):
57             dias.append(dias_dict[dia])
58             cur.execute("select avg(vmd) from vmd where camera='%s' and mes='%s'
59 and d_semana_num=%d" % (camera, mes, dia))
60             volumes.append(cur.fetchall()[0][0])
61             plt.plot(dias, volumes, "-o", markersize=3, label="%s" % camera)
62
63 #ax = plt.figure().gca()
64 #ax.xaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True))
65 plt.xlabel("Dias da semana")
66 plt.ylabel("VMDd (veh/dia)")
67 plt.legend(loc="center left", bbox_to_anchor=(1, 0.5) )
68 plt.ylim(bottom=0)
69 plt.grid(True)
70 plt.savefig("../graficos/var_vmd_%s.png" % mes.replace(" ", ""),
71             bbox_inches="tight", dpi=300)
72 plt.clf()
73

```

C SCRIPT PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS DE VMD

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 #Script para criação de banco de dados
3 #Autor: Alexandre Hering Coelho
4 #=====
5 import psycopg2
6 import glob
7 import codecs
8
9 con = psycopg2.connect("host=localhost dbname=tcc user=julia password=julia"
10 )
11 with con:
12     cur = con.cursor()
13
14     cur.execute("drop view if exists vmd")
15     cur.execute("DROP TABLE IF EXISTS analitico cascade")
16     cur.execute("CREATE TABLE analitico (camera varchar(500), ts timestamp,
17         volume integer)")
18
19     for file in glob.glob("../csv/*.csv"):
20         print("Processando arquivo: %s" % file)
21         input = codecs.open(file, "r", "utf-16").readlines()[8:32]
22         camera = file.split("/")[-1].split("_")[1]
23         ano, mes, dia = file.replace("../", ".").split("/")[-1].split(".")[2].
24             split("_")[-1].split("-")
25         hora = 0
26         for line in input:
27             ts = "%04d-%02d-%02d %02d:00:00" % (int(ano), int(mes), int(dia), hora
28             )
29             volume = int(line.split(";")[1])
30             insert_string = "INSERT INTO analitico (camera, ts, volume) VALUES ('%
31 s', '%s', %d)" % (camera, ts, volume)
32             print(insert_string)
33             cur.execute(insert_string)
34             hora += 1
```

D SCRIPT PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS DE VH

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 #Script para criação de banco de dados
3 #Autor: Alexandre Hering Coelho
4 #=====
5 import psycopg2
6 import glob
7 import codecs
8
9 con = psycopg2.connect("host=localhost dbname=tcc user=julia password=julia"
10 )
11 with con:
12     cur = con.cursor()
13
14     cur.execute("drop view if exists vmd")
15     cur.execute("DROP TABLE IF EXISTS analitico cascade")
16     cur.execute("CREATE TABLE analitico (camera varchar(500), ts timestamp,
17         volume integer)")
18
19     for file in glob.glob("../csv/*.csv"):
20         print("Processando arquivo: %s" % file)
21         input = codecs.open(file, "r", "utf-16").readlines()[8:32]
22         camera = file.split("/")[-1].split("_")[1]
23         ano, mes, dia = file.replace("../", ".").split("/")[-1].split(".")[2].
24             split("_")[-1].split("-")
25         hora = 0
26         for line in input:
27             ts = "%04d-%02d-%02d %02d:00:00" % (int(ano), int(mes), int(dia), hora
28             )
29             volume = int(line.split(";")[1])
30             insert_string = "INSERT INTO analitico (camera, ts, volume) VALUES ('%
31 s', '%s', %d)" % (camera, ts, volume)
32             print(insert_string)
33             cur.execute(insert_string)
34             hora += 1
```

E MATRIZ OD DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA - NAVEGANTES

Origem/Destino	Centro	Gravatá	Meia Praia	São Domingos	São Paulo	São Pedro	Hugo de Almeida	Machados	Nossa Senhora das Graças	Volta Grande	Pedreiras	Escalvados	Porto Escalvado	Não sabe	Todos os bairros	Itajaí	Balneário Piçarras	Balneário Camboriú	Penha	Blumenau	Brusque	Curitiba	Florianópolis	Joinville	Barra Velha	Luis Alves	Porto Belo	Piçarras	Total
Centro	22,78	0,54	0,92	2,03	1,73	0,75		1,25	0,81	0,07	0,07	0,07	0,07			1,86	0,1	0,24	0,07					0,17	0,03	0,07	0,07	33,7	
Gravatá	0,54	4,64	0,03	0,2	0,07	0,07	0,03	0,44					0,03			0,51	0,1	0,14	0,03						0,03		0,07	6,93	
Meia Praia	0,78	0,03	2,81	0,1	0,03			0,07	0,14	0,03						0,27	0,03	0,1					0,14					4,53	
São Domingos	2	0,2	0,1	5,05	0,41	0,14		0,47	0,31	0,07	0,17		0,07			0,68	0,03	0,14	0,17				0,03					10,04	
São Paulo	1,8	0,07	0,03	0,41	6,07	0,03		0,41	0,07		0,03	0,03		0,07		0,54			0,07		0,03				0,03			9,69	
São Pedro	0,75	0,07		0,14	0,03	0,68		0,03		0,03						0,14												1,87	
Hugo de Almeida		0,03																										0,03	
Machados	1,25	0,41	0,07	0,34	0,31	0,03		7,25	0,47	0,2	0,07		0,1			0,85	0,1		0,1	0,03		0,03				0,07		11,68	
Nossa Senhora das Graças	0,85		0,17	0,24	0,07			0,58	3,39		0,03	0,1	0,03			0,51	0,03	0,03	0,03	0,03				0,03				6,12	
Volta Grande	0,07			0,07		0,03		0,2		1,15						0,17									0,03	0,03		1,75	
Pedreiras	0,07			0,17	0,03			0,07	0,03		0,51					0,17												1,05	
Escalvados	0,07				0,03				0,1			0,95	0,1		0,03	0,1	0,03									0,1		1,51	
Porto Escalvados	0,1	0,03		0,07				0,1	0,03			0,1	1,22			0,31		0,07										2,03	
Não sabe					0,07																							0,07	
Todos os bairros												0,03																0,03	
Itajaí	1,73	0,44	0,24	0,54	0,47	0,14		0,88	0,47	0,17	0,17		0,27					0,1										5,62	
Balneário Piçarras				0,03				0,1	0,03			0,03																0,19	
Balneário Camboriú	0,1	0,17	0,03	0,14					0,03			0,1			0,03													0,6	
Penha	0,24	0,1	0,03	0,14	0,07			0,1	0,07																			0,75	
Blumenau	0,17	0,24	0,1					0,03	0,03											0,03								0,6	
Brusque		0,14			0,03																							0,17	
Joinville	0,17		0,14	0,03				0,1	0,03																			0,47	
Barra Velha		0,03																										0,03	
Rio do Sul		0,07																										0,07	
Luis Alves	0,03				0,03					0,03																		0,09	
Porto Belo								0,07		0,07		0,1																0,24	
Piçarras	0,07	0,07																										0,14	
Total	33,57	7,28	4,67	9,7	9,45	1,87	0,03	12,15	6,01	1,82	1,05	1,41	1,99	0,07	0,03	6,14	0,19	0,57	0,85	0,19	0,03	0,03	0,03	0,34	0,03	0,09	0,27	0,14	100

F ESTRUTURA DOS DADOS DE CONTAGEM

Câmera(s)::Nome da câmera,
Total:: 0;
Média dos intervalos:: 0;
Pico:: 0 00:00-01:00;
Baixa:: 0 00:00-01:00;
Fluxo de veículos por intervalo;
0Hrs;0;
1Hrs;0;
2Hrs;0;
3Hrs;0;
4Hrs;0;
5Hrs;0;
6Hrs;0;
7Hrs;0;
8Hrs;0;
9Hrs;0;
10Hrs;0;
11Hrs;0;
12Hrs;0;
13Hrs;0;
14Hrs;0;
15Hrs;0;
16Hrs;0;
17Hrs;0;
18Hrs;0;
19Hrs;0;
20Hrs;0;
21Hrs;0;
22Hrs;0;
23Hrs;0;
Fluxo de veículos por cidades;
Fluxo de veículos por tipos;
Fluxo de veículos por modelos;
Fluxo de veículos por cidades;
Fluxo de capturas de placas;