

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

MARCO ANTÔNIO VIEIRA FILHO

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM BINÁRIO EM UMA REGIÃO DA CIDADE DE
JOINVILLE UTILIZANDO O SOFTWARE DE SIMULAÇÃO SUMO

Joinville

2019

MARCO ANTÔNIO VIEIRA FILHO

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM BINÁRIO EM UMA REGIÃO DA CIDADE DE
JOINVILLE UTILIZANDO O SOFTWARE DE SIMULAÇÃO SUMO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Transportes e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Joinville, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Dra. Francielly Hedler Staudt

Joinville

2019

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM BINÁRIO EM UMA REGIÃO DA CIDADE DE
JOINVILLE UTILIZANDO O SOFTWARE DE SIMULAÇÃO SUMO

Este trabalho foi julgado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Transportes e Logística, e aprovado em sua forma final pela banca examinadora perante o curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Tecnológico de Joinville.

Comissão Examinadora

Dra. Francielly Hedler Staudt
Orientadora
UFSC - Centro Tecnológico de Joinville

Me. Benjamin Grando Moreira
Membro
UFSC - Centro Tecnológico de Joinville

Eng. Guilherme Belegante
Membro
SEPUD - Joinville

Dra. Janaína Renata Garcia
Suplente
UFSC - Centro Tecnológico de Joinville

AGRADECIMENTOS

Ao meu melhor amigo Jesus por me salvar, me amar, transformar completamente a minha vida ao longo dos anos da faculdade e me capacitar para chegar até aqui.

À minha amada esposa Leticia Suyane Gonçalves da Silva Vieira por me amar, me incentivar e acreditar no meu potencial. Cada vez que você me ouviu em momentos difíceis durante a faculdade e também durante a realização deste trabalho foram fundamentais para que eu continuasse avançando. Você é um presente de Deus na minha vida, sem você não sei se eu teria chegado até aqui.

Ao meu amado filho Théo simplesmente por existir. Você ainda está na barriga da mamãe, mas foi uma das maiores motivações para que eu concluísse este trabalho mesmo antes de nascer.

Aos meus pais, minha irmã e à minha vó, Emília, que moraram comigo durante boa parte do andamento do curso, dando total apoio aos estudos e um ambiente familiar de muito amor, fundamental para minha vida. Em especial ao meu pai e à minha mãe que me ajudaram muito a ser quem eu sou hoje, vocês sempre me mostraram a importância dos estudos e se cheguei até aqui é porque vocês estiveram comigo.

Ao meu sogro, a minha sogra e a minha cunhada Larissa que são grandes amigos meus e sempre demonstraram apoio ao longo de toda faculdade.

A minha orientadora Dra. Francielly Hedler Staudt que me orientou ao longo de todo desenvolvimento deste trabalho. Você foi uma peça fundamental para o meu TCC. Minha gratidão por acreditar em mim e sempre dar um novo fôlego para o trabalho a cada reunião, mesmo quando eu chegava desanimado com o andamento do trabalho ao longo das semanas.

Ao Eng. Guilherme Belegante, por todas as conversas, ideias, contribuições com o trabalho e por disponibilizar seu tempo para me ajudar.

Ao SEPUD por disponibilizar o escopo deste projeto para realização do trabalho.

À todos os professores da UFSC, tanto os que me deram aula em alguma disciplina quanto os que compravam trufas e contribuíram para que o meu sonho de casar se tornasse realidade mesmo antes de me formar.

Ao meu amigo Gustavo Mitsuo Ono que em vários momentos me impulsionou a seguir em frente com os desafios que o curso trazia e em especial por ter ajudado também com a tradução do Resumo. Você tem parte importante na realização desse sonho na minha vida.

Ao meu amigo e já formado pela UFSC, Eng. Gustavo Araldi, por ser um grande exemplo de dedicação e superação para mim. Você sempre era o que mais estudava e depois de

aprender dedicava um tempo para me ajudar nos estudos. Sua ajuda foi fundamental para mim em especial nos primeiros três anos de faculdade.

Ao meu amigo Daniel Mattei, que ao longo deste semestre também desenvolveu seu TCC e houve uma ajuda mútua, por todo incentivo e compartilhamento de conhecimento técnico, um agradecimento especial pelas vídeo aulas das normas da ABNT. Você foi muito importante para que eu chegasse até aqui.

Ao meu amigo Gustavo Luz e novamente a minha esposa Leticia pela ajuda nas contagens dos veículos, a ajuda de vocês foi muito importante para a coleta dos dados.

A todo o pessoal do Zika Sport Club e do Capim Canela Futebol e Regatas, times de futebol da faculdade, que joguei por 3 anos e 2 anos respectivamente, onde fiz grandes amizades que marcaram esta jornada.

A todo o pessoal do Movimento SUAT, ministério de adolescentes que eu e minha esposa lideramos, por alegrarem todos os meus sábados à tarde, por sonharem junto comigo e sempre demonstrarem amor por mim.

A minha igreja IJADE e todas as pessoas que caminham comigo lá, por todo suporte, incentivo e amor que têm dado a mim e à minha família.

A todo pessoal do Grupo Pequeno que lidero, que nos últimos dois meses estive em oração pelo meu TCC e que sempre alegam demais as minhas noites de sexta-feira, é bom demais conhecer mais de Jesus com vocês.

A todos que oram pela minha vida e minha família, em especial aos que oraram pela conclusão do meu TCC, para que Deus me desse força e perseverança para seguir adiante.

A família Vieira e a família Santos que representam todos os meus parentes e são muito importantes para mim.

Aos integrantes da banca que se disponibilizaram para fazer parte da conclusão deste trabalho, obrigado pelo tempo que dedicaram e por terem aceito o convite de participar do meu TCC.

A Transtusa pelos 2 anos de Estágio e a Gidion pelos 6 meses de estágio, foi um tempo de muito aprendizado e crescimento para mim, obrigado por cada oportunidade que me deram ao longo desse tempo. Um agradecimento especial a Andrea da Transtusa e a Prof. Dra. Vanina Macowski Durski Silva por terem ajudado no início para que a porta do estágio fosse aberta. E ao Alamir, ao Juvenal e ao Jacson, que foram as pessoas mais próximas ao longo do período de estágio, que praticamente ao longo de todo esse período trabalharam comigo e me ajudaram muito.

RESUMO

Devido ao constante crescimento populacional no Brasil, bem como o aumento da frota de veículos individuais, a trafegabilidade das vias ao redor do país, em especial nos grandes centros urbanos, está piorando ao longo dos anos. Pode-se atribuir este fato à decisão das pessoas em relação a qual modal utilizar para realizar seus deslocamentos do dia-a-dia, e também à ineficiência da infraestrutura viária. Uma importante ferramenta que foi desenvolvida para auxiliar na solução destes problemas é a simulação de tráfego. Através desta ferramenta, se torna possível propor alterações nas vias de maneira virtual, sem que haja impacto algum para a população local. E somente após serem realizados estudos de qual alteração trará maior benefício é que se toma a decisão pelas mudanças a serem implantadas.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade da implantação de um binário na cidade de Joinville, estado de Santa Catarina, entre as ruas Coronel Francisco Gomes e Piauí. Para isso, realizou-se um estudo do cenário atual na região e estudos de quatro possíveis novos cenários modificados. O estudo busca verificar resultados da mudança sugerida no tráfego dos veículos, através de rotas alternativas utilizando basicamente a infraestrutura viária já existente, reduzindo os custos e o tempo de execução das alterações, em comparação com grandes obras de infraestrutura. Realizou-se a simulação do tráfego através do software SUMO, analisando o desempenho do cenário atual e quatro novos possíveis cenários. A comparação entre estes cenários foi feita através de um relatório que o próprio software fornece, utilizando tabelas e gráficos do Excel para tratamento e geração dos resultados. Este relatório traz números de indicadores fundamentais para o tráfego, tais como, tempo de duração das viagens, tempo perdido nas viagens, quilometragem das rotas, entre outros. Observou-se que todos os quatro novos cenários apresentaram melhora em relação ao atual, com destaque para o Cenário 2.

Palavras-chave: Planejamento de transportes. Tráfego de veículos. Mobilidade urbana. Simulação de tráfego. Tempo de duração da viagem.

ABSTRACT

Due to the constant population growth in Brazil, as well as the increase in the fleet of individual vehicles, the trafability of roads around the country, especially in large urban centers, is worsening over the years. This fact can be attributed to the decision of the people regarding which modal to use to carry out their day-to-day trips and also to the inefficiency of the road infrastructure. An important tool that has been developed to help solve these problems is traffic simulation. Through this tool, it becomes possible to propose changes in the roads in a virtual way, without any impact for the local population. And it is only after conducting studies of which change will bring greater benefit that the decision is made for the changes to be implemented. The objective of this work is to analyze the feasibility of the implantation of a binary in the city of Joinville, state of Santa Catarina, between Coronel Francisco Gomes and Piauí streets. For this, a study of the current scenario in the region and studies of four possible new modified scenarios were carried out. The study seeks to verify the results of the suggested change in vehicle traffic through alternative routes using basically the existing road infrastructure, reducing the costs and the time of execution of the changes, compared with major infrastructure works. Traffic simulation was performed through SUMO software, analyzing the performance of the current scenario and four new possible scenarios. The comparison between these scenarios was done through a report that the software itself provides, using tables and graphs of Excel for treatment and generation of results. This report lists key metrics for traffic, such as trip duration time, lost trip time, route length, and more. It was observed that all four new scenarios showed an improvement over the with a emphasis on Scenario 2.

Keywords: Transport planning. Traffic of vehicles. Urban mobility. Traffic Simulation. Trip duration time.

LISTA DE ABREVIACOES

Av. – Avenida

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

DLR – *German Aerospace Center*

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

SUMO – *Simulation of Urban Mobility*

XML - *Extensible Markup Language*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação das vias com maior congestionamento do escopo do trabalho e os bairros que elas acessam.....	15
Figura 2 – Relação entre velocidade e volume.....	18
Figura 3 – Fluxo de saturação e tempos perdidos em estágio saturado.....	21
Figura 4 - Etapas para o desenvolvimento do estudo.....	26
Figura 5 - Mapa do escopo do trabalho.....	28
Figura 6 - Sentidos das vias no cenário atual.....	29
Figura 7 - Trecho da Rua Piauí.....	31
Figura 8 - Cruzamento Rua Piauí com a Rua São Paulo no mapa do SUMO.....	31
Figura 9 - Representação da redução de velocidade máxima na Rua Florianópolis.....	32
Figura 10 - Faixas adicionais na Rua Coronel Francisco Gomes no cruzamento com a Av. Procópio Gomes.....	32
Figura 11 - Indicação dos movimentos 1, 2 e 3 da contagem dos veículos.....	33
Figura 12 - Indicação das Rotas 1 a 7.....	38
Figura 13 - Indicação das rotas 8 a 12.....	38
Figura 14 - Indicação das rotas 13 a 19.....	39
Figura 15 - Indicação das rotas 20 a 25.....	39
Figura 16 - Indicação das rotas 26 a 32.....	40
Figura 17 – Maiores congestionamentos na simulação do cenário atual.....	44
Figura 18 - Maiores congestionamentos do cenário atual em gráfico.....	45
Figura 19 - Sentidos das vias para o Cenário 1, com destaque para as vias alteradas.....	47
Figura 20 – Sentidos das vias para o Cenário 2.....	48
Figura 21 - Sentido das vias para o Cenário 3.....	49
Figura 22 – Visão das vias para o Cenário 3 com a exclusão da Rua Florianópolis do mapa.....	50
Figura 23 - Sentido das vias para o Cenário 4.....	52
Figura 24 - Média de duração das viagens por cenário.....	53
Figura 25 - Soma da duração das viagens por cenário.....	54
Figura 26 - Média de tempo perdido nas viagens por cenário.....	55
Figura 27 - Média do tamanho das rotas por cenário.....	56
Figura 28 - Velocidade média dos veículos por cenário.....	57
Figura 29 - Distância entre as ruas Florianópolis e Monsenhor Gercino.....	60
Figura 30 - Indicação dos movimentos 4 e 25 da contagem dos veículos.....	81
Figura 31 - Indicação dos movimentos 5 e 19 da contagem dos veículos.....	81

Figura 32 - indicação dos movimentos 6, 7, 8, 26 e 31 da contagem dos veículos.....	82
Figura 33 - Indicação dos movimentos 21, 32 e 33 da contagem dos veículos.....	83
Figura 34 - Indicação do movimento 13 da contagem dos veículos.	83
Figura 35 - Indicação dos movimentos 10, 11, 27, 28 e 29 da contagem dos veículos.....	84
Figura 36 - Indicação dos movimentos 14, 20 e 22 da contagem dos veículos.....	85
Figura 37 - Indicação dos movimentos 12, 15, 23 e 30 da contagem dos veículos.	86
Figura 38 - Indicação dos movimentos 9, 16, 17, 18 e 24 da contagem dos veículos.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado das contagens dos movimentos.	34
Tabela 2 - Movimentos x Rotas.....	37
Tabela 3 - Semáforo 1 no Cenário Atual.....	41
Tabela 4 - Semáforo 2 no Cenário Atual.....	41
Tabela 5 - Semáforo 3 no Cenário Atual.....	41
Tabela 6 - Semáforo 4 no Cenário Atual.....	42
Tabela 7 - Semáforo 5 no Cenário Atual.....	42
Tabela 8 - Semáforo 6 no Cenário Atual.....	43
Tabela 9 - Semáforo 7 no Cenário Atual.....	43
Tabela 10 - Média de duração das viagens por rota	58
Tabela 11 - Comparação dos cenários para os vias de maior congestionamento no cenário atual.	59
Tabela 12 - Comparação entre os cenários 0, 1 e 2.	61
Tabela 13 - Semáforo 1 no Cenário 1.....	66
Tabela 14 - Semáforo 2 no Cenário 1.....	66
Tabela 15 - Semáforo 3 no Cenário 1.....	66
Tabela 16 - Semáforo 4 no Cenário 1.....	66
Tabela 17 - Semáforo 5 no Cenário 1.....	67
Tabela 18 - Semáforo 6 no Cenário 1.....	67
Tabela 19 - Semáforo 1 no Cenário 2.....	67
Tabela 20 - Semáforo 2 no Cenário 2.....	67
Tabela 21 - Semáforo 3 no Cenário 2.....	67
Tabela 22 - Semáforo 4 no Cenário 2.....	68
Tabela 23 - Semáforo 5 no Cenário 2.....	68
Tabela 24 - Semáforo 6 no Cenário 2.....	68
Tabela 25 - Semáforo 7 no Cenário 2.....	68
Tabela 26 - Semáforo 8 no Cenário 2.....	69
Tabela 27 - Semáforo 1 no Cenário 3.....	69
Tabela 28 - Semáforo 2 no Cenário 3.....	69
Tabela 29 - Semáforo 3 no Cenário 3.....	69
Tabela 30 - Semáforo 4 no Cenário 3.....	70
Tabela 31 - Semáforo 5 no Cenário 3.....	70
Tabela 32 - Semáforo 6 no Cenário 3.....	70

Tabela 33 - Semáforo 1 no Cenário 4.....	70
Tabela 34 - Semáforo 2 no Cenário 4.....	71
Tabela 35 - Semáforo 3 no Cenário 4.....	71
Tabela 36 - Semáforo 4 no Cenário 4.....	71
Tabela 37 - Semáforo 5 no Cenário 4.....	71
Tabela 38 - Semáforo 6 no Cenário 4.....	71
Tabela 39 - Semáforo 7 no Cenário 4.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. Objetivo Geral.....	14
1.1.2. Objetivos Específicos	14
1.2. JUSTIFICATIVA	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES.....	16
2.2. ENGENHARIA DE TRÁFEGO.....	16
2.2.1. Características e definições de tráfego	17
2.2.2. Semáforos.....	19
2.2.3. Método de Webster	20
2.3. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	22
2.3.1 SUMO – Simulation of Urban Mobility	23
2.3.2. Geração da Rede	24
2.3.3. Criação dos Fluxos de Veículos.....	24
2.3.4. Coleta dos Dados de Saída.....	25
3. METODOLOGIA	26
3.1. COLETA DOS DADOS	27
4. ESTUDO DE CASO	28
4.1. ELABORAÇÃO DO MAPA ATUAL DO SUMO.....	30
4.2. COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS	33
4.2.1. Transformação dos movimentos em rotas	36
4.2.2. Tempos semafóricos do cenário atual	40
4.3. SIMULAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL.....	43
4.4. PROPOSTAS DE CENÁRIOS FUTUROS.....	46
4.4.1. Proposta do Cenário 1	46
4.4.2. Proposta do Cenário 2	48
4.4.3. Proposta do Cenário 3	49
4.4.4. Proposta do Cenário 4	51

5. RESULTADOS E ANÁLISES	53
5.1. RESULTADOS GERAIS DOS CENÁRIOS	53
5.1.1. Duração das viagens.....	53
5.1.2. Tempo perdido nas viagens	55
5.1.3. Tamanho das rotas.....	56
5.1.4. Velocidade média	57
5.2. TEMPO DE DURAÇÃO DAS VIAGENS POR ROTAS	58
6. CONCLUSÕES.....	62
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE A – TABELAS DOS TEMPOS SEMAFÓRICOS DO CENÁRIO MODIFICADOS.....	66
APÊNDICE B – ARQUIVOS DE ROTAS DO CENÁRIO ATUAL.....	73
APÊNDICE C – FIGURAS DOS MOVIMENTOS CONSIDERADOS PARA AS CONTAGENS DOS VEÍCULOS.....	81

1. INTRODUÇÃO

No Brasil há um notável crescimento populacional somado à grande porcentagem de concentração da população nos centros urbanos, como são mostrados nos dados de 2010, ano em que o número de habitantes na zona urbana do país já representava 84% da população (IBGE, 2010). Este fato traz desafios relacionados à mobilidade, por conta do aumento de deslocamentos de cargas e pessoas.

Segundo Senna (2014), a economia dos países depende de sua infraestrutura. Isso já era ressaltado há muito tempo por autores como Stern et al. (1969), que afirma que o constante crescimento da produção da indústria automobilística teria como consequência uma rápida saturação das vias urbanas, limitadas e mal projetadas. Nota-se então que, devido ao crescimento não controlado do número de veículos individuais trafegando nas vias, problemas de congestionamento e lentidão no trânsito podem ser observados diariamente nos centros urbanos. Isso implica em um aumento da poluição atmosférica e gera um acréscimo no tempo médio das viagens, aumentando assim o nível de estresse dos usuários da via e impactando diretamente na qualidade de vida da população. Garcia-Castro e Monzon (2014) afirmam que os engarrafamentos aumentam em até 30% a emissão de dióxido de carbono (CO₂).

Portanto, para o bom funcionamento do tráfego urbano de uma cidade, são necessárias mudanças e criação de novas alternativas constantemente, a fim de manter boa fluidez e acompanhar o aumento da frota de veículos. Sendo assim, este trabalho tem o foco em criar alterações no fluxo de tráfego aproveitando a infraestrutura viária já existente, com mudanças de baixo custo e que apresentem bons resultados.

Portanto, o objetivo é fazer uma análise na região sul de Joinville, com os deslocamentos no sentido centro-bairro no período de final de tarde e propor melhorias no fluxo de veículos para diminuir o tempo de duração das viagens, utilizando um simulador de tráfego.

1.1. OBJETIVOS

Os seguintes objetivos, subdivididos em geral e específicos foram estabelecidos para o estudo realizado:

1.1.1. Objetivo Geral

Propor melhorias para o tráfego de uma região com a criação de um binário entre as ruas Coronel Francisco Gomes e Piauí na cidade de Joinville utilizando o software de simulação SUMO para redução do congestionamento na região no período de fim de tarde.

1.1.2. Objetivos Específicos

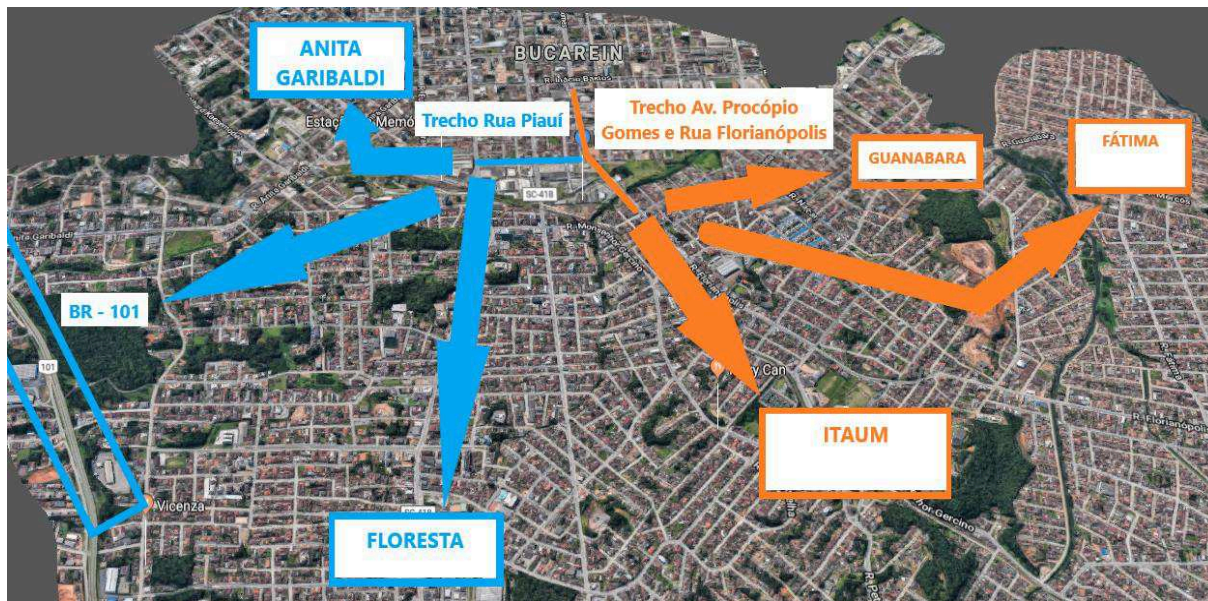
- Dimensionar o fluxo de veículos da região estudada e simular o cenário atual no software SUMO;
- Propor alternativas de melhoria para o tráfego de veículos na região;
- Simular as alternativas propostas e comparar com o cenário atual.

1.2. JUSTIFICATIVA

A falta de mobilidade nas grandes cidades tem sido um grande problema no Brasil, como maneira de solucionar esta problemática, o planejamento de transportes é fundamental. Este trabalho justifica-se pelos atrasos nas viagens da região de estudo na cidade de Joinville no período de fim de tarde e se propõe a estudar soluções para o planejamento do tráfego urbano do município. Os atrasos em determinados momentos chegam a mais de 20 minutos para algumas rotas.

A região contempla a Av. Procópio Gomes, a Rua Florianópolis e a Rua Piauí, que são três das principais vias de ligação entre o centro de Joinville e alguns bairros da região sul do município, entre eles, o Fátima, o Guanabara, o Itaum, o Floresta e o Anita Garibaldi. Estes bairros possuem uma projeção de população para o ano de 2020 de 17.175, 13.895, 17.486, 22.019 e 9.986 pessoas, respectivamente, segundo dados da Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável de Joinville (SEPUD, 2017). Comparando-se com os dados do Censo do IBGE de 2010, a projeção de população total para a cidade no ano de 2018 é de 583.144 habitantes, sendo a 37ª maior do país neste quesito e a 1ª do estado de Santa Catarina, em 2010, ou seja, a soma destes cinco bairros corresponde a aproximadamente 13,81% da população total de uma das maiores cidade do Brasil. A Figura 1 mostra as ruas, os bairros e as ligações citadas.

Figura 1 – Representação das vias com maior congestionamento do escopo do trabalho e os bairros que elas acessam.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

As linhas azul e laranja representam, respectivamente as ruas Piauí e Av. Procópio Gomes com continuação na Rua Florianópolis. De acordo com as suas cores, os bairros que elas acessam estão escritos com a mesma cor e as setas apontam a direção de ligação entre as ruas e os bairros ou a BR-101.

A melhora na fluidez do tráfego das vias em estudo beneficiariam direta ou indiretamente mais de 80 mil pessoas, que corresponde à soma da população dos bairros mostrados. Trazendo redução do tempo de viagem, no trajeto que, para os que trabalham em horário comercial, é de retorno para suas casas após um dia de trabalho. Este benefício gera qualidade de vida, diminuição de estresse e possibilita novas maneiras de se aproveitar o tempo no dia-a-dia, podendo inclusive gerar um impulso na economia joinvilense.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com o intuito de contextualizar e embasar a temática estudada, este referencial teórico apresenta conceitos relacionados a planejamento de transportes, engenharia de tráfego e simulação de tráfego.

2.1. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Schofer e Levin (1967) traz que o Processo de Planejamento de Transportes é difícil pelo fato dos sistemas envolvidos possuírem um tamanho de grande complexidade. Entre estes sistemas existem vários fatores importantes, tais quais, as suas inter-relações, a grande quantidade de informações e dados e o fato da comunidade não ter objetivos claros e unânimes.

Roess, Prassas e Mcshane (2011) afirmam que em planejamento de transportes buscase aplicar a tecnologia e princípios científicos para melhor desenvolver a operação, para serem melhoradas a segurança, a velocidade, o custo dos meios de transporte, entre outras características.

Para Susniené (2012) apud Farias et al. (2013) o transporte é fundamental no planejamento do desenvolvimento econômico nacional, de maneira social e sustentável, podendo gerar efeitos positivos ou negativos sobre o meio ambiente e na qualidade de vida da população. Em um cenário de rápido desenvolvimento, o aumento da utilização de veículos motorizados e o crescimento urbano desorganizado, faz com que o governos venham elaborando políticas e legislações de incentivo à utilização de projetos de planejamento de transportes e mobilidade urbana no Brasil.

A Engenharia de Tráfego é fundamental para que os problemas de trafegabilidade possam ser solucionado, na próxima seção será abordado este tema.

2.2. ENGENHARIA DE TRÁFEGO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1983), Engenharia de Tráfego é a porção da Engenharia responsável pelo planejamento do tráfego e do projeto e operação das vias e suas adjacências, bem como o uso delas para o transporte, analisando fatores como: segurança, conveniência e economia.

Roess, Prassas e Mcshane (2011) trazem que a Engenharia de Tráfego é responsável pelo planejamento, projeto geométrico e operações de tráfego nas vias, para que cada via possa cumprir sua função com qualidade.

Para se medir a eficiência e a segurança da via com um determinado fluxo de veículos, são necessários conhecimentos relativos ao fluxo no local e ao comportamento dos motoristas estudados, mesmo que isto possa ser cultural e subjetivo, já que impactam diretamente na avaliação de uma via. Sendo assim, a complexidade do estudo aumenta, pois as variáveis são interdependentes e se comunicam com o cenário envolvido.

Os parâmetros da Engenharia de Tráfego podem ser macroscópicos ou microscópicos, sendo que o primeiro ocorre quando o tráfego é analisado através de variáveis contínuas, e no segundo caso, é feita uma análise do comportamento individual de cada veículo.

Para coleta dos dados de um estudo de tráfego são necessárias pesquisas de campo. As contagens podem ser manuais ou automáticas e estão subdivididas em tipos de contagem: podem ser globais, quando se contabiliza o volume total de veículos em uma via sem considerar o sentido; podem ser direcionais, quando separa-se a contagem por sentido de fluxo; ou podem ser também classificatórias, quando se registra os diferentes tipos de veículos observados na contagem (DNIT, 2006).

Na coleta destes dados os tipos de veículos são essenciais para estudos na Engenharia de Tráfego. Segundo o CONTRAN (2014), utiliza-se a medida de unidades de carro de passeio (ucp) para padronizar a quantidade de veículos. Essa adaptação chama-se volume de tráfego equivalente, sendo que cada veículo possui um fator de equivalência. O automóvel vale 1,00, a motocicleta vale 0,33, o ônibus vale 2,00 e o caminhão vale 2,5 (CONTRAN, 2014).

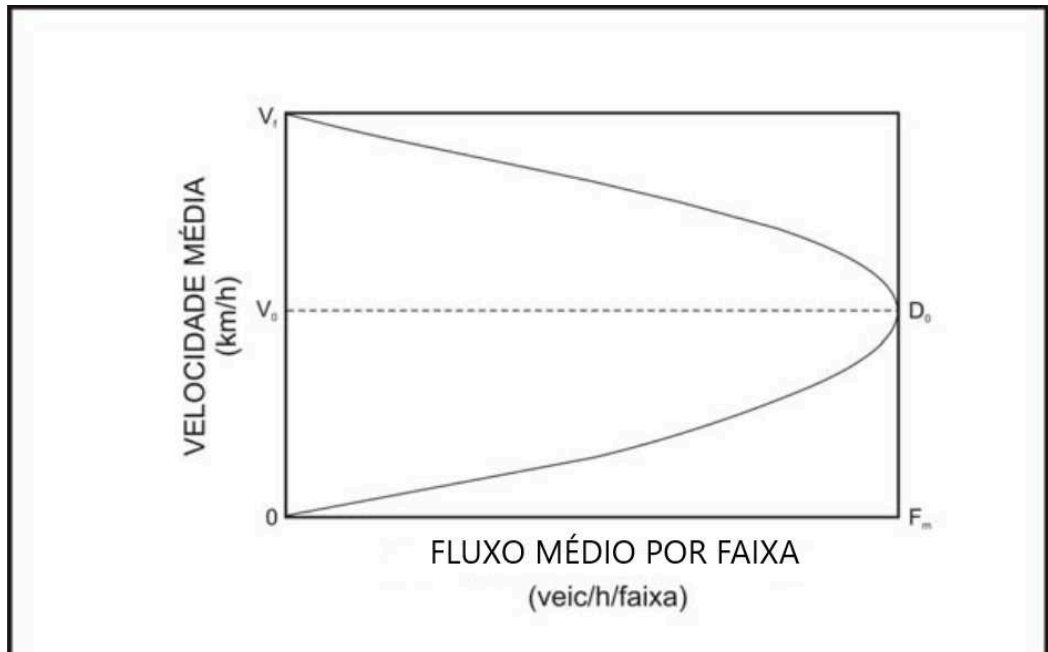
A velocidade máxima permitida na via e o volume de tráfego são fatores decisivos para estudos de tráfego, na seção seguinte estes fatores são apresentados.

2.2.1. Características e definições de tráfego

O modelo de Greenshield (1935) apud DNIT (2006) apresenta através da Figura 2 a relação entre velocidade e volume de uma via. Segundo Greenshield (1935) cada via possui uma velocidade de fluxo livre (V_f), que ocorre quando não há nenhum impedimento para que o veículo trafegue na velocidade máxima permitida no local. Conforme o fluxo de veículos vai aumentando, a velocidade média vai sendo reduzida até chegar ao ponto de densidade ótima (D_o), que corresponde a capacidade máxima da via (ver ponto D_o na Figura 2). A partir deste momento, cada veículo adicionado ao fluxo gera perda de velocidade e também diminuição da

quantidade de veículos que estão efetivamente trafegando, ou seja, a quantidade de veículos aumenta, mas como a via não suporta mais a demanda, esses veículos excedentes começam a ser acumulados em trechos anteriores, gerando filas e atrasos nas viagens. Como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Relação entre velocidade e volume.



Fonte: Adaptado de DNIT (2019).

Esta curva pode ser variável por influência de fatores como (DNIT, 2006): (i) frequência de entradas e saídas de veículos (quantidade de ligações com outras vias e quantidade de veículos que entram e saem em cada uma delas); (ii) boas ou más condições climáticas e; (iii) número de acidentes (que geram grandes impactos negativos na trafegabilidade das vias).

Além desta relação citada, para melhor analisar o fluxo de tráfego é necessário o conhecimento de mais fatores, dentre eles:

- Horas de pico: “Os volumes horários variam ao longo do dia, apresentando pontos máximos acentuados, designados por picos” (DNIT, 2006). “As Horas de Pico, contendo os maiores volumes de veículos de uma via em um determinado dia, variam de local para local, mas tendem a se manter estáveis em um mesmo local, no mesmo dia da semana” (DNIT, 2006).

- Volume hora pico (Vhp): é a média do fluxo de veículos que passam por uma determinada intersecção durante os sessenta minutos da hora de pico.
- Velocidade de fluxo livre (Vf): é a velocidade dos veículos quando os volumes de tráfego são baixos e não há restrição para suas velocidades (DNIT, 2006).
- *Headway*: “tempo transcorrido entre a passagem de dois veículos sucessivos por um determinado ponto” (DNIT, 2006).
- Capacidade: número máximo de veículos que uma determinada faixa comporta durante um determinado período.

Outro fator importante em estudos de tráfego são os semáforos, de acordo com a seção 2.2.2 deste trabalho, que é apresentada na sequência.

2.2.2. Semáforos

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (CONTRAN, 2007), o objetivo da instalação de semáforos é informar os usuários da via sobre o direito de passagem em um cruzamento.

De acordo com a Federal Highway Administration (2009), a implantação de um semáforo busca gerar segurança para o usuário e melhorar a fluidez do tráfego, tendo a responsabilidade de informar e direcionar todos os movimentos possíveis no cruzamento analisado.

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito elaborado pelo CONTRAN (2007), o adequado uso da sinalização semafórica traz resultados positivos para o trânsito, porém quando implantado de maneira inadequada, um semáforo traz prejuízos para o trânsito e pode até diminuir a segurança viária, gerando um efeito contrário do desejado.

Sendo assim, é de extrema importância que antes de ser tomada a decisão sobre a implantação de um semáforo, sejam feitas análises da viabilidade de outras alternativas para melhoria do tráfego, tais quais (CONTRAN, 2007):

- a) Definição de preferência de passagem;
- b) Remoção de interferências que prejudiquem a visibilidade;
- c) Melhoria na iluminação;
- d) Adequação das sinalizações horizontal e vertical;

- e) Redução das velocidades nas aproximações;
- f) Adequação na geometria;
- g) Proibição de estacionamento;
- h) Implantação de refúgio para pedestres;
- i) Alteração de circulação;
- j) Inversão da preferência de passagem;
- k) Direcionamento de pedestre para locais de travessia seguros;
- l) Reforço da sinalização de advertência.

Nota-se que o semáforo não é a primeira opção de solução e só deve ser implantado após as soluções alternativas apresentadas acima não conseguirem suprir os resultados esperados.

Para um melhor entendimento do controle de uma intersecção semaforizada é necessário compreender alguns conceitos e definições. Alguns destes segundo o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2014) são:

- a) Grupo de movimentos: é o conjunto de movimentos em uma dada intersecção que recebem o direito de passagem ao mesmo tempo;
- b) Estágio: é o intervalo de tempo em que um grupo de movimentos tem permissão para passagem;
- c) Entreverdes: é o intervalo de tempo desde o final do tempo de verde de um determinado estágio e o início do tempo de verde do estágio seguinte;
- d) Ciclo: é a sequência completa de todos os estágios de uma intersecção semaforizada;
- e) Tempo de ciclo: é a soma dos intervalos de tempo de todos os estágios.

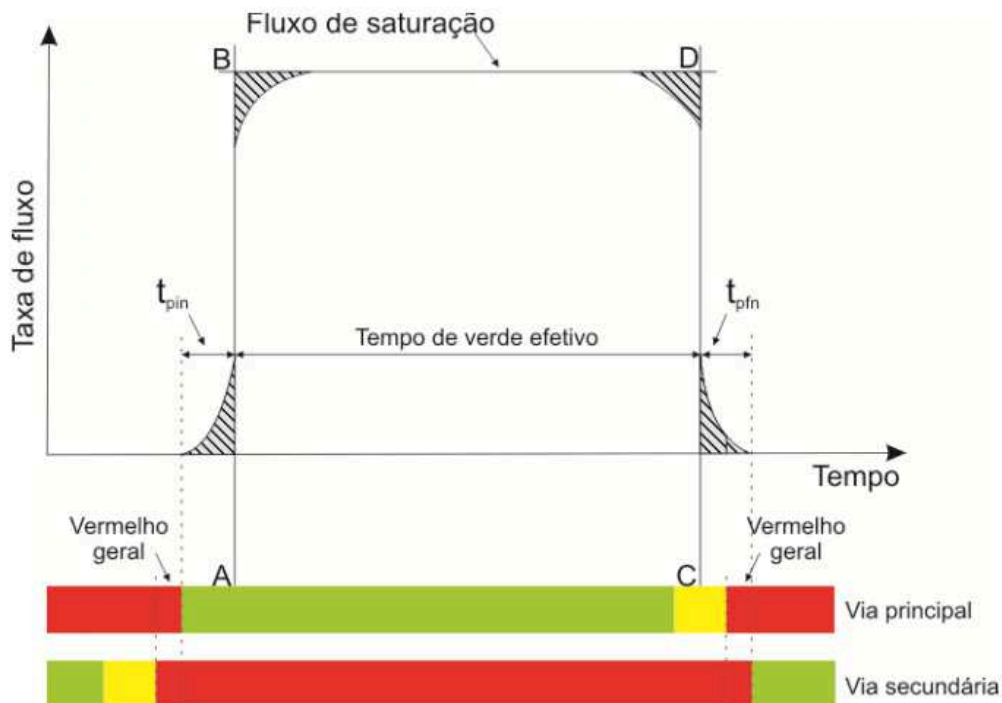
Quando verifica-se a necessidade de implantação de um semáforo, existem alguns métodos para definição dos tempos do ciclo semaforico, entre eles o Método de Webster, apresentado na próxima seção.

2.2.3. Método de Webster

O método de Webster é o método mais comum para o dimensionamento dos tempos nos ciclos semaforicos. Este método busca encontrar a combinação ótima dos tempos para minimizar o atraso total das viagens no cruzamento analisado.

A Figura 3 mostra a relação entre os tempos perdidos em um ciclo e o fluxo de saturação, que são conceitos fundamentais para compreensão do método.

Figura 3 – Fluxo de saturação e tempos perdidos em estágio saturado.



Fonte: CONTRAN, 2014.

O fluxo de saturação é a quantidade máxima de veículos a passar por uma interseção tendo ela apenas tempo de verde ao longo de uma hora completa (CONTRAN, 2014). O tempo perdido é o tempo não utilizado pelos veículos, na Figura 3 são t_{pin} e t_{pfn} . O t_{pfn} ocorre logo após o sinal ficar amarelo, quando os motoristas começam a frear para aguardar o tempo de vermelho, somado a um tempo de vermelho geral. Já o t_{pin} representa o tempo de resposta dos motoristas logo que o sinal fica verde, entre o momento de repouso e a partida efetiva do carro (CONTRAN, 2014).

O tempo perdido total (T_p) pode ser calculado pela soma do tempo de estágio exclusivo para pedestres, mais o somatório de $i=1$ até $i=n$ do tempo perdido no início do estágio i mais o tempo perdido no final do estágio i , todos os tempos em segundos, onde n é o número de estágios veiculares existentes (CONTRAN, 2014).

Outro fator importante é a taxa de ocupação (y) de um determinado grupo de movimentos que é dada conforme a Equação 1 (CONTRAN, 2014):

$$y = F/FS \quad (1)$$

Onde y é a taxa de ocupação, F é o fluxo de tráfego do grupo de movimentos, em veículos por hora ou ucp por hora e FS é o fluxo de saturação, na mesma unidade de F .

Com os dados da taxa de ocupação se torna possível encontrar o grupo de movimentos crítico. Que é o grupo de movimentos com a taxa de ocupação mais alta comparando-se com os que recebem verde no estágio em questão.

A partir destes dados é possível calcular o tempo de ciclo ótimo do semáforo utilizando o método de Webster. Para este trabalho o método de Webster não foi o escolhido para ser utilizado por conta de haverem vários sinaleiros interdependentes e não ser um cruzamento isolado. Para o cenário atual foram realizadas contagens dos tempos nos locais dos semáforos através de cronometragem e estes dados foram inseridos direto na simulação. Para os cenários futuros, através da própria simulação de modo experimental foi possível dimensionar os tempos semaforicos para os cenários modificados, observando o tamanho das filas e o tempo de duração das viagens, decidindo em todos os casos pelo tempo de ciclo que apresentasse a melhor fluidez para o tráfego.

A seção seguinte traz a fundamentação sobre simulação de tráfego e sobre o software SUMO.

2.3. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

O fluxo de veículos pode ser modelado de três diferentes formas, são elas: microscópica, mesoscópica ou macroscópica.

A abordagem microscópica traz a descrição de cada veículo de maneira individual, com informações de aceleração, desaceleração e mudanças de faixa. (BARCELÓ, 2010).

A macroscópica aborda o fluxo como um fluido contínuo e descreve a evolução por algumas variáveis, tais quais: volume, velocidade e densidade. Estas variáveis são definidas em cada ponto do espaço a cada unidade de tempo (BARCELÓ, 2010).

A mesoscópica possui características tanto da microscópica quanto da macroscópica, abordando veículos de maneira individual, mas também abordando o fluxo de maneira contínua (dinâmica) (BARCELÓ, 2010).

Este trabalho utiliza a abordagem microscópica devido a disponibilidade de vários softwares de simulação disponíveis para tal, sendo que o software SUMO foi escolhido para a realização deste trabalho por ser disponível de maneira gratuita para *download*. Na próxima seção, as definições do SUMO serão aprofundadas.

2.3.1 SUMO – Simulation of Urban Mobility

O SUMO é um software de código aberto desenvolvido na linguagem computacional C++ para simulações de redes de tráfego microscópicas. O software permite uma simulação multimodal (diferentes tamanhos e tipos de veículos) possibilitando criar vias exclusivas para determinados tipos de veículos, como por exemplo, corredores de ônibus urbano. Possibilita também a avaliação (de maneira visual e numérica através do acúmulo de fila) do nível de desempenho das vias envolvidas em um cruzamento, ajudando na decisão pela implantação de semáforos, bem como o dimensionamento dos tempos do ciclo. Seu desenvolvimento teve como responsável a partir de 2004 apenas o German Aerospace Center (DLR – Institute of Transportation Systems), porém entre 2000 e 2004 houveram também contribuições do Centro de Informática Aplicada de Colônia (ZAIK) em parceria com o DLR (BARCELÓ, 2010).

O SUMO utiliza pouca memória, sua programação é de código aberto e sua velocidade de simulação é boa, algumas outras características do SUMO podem ser descritas como (SUMO-Wiki, c2008):

- a) Simulação microscópica: este tipo de simulação permite comparar o tráfego a cada veículo que entra e sai da simulação, com base no desempenho individual de cada motorista, bem como as suas tomadas de decisão diante de fluxos e congestionamentos variados ao longo do período de simulação;
- b) Car-following: esta característica faz com que a velocidade do veículo líder influencie diretamente na velocidade do veículo seguidor e de todos os demais que vierem na sequência, este fenômeno ocorre quando não há possibilidade de ultrapassagem;
- c) Tempo discreto: o tempo analisado desta forma faz com que as decisões dos motoristas em um determinado instante da simulação dependam do cálculo anterior do cenário baseados nos instantes antecedentes.

O software é formado por um conjunto de aplicações, as mais importantes delas de acordo com SUMO-Wiki (c2008) são:

- SUMO: simulação através de linha de comando;
- SUMO-Gui: visualização da simulação através de uma interface gráfica;
- NETCONVERT: converte redes de tráfego de outras plataformas para rede compatíveis com o SUMO;
- NETGENERETE: gera redes de tráfego utilizáveis em aplicações do software;

- **NETEDIT**: é o editor das redes de tráfego. Possibilita a edição dos arquivos gerados pelo *NETCONVERT* de maneira visual, com diversas ferramentas.

Para se chegar até os dados (resultados) finais da simulação no SUMO, são necessários três passos, que serão descritos nas próximas seções: geração da rede, criação dos fluxos de veículos e coleta dos dados de saída (*outputs*).

2.3.2. Geração da Rede

Neste passo, de início é necessário importar um mapa já existente que contenha uma rede de fluxos através do *OpenStreetMaps*, por exemplo. Ou outra maneira de se iniciar, é com a criação da rede sem informações prévias fornecidas por um mapa pronto, através das ferramentas do *NETEDIT*. O que não é muito utilizado para cenários reais devido à grande necessidades de ajustes e medições, como este trabalho. No caso de se optar por importar uma rede que já exista, é necessário fazer a conversão das informações desta rede para um formato que o SUMO consiga ler, através do *NETCONVERT*. Gerando um arquivo no formato XML e salvando como “.net.xml”, que é válido para o software. Neste processo de conversão dos dados, a rede perde informações importantes das vias, como prioridades nas intersecções, tempos semafóricos, entre outras. Para isso, o *NETCONVERT*, utiliza aproximações heurísticas (BARCELÓ, 2010).

Após transformar a rede em XML, para se fazer os ajustes e mudanças necessárias nas vias, tem-se duas opções: mexer diretamente no texto do arquivo ou utilizar o *NETEDIT*. Utiliza-se normalmente o *NETEDIT* por ele ser gráfico e ele mesmo realiza as alterações no arquivo à partir dos comandos da ferramenta (SUMO-Wiki, c2008).

O *NETEDIT* permite configurar detalhadamente a rede de tráfego em estudo, possibilitando a adição/remoção de faixas para cada sentido da via, alteração nas prioridades e preferências nos cruzamentos, inversão de sentidos de vias, mudança na velocidade máxima permitida, ajuste dos tempos semafóricos e até proibição de tráfego de tipos de veículos por faixa ou por via, entre outros.

2.3.3. Criação dos Fluxos de Veículos

Uma das maneiras, que foi utilizada neste trabalho, para se modelar os fluxos dos veículos no SUMO é a seguinte: criar um arquivo XML e salvá-lo como “.rou.xml”. Neste

arquivo primeiramente são adicionados os tipos de veículos, aqui é feita a separação entre carros de passeio, motos, caminhões e ônibus, por exemplo, também podem ser adicionadas cores aos veículos, para melhor identificação na simulação e é possível mudar algumas características do veículo como velocidade máxima, aceleração, desaceleração, entre outras. Depois são colocadas as rotas, existem maneiras diferentes de se fazer esta parte, por fim adicionam-se os fluxos que passam pelas rotas criadas em veículos por hora, com tempo inicial e tempo final (SUMO-Wiki, c2008). Neste trabalho, utilizou-se o método em que todas as vias que a rota passa precisam ser colocadas em sequência, desta forma os veículos não procuram vias alternativas.

Como um complemento para a simulação, tem-se ainda um arquivo extra, também em formato de texto, salvo como “.add.txt” que permite a inserção de diversos *inputs*, entre eles os pontos de parada para transporte público urbano, utilizados neste trabalho, fazendo com que o cenário simulado fique mais próximo do real.

Para rodar a simulação é necessária a criação de um novo arquivo no formato “.sumocfg” que, dentre outras funções, pode receber a determinação do tempo de início e fim da simulação, combinar o arquivo de rotas com o arquivo da rede e receber os *outputs* (SUMO-Wiki, c2008).

2.3.4. Coleta dos Dados de Saída

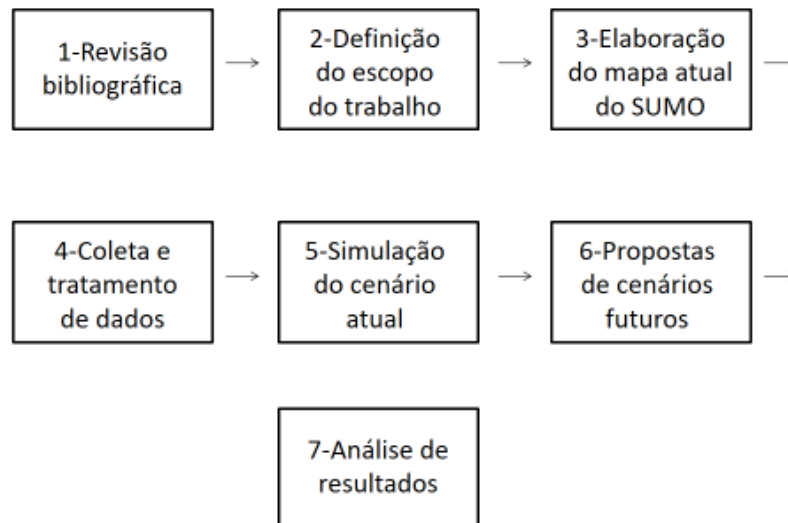
O SUMO fornece várias opções de dados de saída, para este trabalho foi utilizado o *TripInfo Output*. Os dados são direcionados para um arquivo que pode ser aberto diretamente no *Microsoft Excel*, são eles: tempo de duração das viagens, tempo perdido pelas viagens, comprimento das rotas, instante de entrada do veículo, instante de saída do veículo, entre outros. Tendo um relatório de uma linha para cada veículo que entrou no sistema no período da simulação.

Para gerar este *output* é necessário a inserção de algumas linhas de texto a mais no arquivo “.sumocfg” que gera a simulação, separadas em duas partes. Na primeira parte o *output* será executado e nomeado. A segunda parte traz o tempo de início e fim de coleta dos dados, que para todos os cenários deste trabalho foi de 0 a 3600 segundos, pois após este tempo as rotas que não estavam congestionadas já não geravam mais nenhum fluxo.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foram adotadas as etapas descritas na Figura 4.

Figura 4 - Etapas para o desenvolvimento do estudo.



Fonte: Autor (2019).

Na primeira etapa é feita a revisão bibliográfica sobre planejamento de transportes; engenharia de tráfego, abordando também semáforos e simulação de tráfego, com ênfase no software de simulação SUMO. A segunda parte do trabalho é definir o escopo do trabalho, que é a determinação da região de estudo, os horários estudados e os pontos de contagem dos veículos. A terceira etapa é a elaboração do mapa atual no SUMO, que foi feita em três partes, através de um recorte do mapa no site do *OpenStreetMaps*, conversão dos dados do mapa para o formato adaptado para o SUMO através do *NETCONVERT* e a terceira parte é a edição das características da via com o *NETEDIT*. A etapa número 4 (coleta e o tratamento dos dados) foi feita em três passos:

- Passo 1: contagem dos veículos nos pontos de coleta definidos no período entre 17:30 e 18:30, que está detalhada na próxima seção;
- Passo 2: transformação das quantidades de veículos nos movimentos contados em quantidades de veículos que utilizam as rotas com origem e destino;
- Passo 3: cronometragem do tempo de ciclo dos semáforos no horário do estudo.

Na quinta etapa foram criadas as rotas de acordo com os nomes das vias e adicionados os dados de fluxo da etapa 4, isso foi feito em um arquivo de rotas (no formato “.rou.txt”) de acordo com as configurações do software. Posteriormente foi criado um arquivo no formato “.sumocfg” que une as informações do mapa com as rotas e seus fluxos. Por fim, ainda nesta etapa foram realizadas alterações nas vias, necessárias para que o cenário atual pudesse refletir a realidade, tendo-se que tornar alguns pontos da infraestrutura viária diferente da realidade.

Na etapa número 6 foram criadas quatro novas propostas de cenário. Para isso é necessário adaptar o mapa no *NetEdit* conforme as mudanças de cada um dos cenários e posteriormente corrigir algumas rotas, já que algumas vias tiveram seu sentido alterado. Novamente, foram gerados novos arquivos “.sumocfg” contemplando agora estas mudanças para que as novas simulações pudessem rodar.

E para a última etapa, a análise dos resultados, foram inseridas três linhas a mais em cada um dos cinco arquivos de simulação dos cenários, contendo o comando para a geração dos dados do *TripInfo Output*, que traz parâmetros como: duração das viagens, tempo perdido nas viagens e comprimento das rotas. Com a duração e o comprimento, foi gerado também o parâmetro de velocidade médias nas vias, estes quatro parâmetros foram os critérios utilizados para avaliar os desempenhos. Estes dados foram compilados em uma planilha do *Microsoft Excel*, depois foram gerados gráficos e tabelas para que os resultados pudessem ser comparados. Através destas comparações foram feitas as conclusões sobre as propostas de novos cenários.

3.1. COLETA DOS DADOS

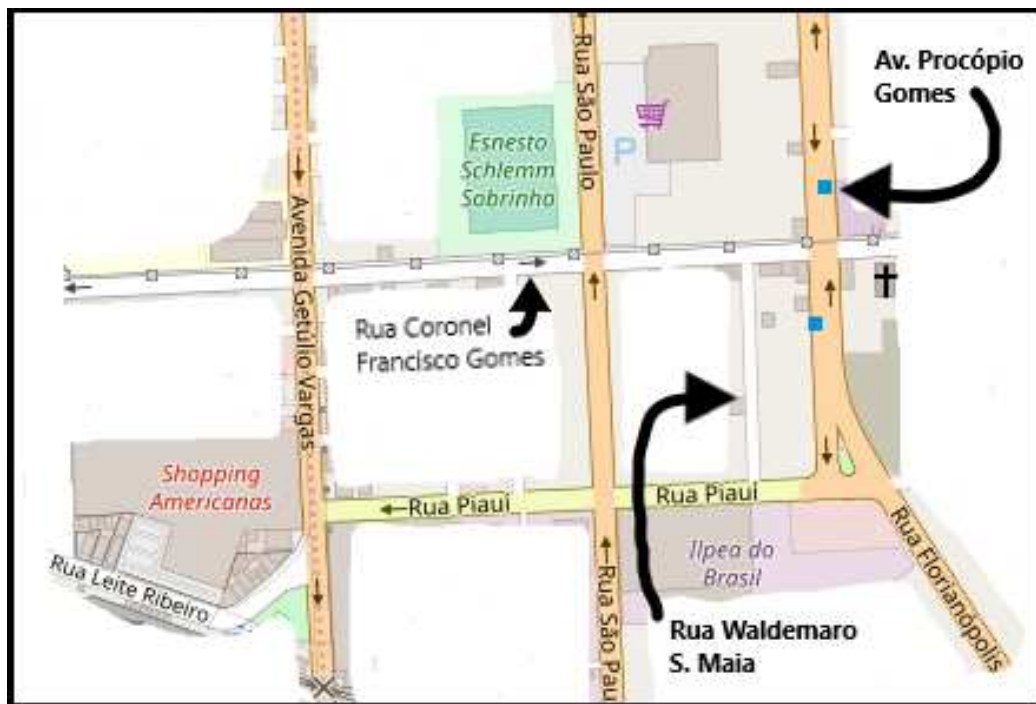
As contagens foram realizadas na região em estudo entre os dias 26/02/2019 e 14/03/2019, separadas em sete dias diferentes, todos eles entre terça-feira e quinta-feira, de acordo com a literatura (O’FLAHERTY, 1997). O período do dia foi entre 17:30 e 18:30, horário que engloba boa parte do pico da tarde. Estas contagens foram realizadas em dias de condição favorável, sem anormalidades de tráfego ou clima que possivelmente fizessem com que os usuários da via mudassem o seu modal para o deslocamento do dia. Os veículos foram classificados em automóveis, motocicletas, ônibus e caminhões, conforme metodologia (DNIT, 2006). Não foram contabilizados número de pedestres e nem de ciclistas.

Devido à ausência de tecnologia, as anotações das contagens foram feitas com papel e caneta, sendo necessária a presença de um ajudante em quatro dos sete dias de contagem, por conta da quantidade de movimentos em alguns cruzamentos, impossibilitando que a contagem fosse realizada por apenas uma pessoa.

4. ESTUDO DE CASO

Este trabalho analisa o cenário atual de uma região da cidade de Joinville e possíveis cenários futuros com alterações que tragam melhoria para o trânsito da região de estudo. O escopo do projeto contempla as seguintes ruas: uma parte da Av. Getúlio Vargas, um trecho da Rua Santa Catarina, o início da Rua Leite Ribeiro, a Rua Piauí quase em sua totalidade, o início da Rua Florianópolis no sentido centro-bairro, a Rua Waldemaro S. Maia inteira, um trecho da Rua São Paulo e uma parte da Av. Procópio Gomes no sentido centro-bairro. A análise feita é válida somente para o período de fim de tarde, entre 17:30 e 18:30. Com um total de 6 cruzamentos mais importantes, sendo 5 deles semaforizados. A Figura 5 mostra o mapa real da região.

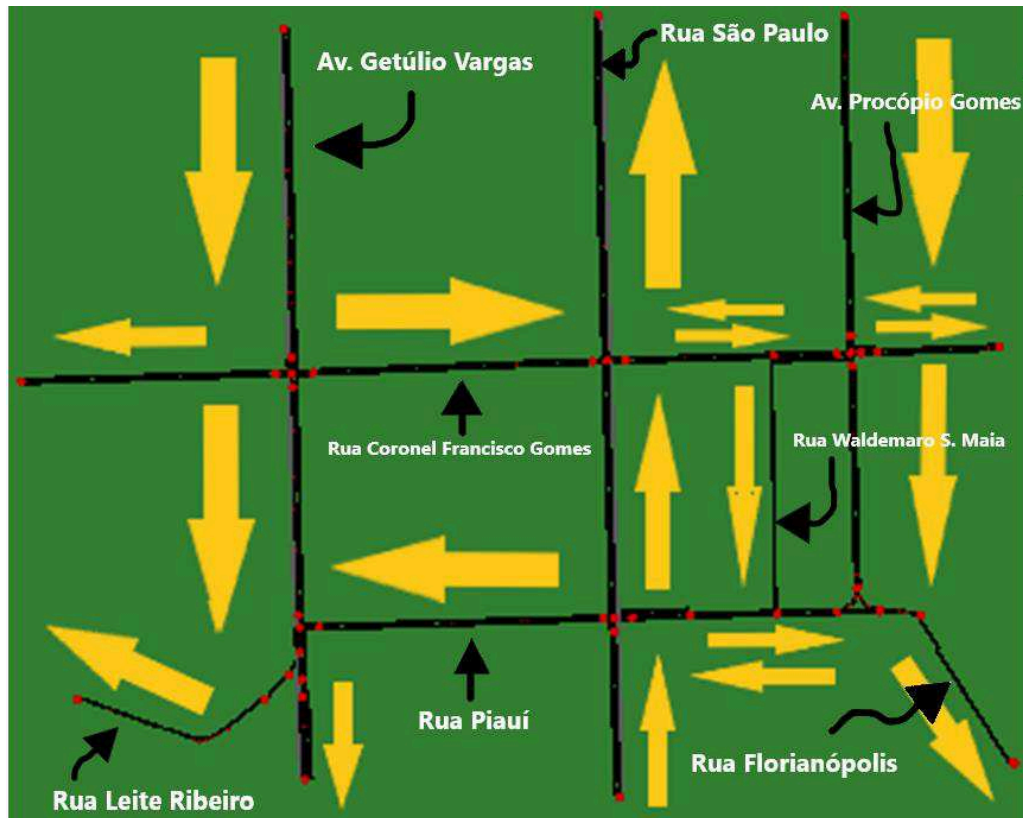
Figura 5 - Mapa do escopo do trabalho.



Fonte: Adaptado de OpenStreetMap (2019).

Os sentidos das vias para o cenário atual estão descritos na Figura 6, que tem como plano de fundo o mapa do próprio SUMO, utilizado na simulação.

Figura 6 - Sentidos das vias no cenário atual.



Fonte: Adaptado do SUMO (2019).

Não foram realizadas contagens no período da manhã porque, na região estudada, em especial nas ruas Piauí, Florianópolis e Av. Procópio Gomes no sentido centro-bairro, o fluxo de veículos é baixo e não há formação de filas longas, sem impedimentos para a fluidez do tráfego, ao contrário do final de tarde, onde estas três vias estão saturadas, acumulando longas filas de veículos e uma velocidade média baixa nas viagens, gerando atrasos de viagem e diminuindo a qualidade de vida da população.

O projeto inicialmente partiu de uma demanda da própria Prefeitura de Joinville, porém ainda não haviam sido feitos estudos técnicos para análise de quais mudanças trariam maior redução dos transtornos gerados pelos congestionamentos de veículos. Para os usuários das vias apresentadas que as utilizam no horário de final de tarde, é nítido o incômodo gerado pelo trânsito no local, de maneira visual, em especial nos dias úteis (de segunda-feira a sexta-feira), pode-se observar as longas filas e a baixa velocidade, em especial no final da Av. Procópio Gomes e início da Rua Florianópolis.

Trecho que há anos já sofre com a baixa fluidez, mas sofreu um agravante após a instalação do Hipermercado Condor no local, com entrada e saída de estacionamento

justamente nesta parte citada. Para a entrada dos veículos no estacionamento foi criada uma pista adicional que ajuda na fluidez do tráfego, mas na saída os veículos desembocam diretamente na Rua Florianópolis sem faixa de aceleração e neste trecho existe apenas uma pista no sentido centro-bairro. Fator este que quando o congestionamento está formado e a velocidade da tráfego é baixa, faz com que os veículos que saem do estacionamento consigam, com facilidade, acessar a rua, fazendo com que os carros que ainda não passaram por este ponto atrasem ainda mais as suas viagens, todos estes fatos foram observados *in loco*.

4.1. ELABORAÇÃO DO MAPA ATUAL DO SUMO

A elaboração do mapa atual do sumo seguiu os passos propostos na seção 2.3.2, importou-se o mapa do site *OpenStreetMaps*, este mapa foi convertido para o formato “.net.xml” através do *NETCONVERT* e todas as alterações foram feitas no *NETEDIT*, tanto alterações de configuração para igualar a realidade das vias, quanto alterações que diferem da realidade, porém são fundamentais para representar de maneira idêntica a comportamentos observados *in loco*. As alterações que são conforme este segundo tipo estão descritas nesta seção.

Alguns fatores importantes diferenciam a simulação, da realidade. Fatores como o comportamento do motorista e as infrações de trânsito (que só ocorrem na realidade e não ocorrem na simulação), por exemplo. Por este motivo, foi necessário fazer algumas alterações no mapa do cenário atual antes de rodar a simulação.

A primeira alteração feita no mapa foi a inserção de uma pista adicional em um trecho da Rua Piauí, entre as ruas Waldemaro S. Maia e São Paulo, conforme as Figuras 7 (foto real) e 8 (imagem do SUMO). Na realidade esta pista não existe, porém *in loco* foi observado que os motoristas utilizam a pista na contramão quando o semáforo inicia seu tempo de verde. Isto aconteceu frequentemente na maioria dos ciclos semaforicos durante os 60 minutos de contagem no local. O movimento descrito é considerado uma infração de trânsito e traz riscos de colisão frontal, especialmente nos segundos de tempo de amarelo, quando os veículos que estão na Rua São Paulo e querem convergir à direita para acessar a Rua Piauí estão começando a acelerar, pois o semáforo neste sentido está iniciando seu tempo de verde. Esta movimento observado por parte dos motoristas ajuda na fluidez do tráfego, porém diminui a segurança viária.

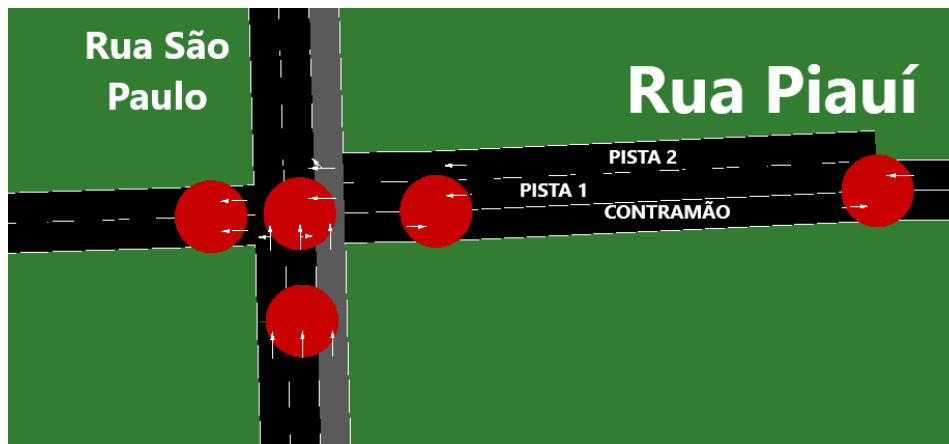
Diante deste fato, a melhor maneira encontrada para representação da realidade foi a inserção de uma pista adicional (PISTA 2 das Figuras 7 e 8), sem esta alteração o tamanho das filas e os tempos de viagem na simulação são bem maiores do que a realidade.

Figura 7 - Trecho da Rua Piauí.



Fonte: Adaptado do Street View do Google Maps (2019).

Figura 8 - Cruzamento Rua Piauí com a Rua São Paulo no mapa do SUMO.



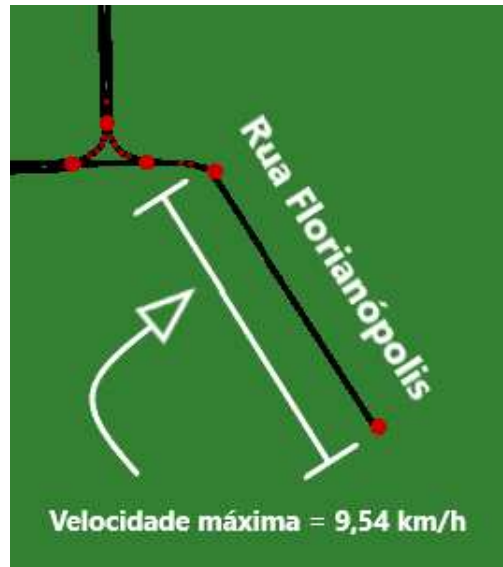
Fonte: Adaptado do SUMO (2019).

No cenário real só existem a pista 1 e a contramão (Figuras 7 e 8), mas em ambas as figuras a pista 2 já está adicionada e representa esta mudança.

O escopo do projeto é o mapa da região representado de maneira reduzida, para que se pudesse manter o foco nas vias principais do estudo (vias que sofreram alterações nos cenários modificados). Isso implica, por exemplo, no “encurtamento” da Rua Florianópolis. Esta via possui, em sequência, quatro semáforos próximos e recebe o fluxo de veículos de uma das saídas do estacionamento do Hipermercado Condor. A soma destes fatores gera lentidão nesta rua e na Av. Procópio Gomes.

Porém o mapa do cenário atual não engloba todos estes impactos no fluxo, a alternativa encontrada e utilizada foi então a redução da velocidade máxima permitida para 9,54 km/h, chegou-se nesta velocidade de maneira experimental, gerando a lentidão necessária para representar a realidade no trecho, como mostra a Figura 9. Esta foi a segunda alteração.

Figura 9 - Representação da redução de velocidade máxima na Rua Florianópolis.



Fonte: Adaptado do SUMO (2019).

A terceira e última alteração foi a criação de faixas adicionais em dois pontos da Rua Coronel Francisco Gomes, como mostra a Figura 10. O primeiro ponto é no sentido da Rua São Paulo indo em direção a Av. Procópio Gomes, no trecho entre esta avenida e a Rua Waldemaro S. Maia. O segundo ponto é no sentido da Rua Urussanga indo em direção a Av. Procópio Gomes, com alguns metros criados de faixa adicional próximo à esquina.

Figura 10 - Faixas adicionais na Rua Coronel Francisco Gomes no cruzamento com a Av. Procópio Gomes.



Fonte: Adaptado do SUMO (2019).

Em ambos os casos, não existe sinalização alguma da existência destas faixas adicionais, mas devido a largura das vias, na prática, novamente observado *in loco*, os motoristas já se acomodam como se estas faixas existissem, cada um de acordo com a conversão que irá realizar no cruzamento, saindo mais rápido da fila.

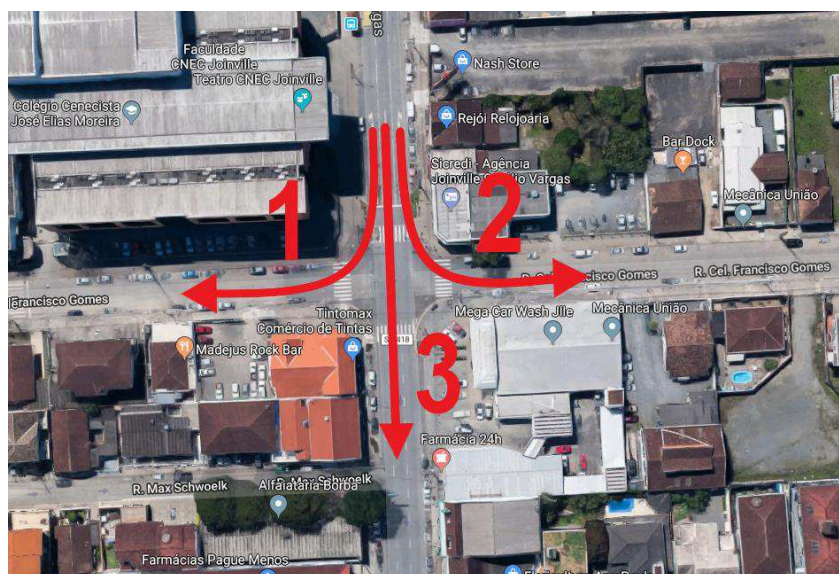
4.2. COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

A coleta dos dados foi realizada de acordo com a seção 2.2, nesta seção está descrito um exemplo de cruzamento com seus movimentos, por texto e por figuras, seguido de uma tabela que traz os resultados das contagens dos veículos nos movimentos.

Como base de dados para o estudo do tráfego na região, foram contados ao todo trinta e três movimentos, a Figura 11 mostra detalhadamente três deles no cruzamento entre a Av. Getúlio Vargas e a Rua Coronel Francisco Gomes:

- Movimento 1: Av. Getúlio Vargas convergindo à direita na Rua Coronel Francisco Gomes.
- Movimento 2: Av. Getúlio Vargas convergindo à esquerda na Rua Coronel Francisco Gomes.
- Movimento 3: Av. Getúlio Vargas seguindo em frente no cruzamento com a Rua Coronel Francisco Gomes.

Figura 11 - Indicação dos movimentos 1, 2 e 3 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Todos os demais movimentos estão detalhados no Apêndice C. A Tabela 1 mostra os resultados das contagens dos movimentos descritos. No caso dos ônibus, as informações foram retiradas do site onibus.info de acordo com os horários das linhas que passavam pelos movimentos, somando-se os ônibus de fretamento que foram contados no local. A coluna “TOTAL” está na unidade ucp.

Tabela 1 - Resultado das contagens dos movimentos.

	Automóveis	Motos	Ônibus	Caminhões	TOTAL
Movimento 1	149	9	0	0	152,00
Movimento 2	194	31	0	0	204,33
Movimento 3	1354	370	49	13	1.607,83
Movimento 4	357	19	0	7	380,83
Movimento 5	595	48	0	7	628,50
Movimento 6	199	14	0	0	203,67
Movimento 7	578	43	0	8	612,33
Movimento 8	1017	162	48	8	1.187,00
Movimento 9	121	3	0	0	122,00
Movimento 10	80	12	0	0	84,00
Movimento 11	89	7	0	0	91,33
Movimento 12	202	9	0	0	205,00
Movimento 13	144	3	0	0	145,00
Movimento 14	63	15	0	0	68,00
Movimento 15	56	3	0	0	57,00
Movimento 16	0	0	0	0	0,00
Movimento 17	457	40	0	8	490,33
Movimento 18	518	182	18	3	622,17
Movimento 19	93	5	0	2	99,67
Movimento 20	119	9	0	0	122,00

Movimento 21	83	9	0	0	86,00
Movimento 22	110	12	0	0	114,00
Movimento 23	0	0	0	0	0,00
Movimento 24	105	9	0	0	108,00
Movimento 25	1261	365	49	11	1.508,17
Movimento 26	374	24	0	6	397,00
Movimento 27	938	150	48	8	1.104,00
Movimento 28	105	24	0	0	113,00
Movimento 29	178	15	0	0	183,00
Movimento 30	612	190	18	11	738,83
Movimento 31	1	0	0	0	1,00
Movimento 32	0	0	0	0	0,00
Movimento 33	72	0	0	0	72,00

Fonte: Autor (2019).

Observa-se os movimentos 16, 23 e 32 com as contagens zeradas e o movimento 31 com apenas 1 veículo. Para os movimentos 16 e 32, isto ocorreu através de observação no local, o fluxo para ambos era praticamente nulo após alguns minutos de contagem, por isso foram considerados nulos e nos minutos seguintes da contagem não foram mais observados. Já para o movimento 23, a justificativa para ser nulo é que este fluxo sai do sistema sem exercer influência nas principais vias de estudo com a adaptação mostrada na Figura 10, portanto, foi desconsiderado na contagem. Por fim, o fato de o movimento 31 ter apenas 1 veículo é que observou-se durante a calibração que havia uma quantidade de veículos sobrando que não haviam sido contados em nenhum outro local, na verdade estes veículos são do contrafluxo e passam por dentro de um posto de gasolina para cortar caminho, portanto não entraram na contagem.

É válido também destacar os movimentos 3, 8, 25 e 27, todos eles com mais de 1000 (mil) ucp, representando os maiores fluxos do sistema. Na seção seguinte está explicado a transformação dos movimentos em rotas para o SUMO.

4.2.1. Transformação dos movimentos em rotas

Esta seção explica como foram feitas as transformações de movimentos para rotas, traz os resultados destas transformações e descreve cada uma das rotas através de figuras.

Após as contagens dos movimentos dos veículos, para realizar a simulação no SUMO é necessário definir as rotas e a quantidade de veículos (fluxo) que passa por cada uma das rotas. Os fluxos no SUMO não funcionam a partir de movimentos realizados pelos veículos, mas sim a partir de rotas, com origem e destino, dentro do escopo do projeto. Sendo assim, para inserção dos dados da contagem no software, os movimentos contados foram distribuídos através destas rotas.

É necessário estabelecer uma quantidade de veículos que entra pelos *edges* (para o SUMO, *edges* são as vias utilizadas para as rotas) e que esta quantidade seja igual à quantidade que deixa o sistema pelos *edges* de saída. E a associação de entrada e saída do sistema para este software não se dá pelos nós (*nodes*), mas sim pelas próprias vias (*edges*).

Portanto, foi necessário realizar a calibração dos dados obtidos pela contagem, já que houveram dias diferentes de contagem para movimentos que fazem parte de rotas iguais, cada dia, ainda que sendo um dia típico de contagem, possui pequenas variações em relação ao tráfego, originando uma diferença do número de veículos que traz imprecisão para os dados. Esta calibração foi feita de maneira experimental.

O objetivo é que ao final da calibração, os números de movimentos contabilizados pela contagem sejam iguais às somas de todas as rotas que realizam os movimentos, para cada um dos movimentos e cada uma das rotas.

A redistribuição das quantidades de movimentos de acordo com as rotas criadas está descrita na Tabela 2:

Tabela 2 - Movimentos x Rotas.

		MOVIMENTOS																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
ROTAS	1	152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	-	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	-	91	-	-	-	-	-	-	-	-	91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	1502	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1502	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	80	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	-	-	
	6	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	
	7	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	
	8	-	-	-	-	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	-	-	-	-	-	-	-	
	9	-	-	-	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280	-	-	-	-	-	-	-	
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1087	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1087	-	-	-	-	-	-	
	11	-	-	-	-	-	203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12	-	-	-	-	-	-	-	84	-	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	249	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	249	-	-	-
	14	-	-	-	-	410	-	410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	410	-	-	-
	15	-	-	-	70	-	-	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	-	-
	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	-	-	-	-
	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18	-	-	-	-	65	-	65	-	65	-	65	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	-	-	-	20	-	-	20	-	20	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28
	23	-	-	-	-	12	-	12	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
	24	-	-	-	10	-	-	10	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	-	-	-	-	-	-	-	-	87	-	-	-
	29	-	-	-	-	15	-	15	-	15	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 2 mostra que cada uma das rotas pode realizar um ou mais movimentos e um mesmo movimento pode ser realizado por diferentes rotas.

As rotas nas imagens foram subdivididas pelas origens, representadas pelos losangos vermelhos, para cada imagem uma origem diferente com todos os seus possíveis destinos, representados pelos triângulos azuis. As linhas amarelas representam os caminhos percorridos pelas rotas. Legenda válida para as figuras 12, 13, 14, 15 e 16.

As origens são: Av. Getúlio Vargas (ver Início das Rotas na Figura 12), com sete destinos; Rua São Paulo (ver Início das Rotas na Figura 13), com cinco destinos; Av. Procópio Gomes (ver Início das Rotas na Figura 14), com sete destinos; a saída do estacionamento do

Hipermercado Fort Atacadista pela Rua Coronel Francisco Gomes (ver Início das Rotas na Figura 15), com seis destinos; Rua Coronel Francisco Gomes (ver Início das Rotas na Figura 16), com sete destinos.

Cada uma destas figuras apresenta todas as rotas criadas para uma das origens. Todas elas estão descritas nas figuras 12, 13, 14, 15 e 16.

Figura 12 - Indicação das Rotas 1 a 7.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 13 - Indicação das rotas 8 a 12.



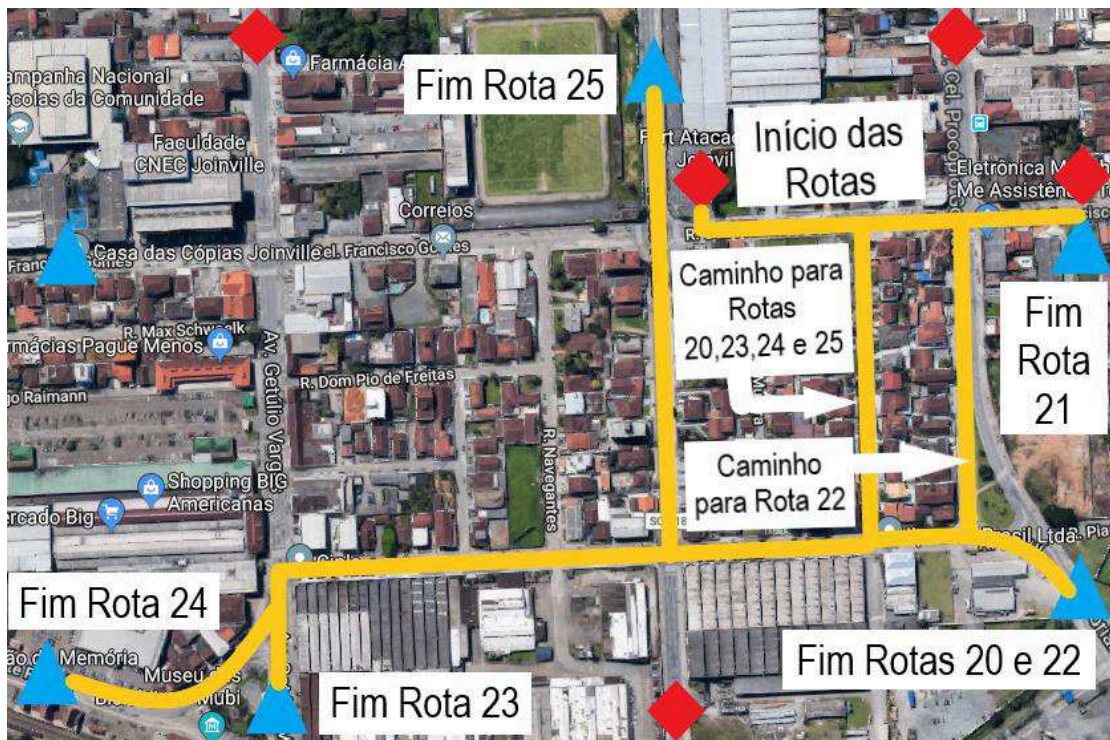
Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 14 - Indicação das rotas 13 a 19.



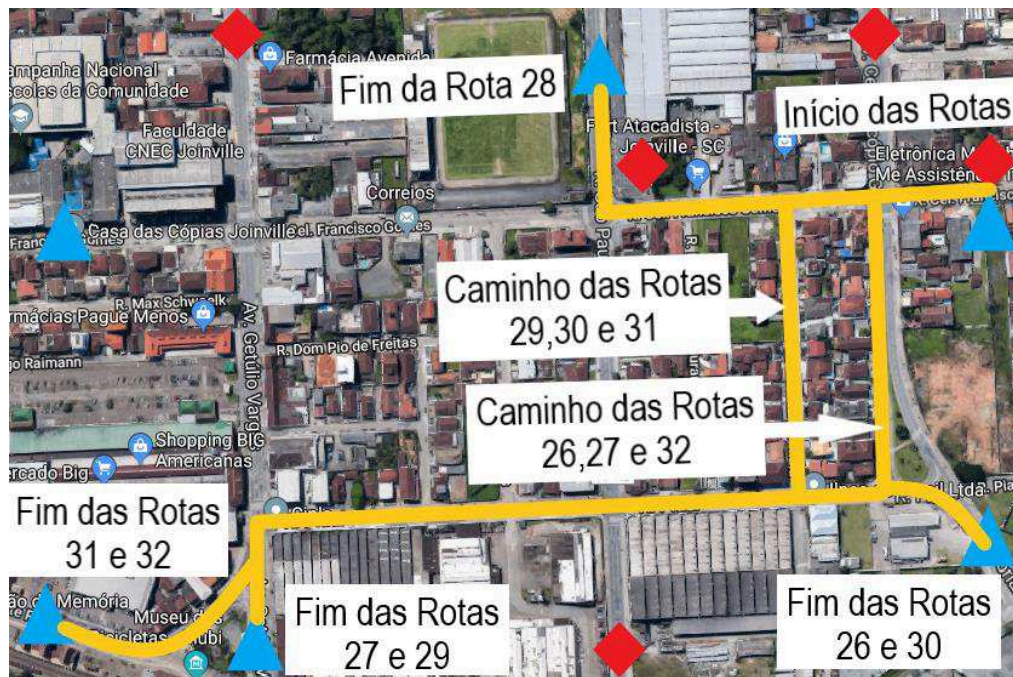
Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 15 - Indicação das rotas 20 a 25.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 16 - Indicação das rotas 26 a 32.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Algumas observações são importantes para o entendimento destas figuras, sendo que algumas rotas possuem mesma origem e destino, porém caminhos diferentes. As diferenciações dos caminhos foram sinalizadas nas figuras:

- As rotas 5 e 7 na Figura 12;
- Os pares de rotas (15, 19); (14, 18) e (13, 17) na Figura 14;
- As rotas 20 e 22 na Figura 15. Além disso, também está indicado que as rotas 23, 24 e 25 optam pelo caminho mais curto;
- Os pares de rotas (26, 30); (27, 29) e (31, 32) na Figura 16.

De modo geral isso ocorre porque os motoristas, diante de um trânsito lento, procuram uma via alternativa para diminuir o tempo de duração da viagem. Na seção a seguir serão definidos os tempos semafóricos do cenário atual.

4.2.2. Tempos semafóricos do cenário atual

Os tempos semafóricos do cenário atual foram contabilizados no local, através de cronometragem, de acordo com a seção 2.2.3. Estas contagens de tempo são inseridas

diretamente nos semáforos na rede através do *NETEDIT*. Nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 são apresentados todos os tempos semaforicos do Cenário Atual de maneira detalhada, ao todo são 7 cruzamentos semaforizados.

Tabela 3 - Semáforo 1 no Cenário Atual.

Semáforo 1	Getúlio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	110	5	0
	Pedestres	0	0	115
Fase 2	Veículos	0	0	15
	Pedestres	15	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 4 - Semáforo 2 no Cenário Atual.

Semáforo 2	Getúlio x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Piauí	25	3	0
	Avenida Getúlio Vargas	0	0	28
Fase 2	Rua Piauí	0	0	53
	Avenida Getúlio Vargas	50	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 5 - Semáforo 3 no Cenário Atual.

Semáforo 3	São Paulo x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes - Centro	20	3	0
	Rua São Paulo	0	0	23
	Rua Coronel Francisco Gomes - Bairro	20	3	0
	Pedestres	0	0	23
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes - Centro	0	0	63
	Rua São Paulo	60	3	0
	Rua Coronel Francisco Gomes - Bairro	0	0	63
	Pedestres	0	0	63
Fase 3	Rua Coronel Francisco Gomes - Centro	0	0	10
	Rua São Paulo	0	0	10
	Rua Coronel Francisco Gomes - Bairro	0	0	10
	Pedestres	10	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6 - Semáforo 4 no Cenário Atual.

Semáforo 4	São Paulo x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Piauí	18	3	0
	Rua São Paulo	0	0	21
	Pedestres	0	0	21
Fase 2	Rua Piauí	0	0	63
	Rua São Paulo	60	3	0
	Pedestres	0	0	63
Fase 3	Rua Piauí	0	0	7
	Rua São Paulo	0	0	7
	Pedestres	7	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 7 - Semáforo 5 no Cenário Atual.

Semáforo 5	Procópio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes - Centro	0	0	50
	Avenida Procópio Gomes	47	3	0
	Rua Coronel Francisco Gomes - Bairro	0	0	50
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes - Centro	0	0	18
	Avenida Procópio Gomes	0	0	18
	Rua Coronel Francisco Gomes - Bairro	15	3	0
Fase 3	Rua Coronel Francisco Gomes - Centro	12	3	0
	Avenida Procópio Gomes	0	0	15
	Rua Coronel Francisco Gomes - Bairro	0	0	15

Fonte: Autor (2019).

Este semáforo apresentado na Tabela 7 é o único analisado que possui três fases sem contar tempo de pedestres, que acaba tornando este cruzamento o pior de toda região de estudo. Com a implantação do binário entre as ruas Piauí e Coronel Francisco Gomes, todos os quatro novos cenários transformam este semáforo em apenas três fases, mudança que não está descrita nas seções seguintes por ser válida para todos os cenários futuros.

Tabela 8 - Semáforo 6 no Cenário Atual.

Semáforo 6	Leite Ribeiro Pedestres	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	71	3	0
	Pedestres	0	0	74
Fase 2	Veículos	0	0	7
	Pedestres	7	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 9 - Semáforo 7 no Cenário Atual.

Semáforo 7	Santa Catarina x Leite Ribeiro	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Santa Catarina	0	0	14
	Rua Leite Ribeiro	12	2	0
Fase 2	Rua Santa Catarina	65	2	0
	Rua Leite Ribeiro	0	0	67

Fonte: Autor (2019).

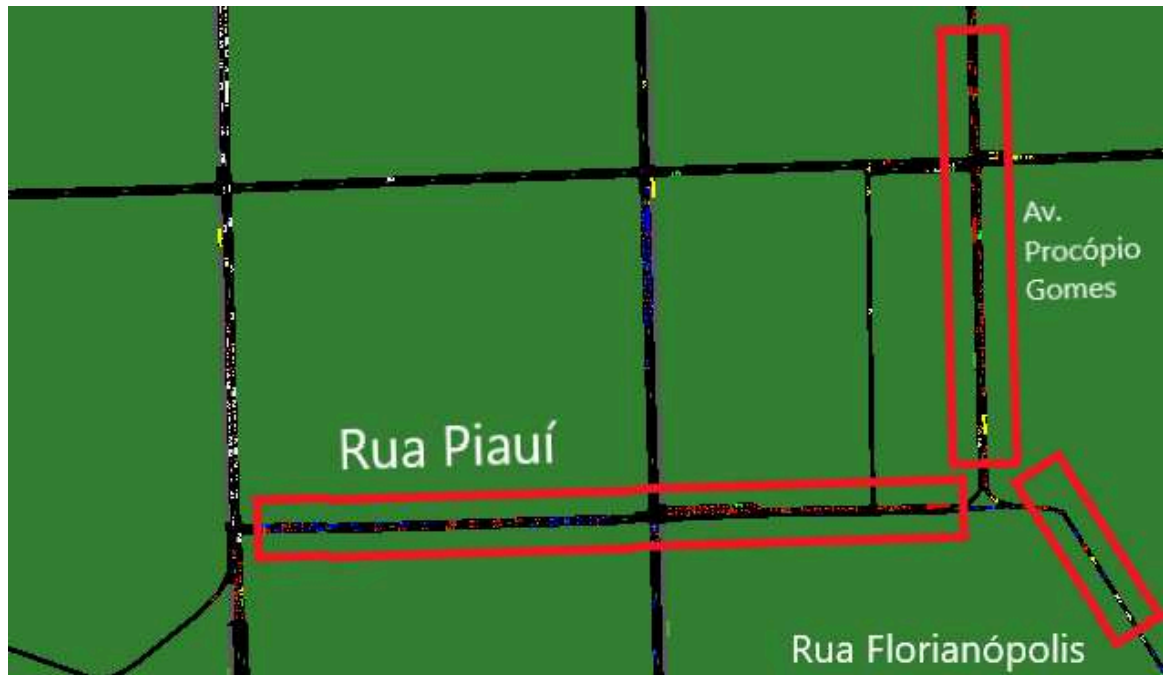
A partir das contagens dos movimentos da Tabela 1, da conversão para rotas na Tabela 2 e os tempos semaforicos da seção 4.1.2 a simulação do cenário atual foi realizada utilizando o SUMO. A seção seguinte mostra esta simulação.

4.3. SIMULAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL

Com a rede de tráfego pronta, como apresentado na seção 4.1, pode-se então introduzir os dados da seção 4.2 na rede para gerar a simulação. Esta etapa seguiu as seções 2.3.3 e 2.3.4, primeiro realizando a simulação e depois coletando os dados de saída do *TripInfo Output* entre para posterior comparação com os cenários futuros. Em todos os casos, os dados coletados representam a simulação entre 0 e 3600 segundos. Aqui serão apresentados alguns resultados iniciais gerados pela simulação do cenário atual, que utilizou o mapa representado pela Figura 5 e pela Figura 6.

Com a simulação realizada, observou-se que o cenário atual apresenta alguns pontos críticos de congestionamento, assim como acontece na realidade. De uma maneira geral, a Figura 17, gerada no segundo 3000 da simulação, nos mostra que as piores vias para se trafegar na região de estudo são: a Rua Piauí, a Rua Florianópolis e a Av. Procópio Gomes.

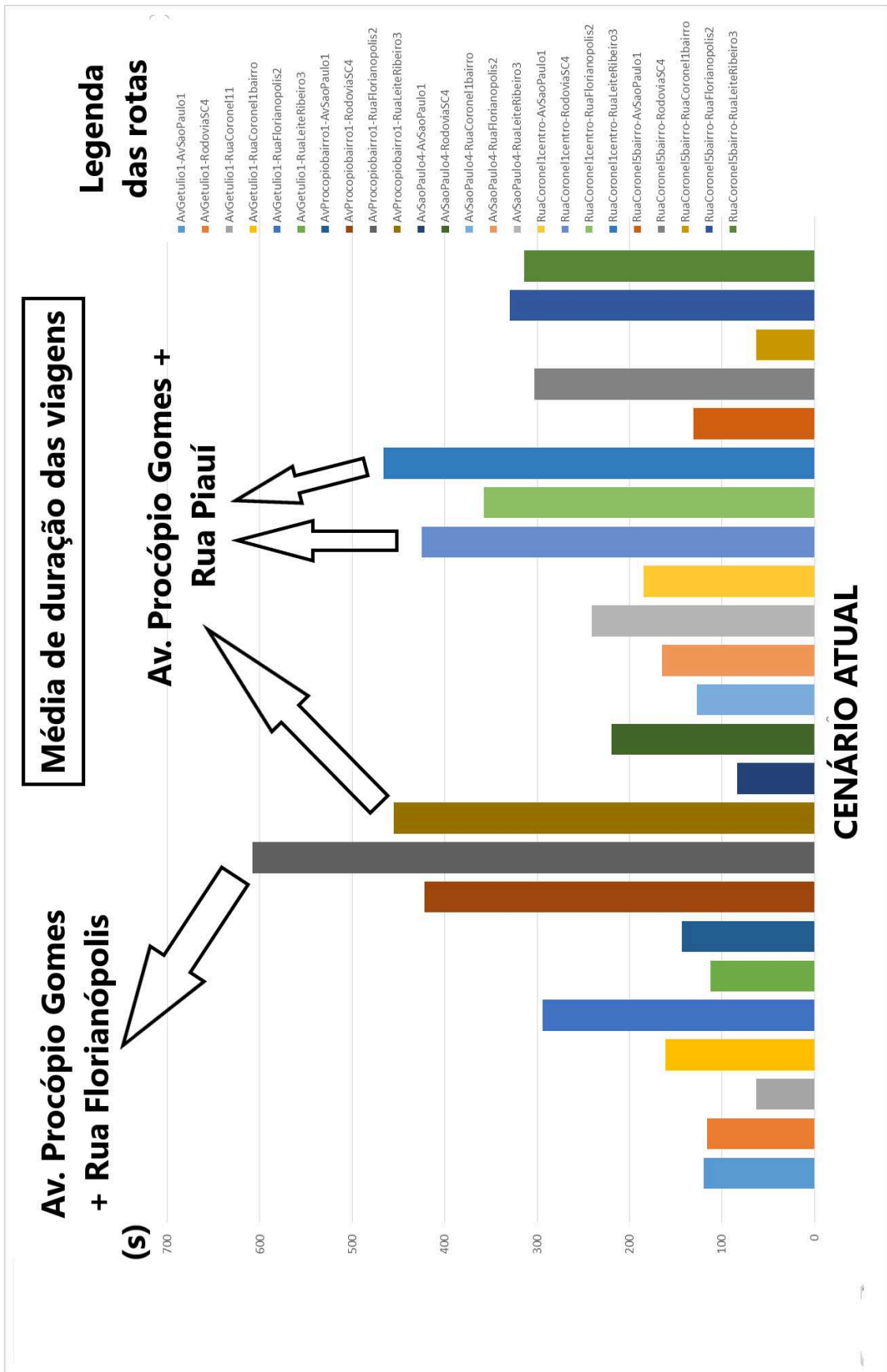
Figura 17 – Maiores congestionamentos na simulação do cenário atual.



Fonte: Adaptado do SUMO (2019).

Percepção esta que pode ser confirmada pelos dados apresentados na Figura 18. Que mostra o tempo médio de duração das viagens por rota no cenário atual. Na “Legenda das rotas” mostra o nome do *edge* de início e fim de cada uma das rotas, sem mostrar as vias intermediárias. Para isso, as flechas apontam para as principais vias das rotas mais duradouras do Cenário Atual.

Figura 18 - Maiores congestionamentos do cenário atual em gráfico.



Fonte: Autor (2019).

No caso indicado pela Figura 18, onde a flecha aponta para “Av. Procópio + Rua Florianópolis” com a barra na cor cinza escuro, em média leva-se pouco mais de 10 minutos para percorrer uma distância de pouco menos de 700 metros, ou seja, uma velocidade média aproximada de 4,2 km/h em uma via com velocidade máxima permitida de 60 km/h. Situação que é agravada quando se muda a abordagem de duração média, para duração máxima, ou seja, ao longo de toda simulação, o veículo que mais demorou para concluir essa rota, levou 1402 segundos (23 minutos e 22 segundos), que equivale a uma velocidade média de aproximadamente 1,8 km/h. Comprovando a lentidão da Rua Florianópolis e da Av. Procópio Gomes.

Outro exemplo, para se comprovar agora a lentidão na Rua Piauí, é a barra cor amarelo queimado que possui uma flecha apontando para “Av. Procópio + Rua Piauí”. Em média leva-se aproximadamente 7,5 minutos para se percorrer uma distância de quase 1200 metros, uma velocidade média aproximada de 9,6 km/h. Já o veículo que mais demorou para finalizar essa rota, levou 698 segundos (11 minutos e 38 segundos), com uma velocidade média de 6,19 km/h, aproximadamente.

4.4. PROPOSTAS DE CENÁRIOS FUTUROS

Após a calibração do cenário atual ter sido finalizada, foram criados quatro cenários modificados futuros, que serão chamados de Cenário 1, Cenário 2, Cenário 3 e Cenário 4. Para análise das melhorias geradas no tráfego em cada um dos cenários, utilizou-se o relatório de *output* do SUMO chamado *TripInfo Output*. Nas seções seguintes serão detalhadas as modificações feitas em cada cenário.

4.4.1. Proposta do Cenário 1

No Cenário 1, foram feitas mudanças nas vias estudadas no trabalho. Esta proposta prevê um binário entre as ruas Coronel Francisco Gomes e Piauí, os sentidos destas e das demais vias para este cenário estão descritos na Figura 19. Nas figuras 19, 20, 21, 22 e 23 as vias que sofreram alterações em cada cenário nos seus sentidos estão destacadas em azul.

Figura 19 - Sentidos das vias para o Cenário 1, com destaque para as vias alteradas.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Outra alteração sugerida foi na Rua Leite Ribeiro. No cenário atual ela possui uma pista para cada sentido, é uma via considerada mão dupla, já neste cenário ela se tornou mão única, sentido BR-101, isso possibilitou a retirada do Semáforo 7. Complementando esta alteração, adicionou-se um fluxo estimado a mais de veículos acessando o início da Rua Coronel Francisco Gomes, estes motoristas antes utilizavam Rua Leite Ribeiro, o que se tornou impossível com a mudança feita. Para dimensionamento do cenário atual estes veículos não foram contados pelo fato de não interferirem em nenhum cruzamento estudado, mas como agora estarão acessando a Av. Getúlio Vargas uma quadra antes, verificou-se a necessidade de observar a influência que estes veículos adicionais exercem no tráfego.

Houve também a adição de uma faixa na Rua Coronel Francisco Gomes, somente no trecho entre a Rua São Paulo e a Av. Procópio Gomes. Atualmente essa rua conta com duas pistas e possibilidade de estacionamento em ambos os lados. A proposta é retirar o estacionamento de um dos lados e transformar esta pista em pista de rolamento.

Outra modificação foi a adição de uma pista na saída da Av. Procópio Gomes para quem converge à direita e acessa a Rua Piauí, acompanhando o número de faixas da sequência

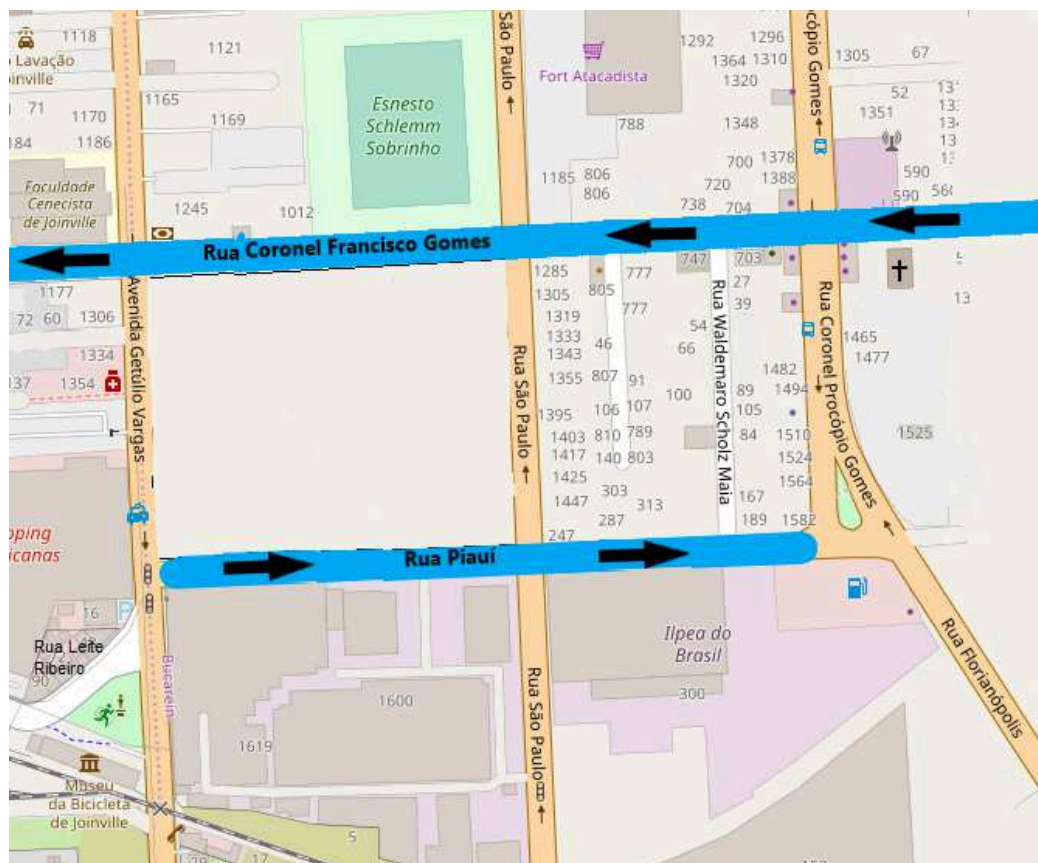
da rua, para isso é necessária a remoção de um canteiro existente no local que separa os fluxos de sentidos opostos, tendo em vista que essa via neste cenário se tornou sentido único, o canteiro não se faz mais necessário.

Por fim, falando dos semáforos, o Semáforo 7 foi removido, como já descrito e o Semáforo 1 que antes era somente para pedestres, agora é para veículos, por conta da alteração no sentido da Rua Coronel Francisco Gomes. Com exceção do Semáforo 6, todos os demais sofreram alterações nos seus tempos, que estão descritos no Apêndice A.

4.4.2. Proposta do Cenário 2

O Cenário 2 é semelhante ao Cenário 1. Estes dois cenários são os que possuem menos alterações e um custo menor para implantação das mesmas, sem maiores obras na infraestrutura das vias. No segundo cenário modificado também foi proposto um binário entre as ruas Coronel Francisco Gomes e Piauí, porém com os sentidos invertidos, os sentidos destas e das demais vias para este cenário estão descritos na Figura 20.

Figura 20 – Sentidos das vias para o Cenário 2.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

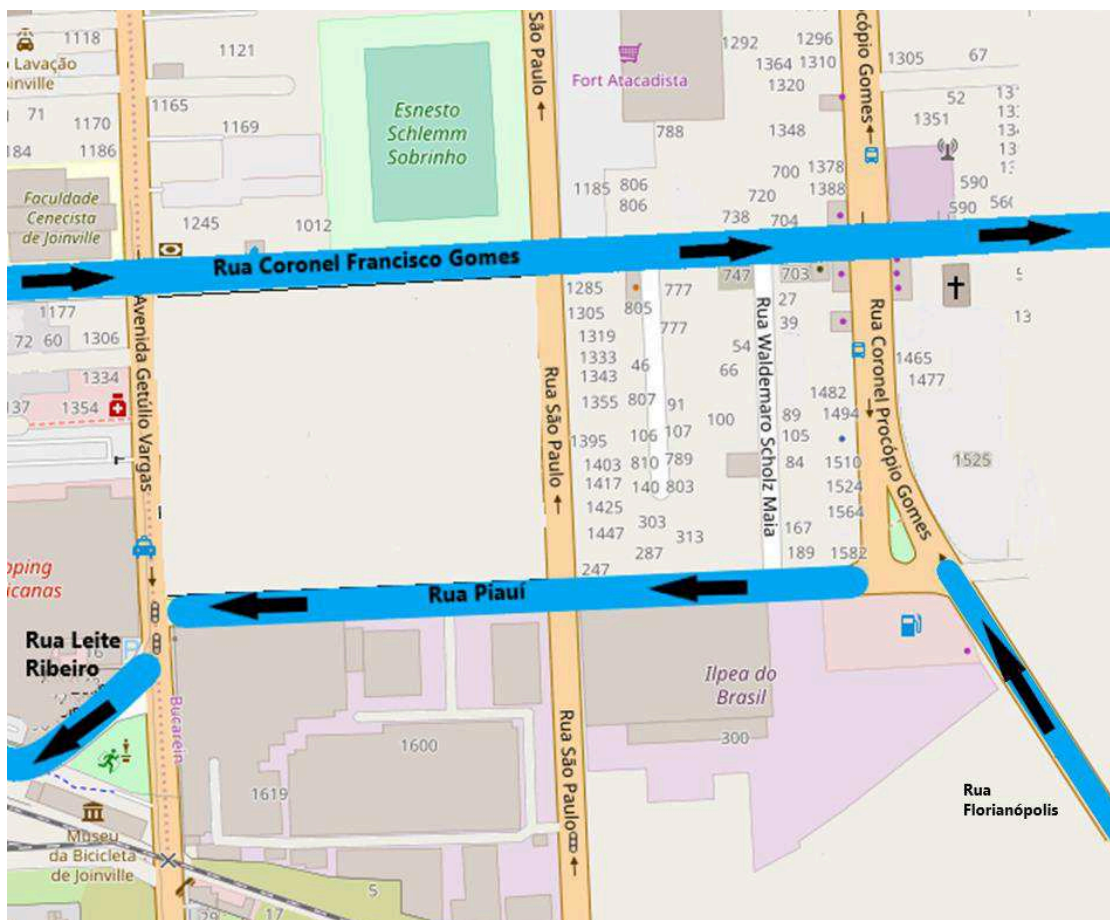
Em relação aos semáforos, o Semáforo 4 mudou de lado no cruzamento devido a mudança do sentido da rua. Neste cenário foi inserido o Semáforo 8, no cruzamento da Rua Piauí com a Av. Procópio Gomes/ Rua Florianópolis, já que um total de quatro pistas à partir deste cruzamento se tornam uma única pista. Foram testadas outras alternativas de alteração, como a mudança das prioridades das vias, em todos os casos testados houve congestionamento sem o semáforo, problema que foi solucionado com a instalação do mesmo.

Com exceção do Semáforo 6, todos os demais sofreram alterações nos seus tempos. O detalhamento de todos os tempos semafóricos para este cenário está no Apêndice A.

4.4.3. Proposta do Cenário 3

Este cenário possui mais mudanças, comparando-se com os dois primeiros. Novamente foi proposto um binário entre as ruas Coronel Francisco Gomes e Piauí, os sentidos destas e das demais vias para este cenário estão descritos na Figura 21.

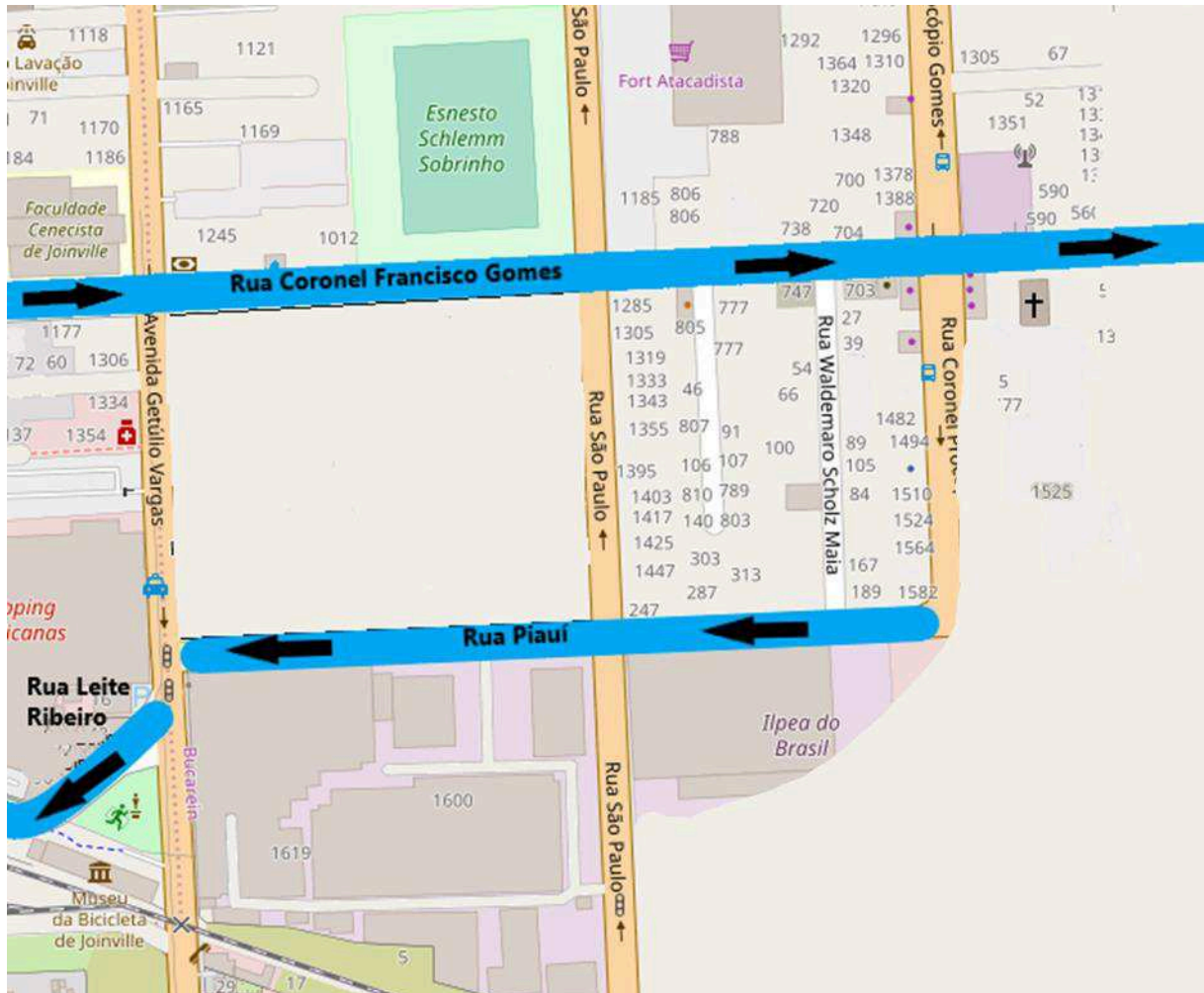
Figura 21 - Sentido das vias para o Cenário 3.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Na prática o que acontece na simulação com esta modificação é o que mostra a Figura 22, sendo que neste cenário com a inversão do sentido da Rua Florianópolis, ela deixa de receber qualquer fluxo deste estudo, por este motivo foi excluída do mapa.

Figura 22 – Visão das vias para o Cenário 3 com a exclusão da Rua Florianópolis do mapa.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Algo muito importante para esta proposta é a criação de um binário entre as ruas Monsenhor Gercino e Florianópolis, mesmo que, para este cenário, nenhuma das duas ruas apareça no mapa do SUMO, a mudança de sentido em cada uma delas afeta diretamente todo o restante da configuração das vias estudadas. Com estas mudanças, a rua Piauí passa a receber todo o fluxo que antes vinha da Av. Procópio Gomes e seguia na Rua Florianópolis. Para melhor fluidez do tráfego então, foi adicionada uma pista de rolamento na Rua Piauí, totalizando 3

pistas, para que isto possa ser implantado, será necessária a exclusão do estacionamento de um dos lados da via.

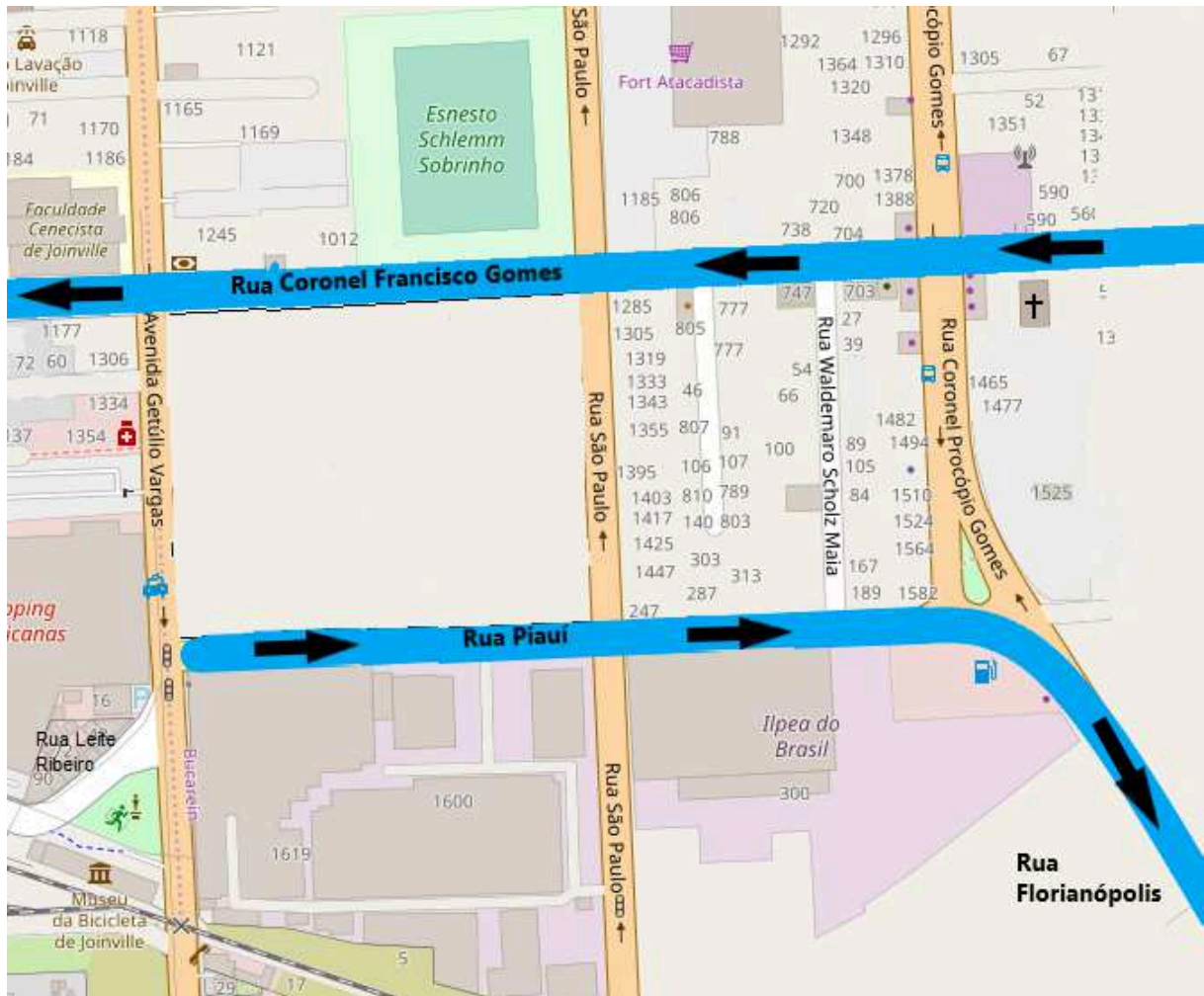
Outra alteração importante é na infraestrutura viária do cruzamento entre a Av. Getúlio Vargas com a própria Rua Piauí, com o recorte de uma parte da calçada no local. Com a colocação de tachões nos primeiros metros após o cruzamento para o motorista que estiver na pista da esquerda na Rua Piauí acessando a Rua Santa Catarina, é possível manter o semáforo sempre verde (somente para a pista da esquerda, as outras duas seguem os tempos semafóricos do Apêndice A), possibilitando uma boa melhora no escoamento do tráfego.

Assim como no Cenário 1, outra alteração foi na Rua Leite Ribeiro, que neste cenário também se tornou mão única, sentido BR-101, isso possibilitou a retirada do Semáforo 7. Complementando esta alteração, adicionou-se um fluxo estimado a mais de veículos acessando o início da Rua Coronel Francisco Gomes, estes motoristas antes utilizavam Rua Leite Ribeiro, o que se tornou impossível com a mudança feita. Para dimensionamento do cenário atual estes veículos não foram contados pelo fato de não interferirem em nenhum cruzamento estudado, mas como agora estarão acessando a Av. Getúlio Vargas uma quadra antes, verificou-se a necessidade de observar a influência que estes veículos adicionais exercem no tráfego, assim como no Cenário 1. Neste cenário o semáforo 8 não existe.

4.4.4. Proposta do Cenário 4

Neste cenário foi proposto um binário entre as ruas Coronel Francisco Gomes e Piauí, os sentidos destas e das demais vias para este cenário estão descritos na Figura 23.

Figura 23 - Sentido das vias para o Cenário 4.



Autor: Adaptado do Google Maps (2019).

Algo muito importante para esta proposta é a criação de um binário entre as ruas Monsenhor Gercino e Florianópolis, com os sentidos invertidos em relação ao Cenário 3. Com estas mudanças, a rua Florianópolis agora é mão única no sentido centro-bairro, com duas pistas. Alguns semáforos precisaram mudar de lado na via por conta das mudanças no sentido e os tempos semafóricos deste cenário estão descritos no Apêndice A. O semáforo 8 não existe neste caso.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

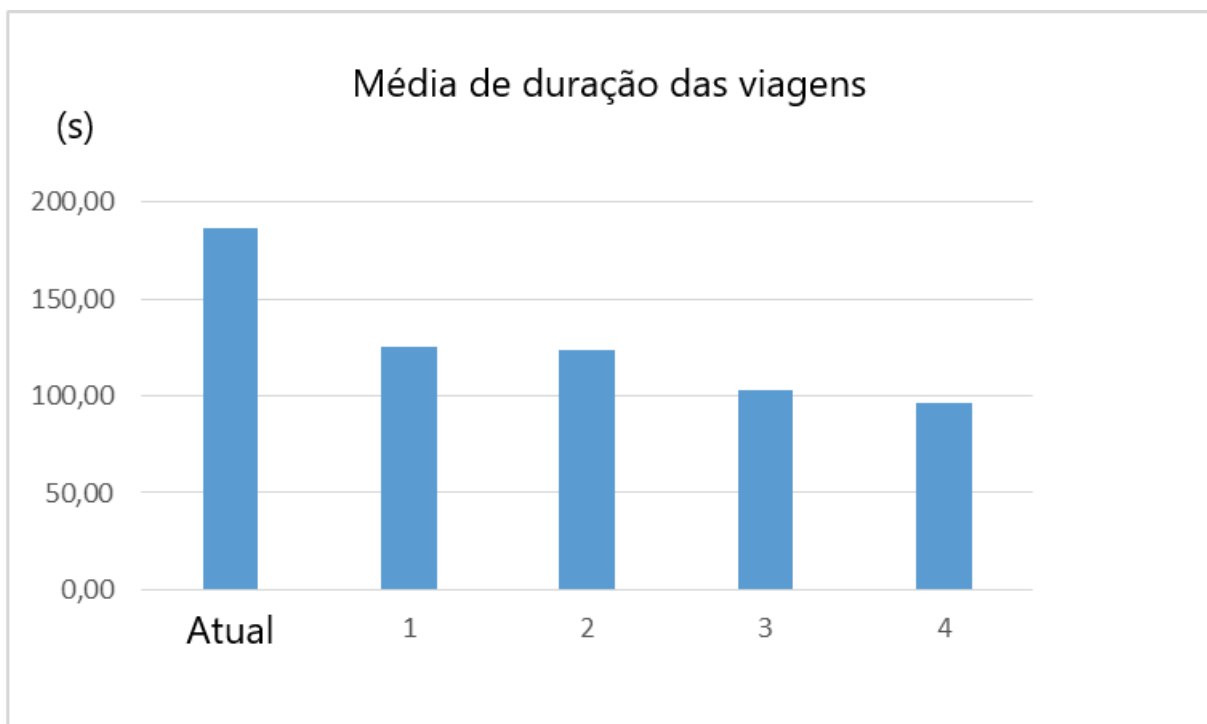
Para análise dos resultados dos cenários novos em comparação com o cenário atual, dividiu-se o estudo em duas partes, primeiro será mostrada uma análise geral por cenário e posteriormente uma análise mais detalhada para as rotas que tiveram o pior desempenho no quesito tempo de duração das viagens no cenário atual.

5.1. RESULTADOS GERAIS DOS CENÁRIOS

5.1.1. Duração das viagens

Na Figura 24, mostra-se a média de duração de todas as viagens de todas as rotas possíveis em cada cenário (a medição é dada em segundos). Para este critério quanto menor a duração, melhor o resultado.

Figura 24 - Média de duração das viagens por cenário.



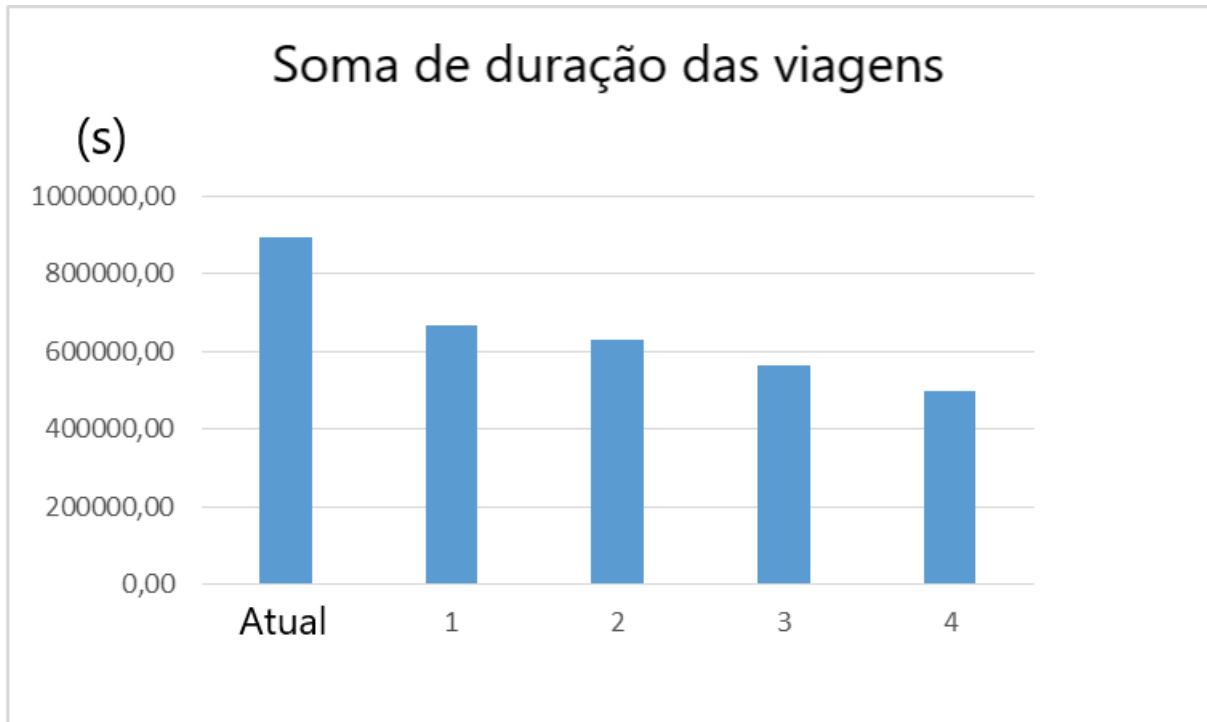
Fonte: Autor (2019).

Nota-se que no Cenário Atual, a média chega a 186,40 segundos. Para os cenários propostos, tem-se 125,31 segundos de média para o primeiro, 123,73 segundos para o segundo,

103,19 segundos para o terceiro e 96,28 segundos para o quarto. Logo, quando se trata da média de duração dos tempos das viagens, o melhor cenário é o Cenário 4.

Para melhor exibição dos resultados, foi criado um gráfico que mostra também a soma das durações por cenário, conforme a Figura 25, com os números em segundos.

Figura 25 - Soma da duração das viagens por cenário.



Fonte: Autor (2019).

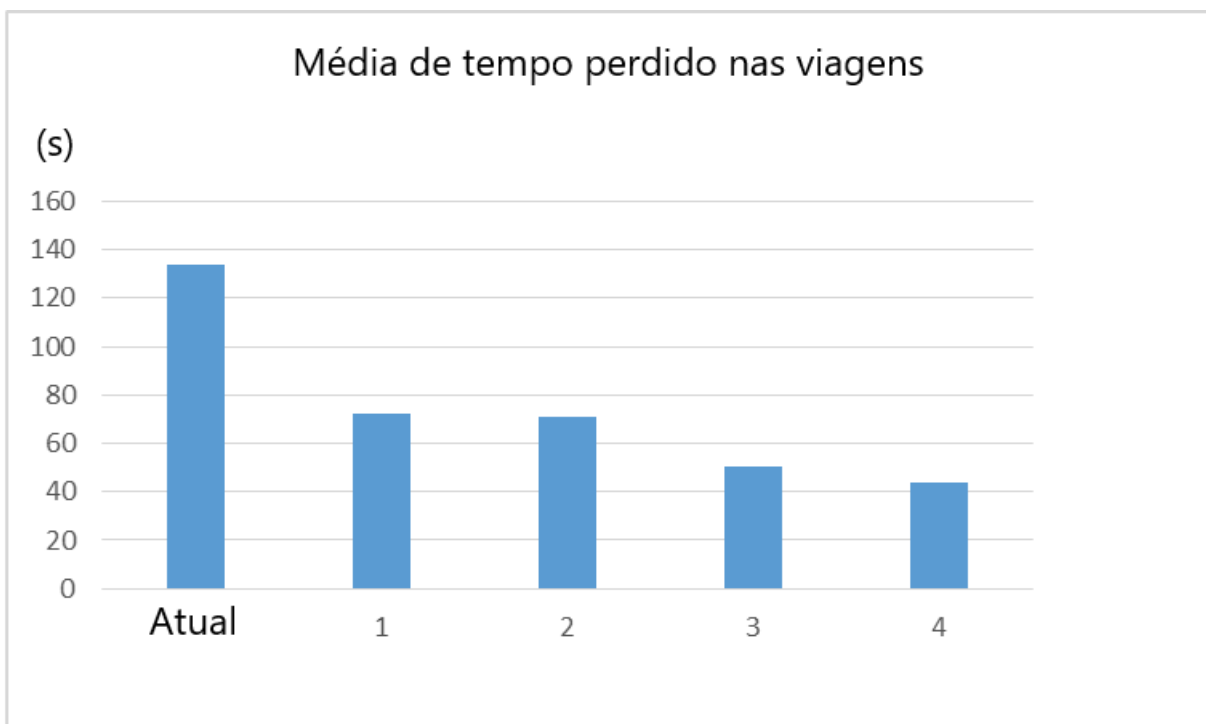
Convertendo-se de segundos para horas, tem-se que o Cenário Atual, apresenta uma soma de 248,58 horas de viagens. Nos demais cenários, 185,05 horas para o 1, no Cenário 2 174,49 horas, no 3 tem-se 156,19 horas e por fim, no quarto cenário são 137,90 horas. Ou seja, para o Cenário 4 que apresentou o melhor resultado, o ganho total chega a ser de mais de 110 horas, comparando-se com o atual cenário. Importante ainda ressaltar que no Cenário Atual foram realizadas 4802 viagens e no 4 foram 5157, ou seja, houveram 355 viagens a mais e mesmo assim o ganho de tempo foi grande.

Para efeito de comparação, utilizando a média de 96,28 segundos do Cenário 4, multiplicando-se pelas 355 viagens de diferença e reduzindo esses segundos do total, o ganho seria de mais 9,49 horas, tendo-se uma diferença total de aproximadamente 120 horas do cenário atual para o quarto cenário.

5.1.2. Tempo perdido nas viagens

A média de tempo perdido por viagem é dada pelos fatores que impedem os veículos de trafegar na velocidade máxima das vias, que podem ser congestionamento, tempo de amarelo e vermelho em semáforos, esperas em cruzamentos não semaforizados, entre outros. Ou seja, quanto menos tempo perdido melhor, significa que o tráfego dos veículos está fluindo melhor. Estas médias estão expostas na Figura 26 e organizadas por cenário.

Figura 26 - Média de tempo perdido nas viagens por cenário.



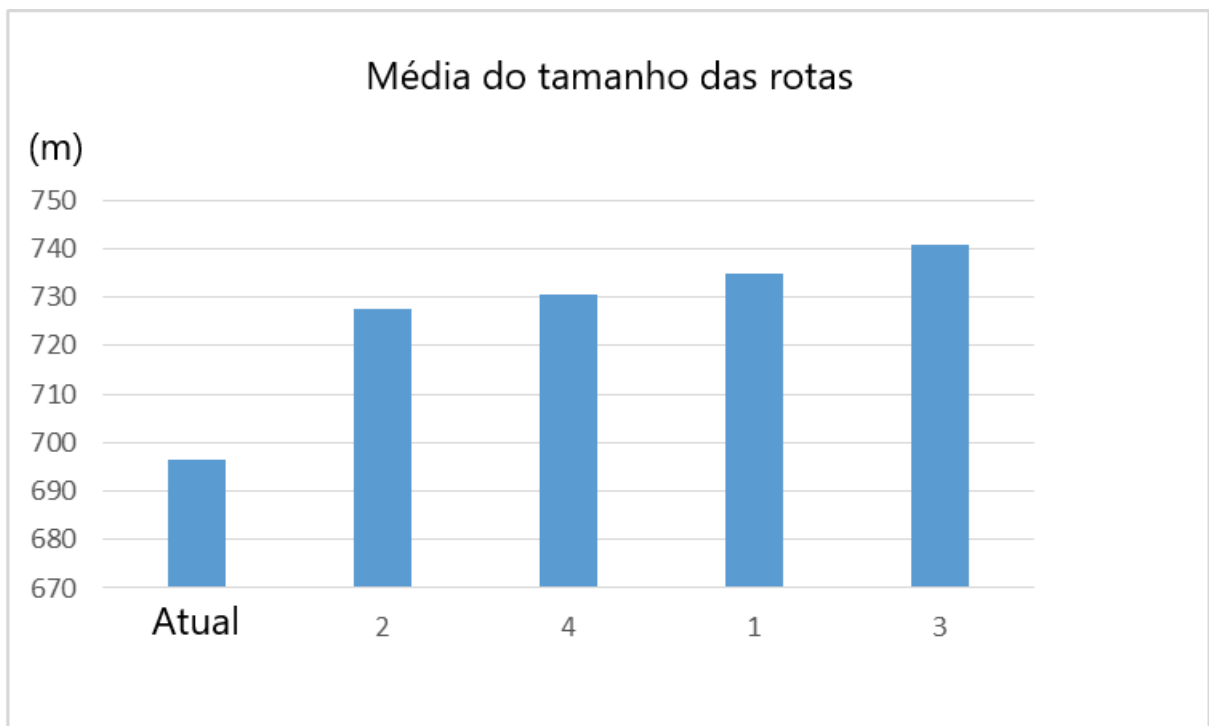
Fonte: Autor (2019).

A média para o atual cenário é de 133,62 segundos. Já no Cenário 1, cada viagem em média perde 72,54 segundos, no Cenário 2 são 70,96 segundos, no 3 são 50,52 segundos e no último cenário (Cenário 4) são 43,59 segundos. Sendo assim, novamente o Cenário 4 foi o de melhor desempenho, ganhando em média, 90 segundos por viagem quando comparado com a simulação da realidade medida em campo.

5.1.3. Tamanho das rotas

Com as mudanças propostas nas vias estudadas, observou-se a importância de ponderar a alteração no comprimento das rotas. Tendo em vista que o ganho de tempo foi notável, é importante mostrar que ele vem acompanhado de um aumento no percurso realizado por cada veículo, o que não é positivo se fosse o único indicador. Porém como uma análise geral, as rotas adquirirem metros de distância a mais, não é um fator decisivo para a escolha do melhor cenário, pois o ganho de tempo é mais significativo. A Figura 27 nos traz os resultados de cada cenário, em metros.

Figura 27 - Média do tamanho das rotas por cenário.



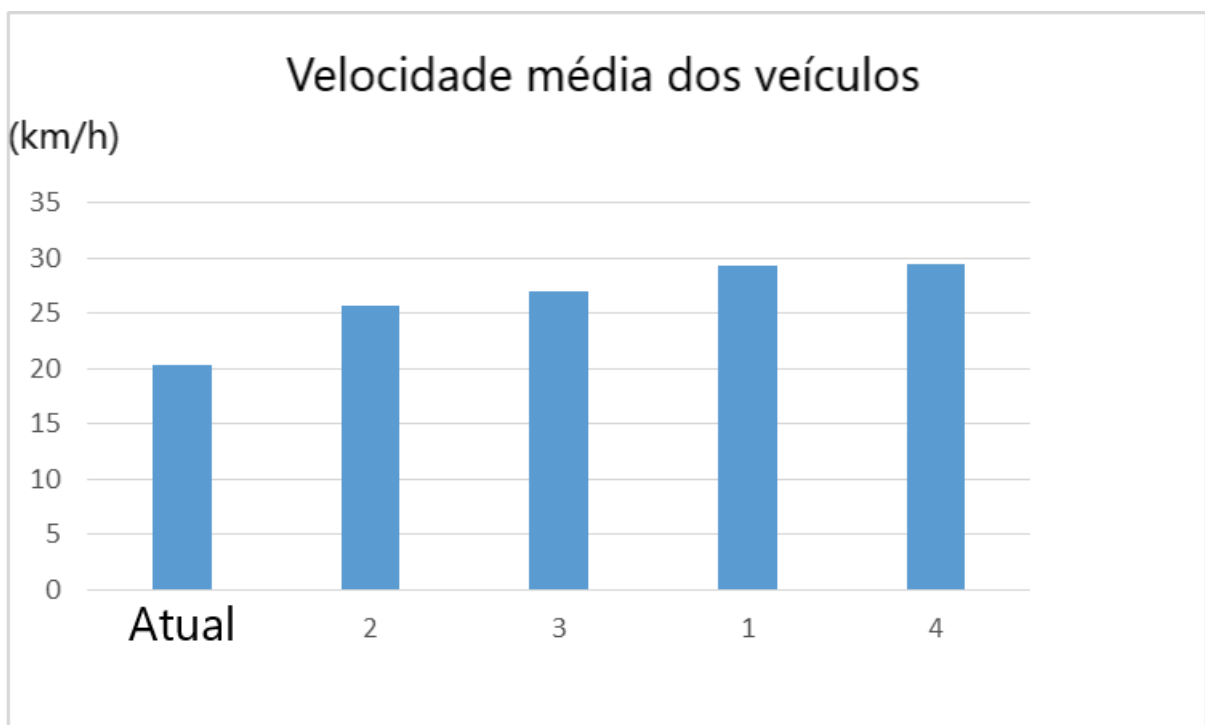
Fonte: Autor (2019).

Contrapondo os demais indicadores, neste caso, o melhor cenário é o atual, com uma média de 696,35 metros por viagem. Todos os demais cenários tem acréscimo no comprimento médio das rotas. O 1 tem 734,94 metros por viagem, o Cenário 2 é um pouco melhor com 727,50 metros, o 3 possui uma média de 740,80 metros e o Cenário 4 tem 730,57 metros de média.

5.1.4. Velocidade média

Quando fala-se de média de velocidade nas vias, quanto mais próxima a velocidade média estiver da velocidade máxima permitida na via, melhor. Ou seja, quanto maior a velocidade significa que o desempenho dos veículos está melhorando, dentro dos limites indicados pela sinalização no local. A Figura 28 mostra estas médias por cenário, em quilômetros por hora (km/h). Importante destacar que, para as vias estudadas, a velocidade máxima varia entre 40 km/h e 60 km/h, portanto as médias apresentadas por todos os cenários estão dentro deste limite. O próprio SUMO permite colocar a velocidade máxima para cada via e todos os veículos que entram na simulação automaticamente correspondem a estes limites impostos.

Figura 28 - Velocidade média dos veículos por cenário.



Fonte: Autor (2019).

Neste caso, o cenário atual volta a ter o pior desempenho entre todos os 5 apresentados, com uma velocidade média de 20,29 km/h para as suas rotas. O Cenário 1 apresenta 29,26 km/h, o Cenário 2 chega a 25,73 km/h, o Cenário 3 possui 26,99 km/h e o Cenário 4 apresenta o melhor desempenho com 29,41 km/h, ou seja, um ganho de mais de 9 km/h na velocidade média das viagens.

5.2. TEMPO DE DURAÇÃO DAS VIAGENS POR ROTAS

Na divisão dos dados por rota, será analisado apenas o tempo médio de duração das viagens. A Tabela 10 mostra os dados devidamente separados por rotas e sendo comparados cenário a cenário.

Tabela 10 - Média de duração das viagens por rota

Média de duração das viagens (s)	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Rota 1	62,73	75,32	72,61	101,02	76,92
Rota 2	112,63	75,32	86,12	101,02	83,62
Rota 3	119,88	94,62	172,16	101,79	163,89
Rota 4	116,11	67,25	90,98	98,79	83,45
Rota 5	294,12	295,4	294,48	98,79	190,54
Rota 6	161	107,53	226,1	106,9	124,5
Rota 7	294,12	295,4	294,48	98,79	190,54
Rota 8	219,85	85,8	149,82	75,51	125,76
Rota 9	241,12	97,51	155,8	118,65	127,45
Rota 10	83,62	62,07	66,64	75,46	67,37
Rota 11	165,03	263,6	193,64	75,51	106,49
Rota 12	127,48	90,11	115,29	116,82	42,68
Rota 13	607,76	297,28	250,9	136,05	115,64
Rota 14	421,71	260,38	192,28	136,05	135,32
Rota 15	455,01	278,91	208,51	160,58	138,5
Rota 16	143,58	234,06	102,31	107,93	81,73
Rota 17	607,76	297,28	250,9	136,05	115,64
Rota 18	421,71	260,38	192,28	136,05	135,32
Rota 19	455,01	278,91	208,51	160,58	138,5
Rota 20	329,37	-	-	119,95	-
Rota 21	63,15	107,53	-	54,7	-
Rota 22	329,37	-	-	119,95	-
Rota 23	303,33	125,25	153,92	119,95	122,92
Rota 24	314,1	177,6	153,8	153,6	100,6
Rota 25	131	-	31	107	85
Rota 26	357,72	297,28	260,02	136,05	135,51
Rota 27	424,63	260,38	179,4	136,05	153,24
Rota 28	185,01	234,06	83,04	107,93	104,35
Rota 29	424,63	260,38	179,4	136,05	153,24
Rota 30	357,72	297,28	260,02	98,79	135,51
Rota 31	466	278,91	181,5	-	203,5
Rota 32	466	278,91	181,5	-	203,5

Fonte: Autor (2019).

Importante explicar que algumas rotas não possuem valor em certos cenários, isso ocorre porque em alguns cenários rotas deixam de existir por conta das alterações nas vias.

Em vermelho tem-se as rotas de pior desempenho no cenário atual. Em verde tem-se qual o melhor cenário para cada uma das 32 rotas. Novamente aqui nota-se o Cenário 4 se sobressaindo em relação ao demais, principalmente quando se fala das rotas de pior desempenho, é este cenário que apresenta o melhor resultado, por exemplo, para as rotas 13 e 17, que são as piores no Cenário Atual.

A Tabela 11 faz um comparativo entre todos os cenários das vias com os maiores congestionamentos no cenário atual, mostrados pelas figuras 17 e 18, na seção 4.2.

Tabela 11 - Comparação dos cenários para os vias de maior congestionamento no cenário atual.

Problema	Melhor cenário	2º Melhor cenário	3º Melhor cenário	4º Melhor cenário	Pior cenário
Congestionamento na Av. Procópio Gomes	4	3	2	1	0
Congestionamento na Rua Florianópolis	4	3	2	1	0
Congestionamento na Rua Piauí	4	3	2	1	0

Fonte: Autor (2019).

Através dos resultados apresentados pelas figuras 24, 25, 26, 27 e 28 e pelas tabelas 10 e 11, seria possível concluir que o cenário com o melhor desempenho dentro do escopo do projeto foi o Cenário 4. Porém é importante se fazer uma análise mais aprofundada aqui, a proposta do Cenário 4 é excelente para o final da tarde, mas certamente não seria nada positivo em uma possível simulação pela manhã. Como este trabalho não fez análises para a parte da manhã, seria muito arriscado se decidir pela implantação do Cenário 4.

Sendo assim, o Cenário 3, que ficou em segundo lugar em relação aos resultados dos dados, acabaria sendo a melhor solução deste trabalho, levando-se em conta as limitações apresentadas por se ter uma região reduzida de estudo. Neste cenário, a Rua Florianópolis seria sentido único no sentido bairro-centro com uma pista, que é justamente o maior fluxo na parte da manhã, então mesmo sem se ter os dados da manhã, pode-se afirmar que haveria melhor na mobilidade matutina também, o que não vale para o Cenário 4.

Porém uma importante questão a se levantar neste caso é o prejuízo causado para o Transporte Público Urbano, com um binário entre as ruas Florianópolis e Monsenhor Gercino, muitos passageiros teriam a distância da sua casa até os pontos aumentada consideravelmente, em alguns pontos em até mais de 900 metros. Este trecho entre as duas vias citadas possui inúmeras ruas secundárias, todas elas residenciais e populosas. Como mostra a Figura 29. Este fator é importante na análise, levando em conta que haveria possibilidade de muitos passageiros de ônibus migrarem para outros modais, como por exemplo, o transporte individual, dessa forma os ganhos apresentados neste estudo seriam menores e o prazo de validade do projeto também diminuiria. Uma alternativa para isso seria a criação de novas linhas ou readequação do itinerário, passando em ruas laterais que antes não eram utilizadas pelos ônibus, para isso seria necessário um estudo aprofundado se estas vias teriam condições de receber os veículos e também analisar o impacto que se teria nos custos operacionais adicionais gerados.

Figura 29 - Distância entre as ruas Florianópolis e Monsenhor Gercino.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Portanto como análise final dos resultados deste trabalho, considerando as limitações do estudo, conclui-se que o melhor resultado é apresentado pelo Cenário 2. Para se afirmar que os cenários 3 ou 4 seriam os melhores é necessário um estudo maior, sendo assim limita-se as possibilidades a apenas três (cenários 0, 1 e 2), como mostra o comparativo da Tabela 12.

Tabela 12 - Comparação entre os cenários 0, 1 e 2.

CENÁRIO	Média de duração das viagens (s)	Média de tempo perdido nas viagens (s)	Média de velocidade média (km/h)	Média de comprimento de rota (m)
0	186,40	133,62	20,30	696,35
1	125,31	72,54	29,26	734,94
2	123,73	70,96	25,73	727,50

Fonte: Autor (2019).

Entre estes o melhor é o 2, conforme as tabelas 11 e 12. E não há nenhum problema encontrado que pudesse invalidar a análise, como foi visto nos cenários 3 e 4.

6. CONCLUSÕES

Um grande problema enfrentado hoje nas cidades brasileiras é o congestionamento nas vias urbanas, isso se deve ao aumento da população e da frota de veículos individuais, especialmente nos grandes centros. Somado a isso está o fato de que as soluções viárias apresentadas não conseguem acompanhar o ritmo deste crescimento. Em muitos casos as vias não comportam mais o fluxo que recebem, gerando prejuízos para o desenvolvimento econômico e prejudicando também a qualidade de vida dos brasileiros, fato observado em diversos pontos da cidade de Joinville, no estado de Santa Catarina.

Observou-se tal cenário no encontro da Av. Procópio Gomes com a Rua Florianópolis no sentido centro-bairro, bem como na Rua Piauí, ambos os casos no período de final de tarde, onde grande parte da população está finalizando seu expediente de trabalho e retornando para suas casas, gerando longas filas e atrasos nas viagens. A tendência é que o cenário somente se agrave, pois a população e a frota de veículos individuais continua aumentando na cidade. Este fato pode ser mudado se houverem alterações nas vias citadas, bem como em outras vias próximas como a Av. Getúlio Vargas, a Rua São Paulo e a Rua Coronel Francisco Gomes principalmente. Outra solução para esta tendência é a mudança cultural da população em relação a escolha modal, optando por alternativas diferentes do carro, o que não se vê atualmente. O escopo do trabalho compreende todas estas vias citadas e para diminuir os congestionamentos, foram apresentados quatro possíveis novos cenários.

Os objetivos foram alcançados e todos os quatro novos cenários apresentaram resultados positivos em comparação com o atual, sendo que para este estudo, o escolhido como melhor resultado foi o Cenário 2. Este cenário, dentro dos limites discutidos e justificados na seção 5.2 apresentou os melhores resultados de média de duração das viagens e média de tempo perdido nas viagens. Levando em consideração que os cenários 3 e 4 não são totalmente conclusivos diante do escopo apresentado, embora tenham melhores resultados, ambos precisariam de novos estudos para comprovarem sua validade.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugestões para aprofundamento e expansão do estudo realizado:

- Desenvolver o mesmo estudo também para o cenário de pico da manhã;
- Abordar uma área maior de estudo, incluindo a continuação da Rua Florianópolis e inserção da Rua Monsenhor Gercino, uma extensão maior das

ruas São Paulo e Santa Catarina e inclusão de vias laterais que ligam estas quatro vias;

- Gerar mais tipos de *outputs* no SUMO para análise dos dados da simulação;
- Propor alternativas mais complexas e de maior investimento na infraestrutura das vias como alargamento das vias, construção de elevados, entre outras;
- Modificar as entradas e saídas de estacionamento do Hipermercado Condor.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Engenharia de tráfego: Terminologia – NBR 7032**. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.
- BARCELÓ, Jaume (Org.) **Fundamentals of Traffic Simulation**. New York: Springer, 2010.
- CONSELHO NACIONAL DE TRANSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V: Sinalização Semáforica**, Brasília: CONTRAN, 2007.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego**, 2006. 384 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/723_manual_estudos_trafego.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- FARIAS, E, S; BORENSTEIN, D.et.al. Mobilidade Urbana e Transporte Público: Modelos e Perspectivas a Partir da Pesquisa Operacional. In. XXXVII ENCONTRO DA ANPAD 2013. Rio de Janeiro, Setembro de 2007 Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_GOL1478.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Manual on uniform traffic control devices: For Streets and Highways**. 2009 Edition. Washington, DC. Disponível em: <<https://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009r1r2/mutcd2009r1r2edition.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2019.
- GARCIA-CASTRO, Alvaro; MONZON, Andres. **Measuring the effects of traffic congestion on fuel consumption**. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse dos Resultados do Censo de 2010**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/ceenso2010/apps/sinopse/webservice/default.php?cod1=0&cod2=&cod3=&frm=urb_rur>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama da cidade de Joinville**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/joinville/panorama>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- O'FLAHERTY, CA. (Org.) **Transport Planning and Traffic Engineering**. The Netherlands: Elsevier, 1997.
- ROESS, Roger P.; PRASSAS, Elena S.; MCSHANE, William R. **Traffic Engineering**. 4. Ed. Upper Saddle River, 2011.
- SCHOFER, Ralph E.; LEVIN, Bernard M. The Urban Transportation Planning Process. **Technical Analysis Division, National Bureau of Standards**, Washington D.C., 20234, p. 185-197, jul. 1967.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE. **Joinville Bairro a Bairro**. Joinville, 2017. 188 p. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/01/Joinville-Bairro-a-Bairro-2017.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

SENNÁ, Luiz Afonso dos Santos. **Economia e planejamento dos transportes**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

STERN, Yvone et al. **Um estudo sobre o tráfego**: sincronização de sinais. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1969.

SUMO-Wiki. **Tutorials**. Disponível em: <<https://sumo.dlr.de/wiki/Tutorials>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

**APÊNDICE A – TABELAS DOS TEMPOS SEMAFÓRICOS DO CENÁRIO
MODIFICADOS**

Tabela 13 - Semáforo 1 no Cenário 1.

Semáforo 1	Getúlio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	18	3	0
	Avenida Getúlio Vargas	0	0	21
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	75
	Avenida Getúlio Vargas	72	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 14 - Semáforo 2 no Cenário 1.

Semáforo 2	Getúlio x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Piauí	30	3	0
	Avenida Getúlio Vargas	0	0	33
Fase 2	Rua Piauí	0	0	63
	Avenida Getúlio Vargas	60	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 15 - Semáforo 3 no Cenário 1.

Semáforo 3	São Paulo x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	22	3	0
	Rua São Paulo	0	0	25
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	71
	Rua São Paulo	68	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 16 - Semáforo 4 no Cenário 1.

Semáforo 4	São Paulo x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Piauí	25	3	0
	Rua São Paulo	0	0	28
Fase 2	Rua Piauí	0	0	68
	Rua São Paulo	65	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 17 - Semáforo 5 no Cenário 1.

Semáforo 5	Procópio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	24	3	0
	Avenida Procópio Gomes	0	0	27
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	69
	Avenida Procópio Gomes	66	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 18 - Semáforo 6 no Cenário 1.

Semáforo 6	Leite Ribeiro Pedestres	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	84	4	0
	Pedestres	0	0	88
Fase 2	Veículos	0	0	8
	Pedestres	8	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 19 - Semáforo 1 no Cenário 2.

Semáforo 1	Getúlio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	29	3	0
	Avenida Getúlio Vargas	0	0	32
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	64
	Avenida Getúlio Vargas	61	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 20 - Semáforo 2 no Cenário 2.

Semáforo 2	Getúlio x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	71	3	0
	Pedestres	0	0	74
Fase 2	Veículos	0	0	7
	Pedestres	7	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 21 - Semáforo 3 no Cenário 2.

Semáforo 3	São Paulo x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	30	3	0
	Rua São Paulo	0	0	33
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	63
	Rua São Paulo	60	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 22 - Semáforo 4 no Cenário 2.

Semáforo 4	São Paulo x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua São Paulo	70	3	0
	Rua Piauí	0	0	73
Fase 2	Rua São Paulo	0	0	23
	Rua Piauí	20	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 23 - Semáforo 5 no Cenário 2.

Semáforo 5	Procópio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	20	3	0
	Avenida Procópio Gomes	0	0	23
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	73
	Avenida Procópio Gomes	70	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 24 - Semáforo 6 no Cenário 2.

Semáforo 6	Leite Ribeiro Pedestres	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	71	3	0
	Pedestres	0	0	74
Fase 2	Veículos	0	0	7
	Pedestres	7	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 25 - Semáforo 7 no Cenário 2.

Semáforo 7	Santa Catarina x Leite Ribeiro	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Santa Catarina	66	3	0

	Rua Leite Ribeiro	0	0	69
Fase 2	Rua Santa Catarina	0	0	12
	Rua Leite Ribeiro	10	2	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 26 - Semáforo 8 no Cenário 2.

Semáforo 8	Procópio x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Avenida Procópio Gomes	0	0	55
	Rua Piauí	52	3	0
Fase 2	Avenida Procópio Gomes	38	3	0
	Rua Piauí	0	0	41

Fonte: Autor (2019).

Tabela 27 - Semáforo 1 no Cenário 3.

Semáforo 1	Getúlio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	16	3	0
	Avenida Getúlio Vargas	0	0	19
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	77
	Avenida Getúlio Vargas	74	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 28 - Semáforo 2 no Cenário 3.

Semáforo 2	Getúlio x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Avenida Getúlio Vargas	0	0	18
	Rua Piauí	15	3	0
Fase 2	Avenida Getúlio Vargas	75	3	0
	Rua Piauí	0	0	78

Fonte: Autor (2019).

Tabela 29 - Semáforo 3 no Cenário 3.

Semáforo 3	São Paulo x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	63
	Rua São Paulo	60	3	0
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	12	3	0

	Rua São Paulo	0	0	15
--	---------------	---	---	----

Fonte: Autor (2019).

Tabela 30 - Semáforo 4 no Cenário 3.

Semáforo 4	São Paulo x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua São Paulo	0	0	33
	Rua Piauí	30	3	0
Fase 2	Rua São Paulo	42	3	0
	Rua Piauí	0	0	45

Fonte: Autor (2019).

Tabela 31 - Semáforo 5 no Cenário 3.

Semáforo 5	Procópio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	12	3	0
	Avenida Procópio Gomes	0	0	15
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	63
	Avenida Procópio Gomes	60	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 32 - Semáforo 6 no Cenário 3.

Semáforo 6	Leite Ribeiro Pedestres	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	81	4	0
	Pedestres	0	0	85
Fase 2	Veículos	0	0	5
	Pedestres	5	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 33 - Semáforo 1 no Cenário 4.

Semáforo 1	Getúlio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	61
	Avenida Getúlio Vargas	58	3	0
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	37	3	0
	Avenida Getúlio Vargas	0	0	40

Fonte: Autor (2019).

Tabela 34 - Semáforo 2 no Cenário 4.

Semáforo 2	Getúlio x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Veículos	100	3	0
	Pedestres	0	0	103
Fase 2	Veículos	0	0	10
	Pedestres	10	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 35 - Semáforo 3 no Cenário 4.

Semáforo 3	São Paulo x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	40	3	0
	Rua São Paulo	0	0	43
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	58
	Rua São Paulo	55	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 36 - Semáforo 4 no Cenário 4.

Semáforo 4	São Paulo x Piauí	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Piauí	0	0	78
	Rua São Paulo	75	3	0
Fase 2	Rua Piauí	20	3	0
	Rua São Paulo	0	0	23

Fonte: Autor (2019).

Tabela 37 - Semáforo 5 no Cenário 4.

Semáforo 5	Procópio x Coronel	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Coronel Francisco Gomes	12	3	0
	Avenida Procópio Gomes	0	0	15
Fase 2	Rua Coronel Francisco Gomes	0	0	68
	Avenida Procópio Gomes	65	3	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 38 - Semáforo 6 no Cenário 4.

Semáforo 6	Leite Ribeiro Pedestres	Verde	Amarelo	Vermelho
------------	-------------------------	-------	---------	----------

Fase 1	Veículos	80	3	0
	Pedestres	0	0	83
Fase 2	Veículos	0	0	6
	Pedestres	6	0	0

Fonte: Autor (2019).

Tabela 39 - Semáforo 7 no Cenário 4.

Semáforo 7	Santa Catarina x Leite Ribeiro	Verde	Amarelo	Vermelho
Fase 1	Rua Santa Catarina	0	0	13
	Rua Leite Ribeiro	10	3	0
Fase 2	Rua Santa Catarina	97	3	0
	Rua Leite Ribeiro	0	0	100

Fonte: Autor (2019).

APÊNDICE B – ARQUIVOS DE ROTAS DO CENÁRIO ATUAL

```
<routes>
```

```
<vType id="carro1" vClass="passenger" color="white" />
```

```
<vType id="moto1" vClass="motorcycle" color="white" />
```

```
<vType id="truck1" vClass="trailer" color="white" />
```

```
<vType id="carro2" vClass="passenger" color="blue" />
```

```
<vType id="moto2" vClass="motorcycle" color="blue" />
```

```
<vType id="truck2" vClass="trailer" color="blue" />
```

```
<vType id="carro3" vClass="passenger" color="red" />
```

```
<vType id="moto3" vClass="motorcycle" color="red" />
```

```
<vType id="truck3" vClass="trailer" color="red" />
```

```
<vType id="carro4" vClass="passenger" color="green" />
```

```
<vType id="moto4" vClass="motorcycle" color="green" />
```

```
<vType id="truck4" vClass="trailer" color="green" />
```

```
<vType id="carro5" vClass="passenger" color="yellow" />
```

```
<vType id="moto5" vClass="motorcycle" color="yellow" />
```

```
<vType id="BUS" vClass="bus" color="yellow" maxSpeed="13.89"/>
```

```
<vType id="truck5" vClass="trailer" color="yellow" />
```

```
<route id='rota1' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 RuaCoronel10 RuaCoronel11'/>
```

```
<route id='rota2' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 AvGetulio3 AvGetulio4 AvGetulio5
RodoviaSC1 RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2 RuaLeiteRibeiro3'/>
```

```
<route id='rota3' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 RuaCoronel9 RuaCoronel8 RuaCoronel7
AvSaoPaulo1'/>
```

```
<route id='rota4' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 AvGetulio3 AvGetulio4 AvGetulio5
RodoviaSC1 RodoviaSC2 RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>
```

<route id='rota5' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 RuaCoronel9 RuaCoronel8 RuaCoronel7 RuaCoronel6bairro RuaCoronel5bairro RuaWaldemar RuaPiaui2bairro RuaPiaui1bairro RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>

<route id='rota6' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 RuaCoronel9 RuaCoronel8 RuaCoronel7 RuaCoronel6bairro RuaCoronel5bairro RuaCoronel4bairro RuaCoronel3bairro cruzamentoProcXCoronelBAIRRO RuaCoronel2bairro RuaCoronel1bairro'/>

<route id='rota7' edges='AvGetulio1 AvGetulio2 RuaCoronel9 RuaCoronel8 RuaCoronel7 RuaCoronel6bairro RuaCoronel5bairro RuaCoronel4bairro RuaCoronel3bairro AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 AvProcopiobairro5 RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>

<route id='rota8' edges='AvSaoPaulo4 AvSaoPaulo3 RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RodoviaSC2 RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>

<route id='rota9' edges='AvSaoPaulo4 AvSaoPaulo3 RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2 RuaLeiteRibeiro3'/>

<route id='rota10' edges='AvSaoPaulo4 AvSaoPaulo3 AvSaoPaulo2 AvSaoPaulo1'/>

<route id='rota11' edges='AvSaoPaulo4 AvSaoPaulo3 RuaPiaui4bairro RuaPiaui3bairro Piaucriadabairro RuaPiaui2bairro RuaPiaui1bairro RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>

<route id='rota12' edges='AvSaoPaulo4 AvSaoPaulo3 AvSaoPaulo2 RuaCoronel6bairro RuaCoronel5bairro RuaCoronel4bairro RuaCoronel3bairro cruzamentoProcXCoronelBAIRRO RuaCoronel2bairro RuaCoronel1bairro'/>

<route id='rota13' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 AvProcopiobairro5 RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>

<route id='rota14' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 RuaPiaui1centro RuaPiaui2centro Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RodoviaSC2 RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>

<route id='rota15' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 RuaPiaui1centro RuaPiaui2centro Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2 RuaLeiteRibeiro3'/>

<route id='rota16' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 RuaCoronel3centro RuaCoronel4centro RuaCoronel5centro RuaCoronel6centro AvSaoPaulo1'/>

```
<route id='rota17' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 RuaCoronel3centro
RuaCoronel4centro RuaWaldemar RuaPiaui2bairro RuaPiaui1bairro RuaFlorianopolis1
RuaFlorianopolis2'/>
```

```
<route id='rota18' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 RuaCoronel3centro
RuaCoronel4centro RuaWaldemar Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro
RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RodoviaSC2 RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>
```

```
<route id='rota19' edges='AvProcopiobairro1 AvProcopiobairro2 RuaCoronel3centro
RuaCoronel4centro RuaWaldemar Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro
RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2
RuaLeiteRibeiro3'/>
```

```
<route id='rota20' edges='RuaCoronel5bairro RuaWaldemar RuaPiaui2bairro RuaPiaui1bairro
RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>
```

```
<route id='rota21' edges='RuaCoronel5bairro RuaCoronel4bairro RuaCoronel3bairro
cruzamentoProcXCoronelBAIRRO RuaCoronel2bairro RuaCoronel1bairro'/>
```

```
<route id='rota22' edges='RuaCoronel5bairro RuaCoronel4bairro RuaCoronel3bairro
AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 AvProcopiobairro5 RuaFlorianopolis1
RuaFlorianopolis2'/>
```

```
<route id='rota23' edges='RuaCoronel5bairro RuaWaldemar Piaucriadacentro
RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1 RodoviaSC2
RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>
```

```
<route id='rota24' edges='RuaCoronel5bairro RuaWaldemar Piaucriadacentro
RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7 RodoviaSC1
RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2 RuaLeiteRibeiro3'/>
```

```
<route id='rota25' edges='RuaCoronel5bairro RuaWaldemar Piaucriadacentro
RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro AvSaoPaulo2 AvSaoPaulo1'/>
```

```
<route id='rota26' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4
AvProcopiobairro5 RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>
```

```
<route id='rota27' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 RuaPiaui1centro
RuaPiaui2centro Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6
RuaPiaui7 RodoviaSC1 RodoviaSC2 RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>
```

```

<route id='rota28' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO RuaCoronel3centro RuaCoronel4centro
RuaCoronel5centro RuaCoronel6centro AvSaoPaulo1'/>
<route id='rota29' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO RuaCoronel3centro RuaCoronel4centro RuaWaldemar
Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7
RodoviaSC1 RodoviaSC2 RodoviaSC3 RodoviaSC4'/>
<route id='rota30' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO RuaCoronel3centro RuaCoronel4centro RuaWaldemar
RuaPiaui2bairro RuaPiaui1bairro RuaFlorianopolis1 RuaFlorianopolis2'/>
<route id='rota31' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO RuaCoronel3centro RuaCoronel4centro RuaWaldemar
Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6 RuaPiaui7
RodoviaSC1 RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2 RuaLeiteRibeiro3'/>
<route id='rota32' edges='RuaCoronel1centro RuaCoronel2centro
cruzamentoProcXCoronelCENTRO AvProcopiobairro3 AvProcopiobairro4 RuaPiaui1centro
RuaPiaui2centro Piaucriadacentro RuaPiaui3centro RuaPiaui4centro RuaPiaui5 RuaPiaui6
RuaPiaui7 RodoviaSC1 RuaLeiteRibeiro1 RuaLeiteRibeiro2 RuaLeiteRibeiro3'/>

<flow type='carro1' id='fluxo1' vehsPerHour='149' begin='0' end='3600' route='rota1'
departLane='random'/>
<flow type='moto1' id='fluxo1.1' vehsPerHour='9' begin='0' end='3600' route='rota1'
departLane='random'/>
<flow type='carro1' id='fluxo2' vehsPerHour='93' begin='0' end='3600' route='rota2'
departLane='random'/>
<flow type='moto1' id='fluxo2.1' vehsPerHour='5' begin='0' end='3600' route='rota2'
departLane='random'/>
<flow type='truck1' id='fluxo2.2' vehsPerHour='2' begin='0' end='3600' route='rota2'
departLane='random'/>
<flow type='carro1' id='fluxo3' vehsPerHour='89' begin='0' end='3600' route='rota3'
departLane='random'/>
<flow type='moto1' id='fluxo3.1' vehsPerHour='7' begin='0' end='3600' route='rota3'
departLane='random'/>

```

```

<flow type='carro1' id='fluxo4' vehsPerHour='1261' begin='0' end='3600' route='rota4'
departLane='random'/>
<flow type='moto1' id='fluxo4.1' vehsPerHour='365' begin='0' end='3600' route='rota4'
departLane='random'/>
<flow type='truck1' id='fluxo4.2' vehsPerHour='11' begin='0' end='3600' route='rota4'
departLane='random'/>
<flow type='BUS' id='fluxo4.3' vehsPerHour='49' begin='0' end='3600' route='rota4'
departLane='random'> // LINHAS 0200 0300 0302 0700 1401 7014 + FRETAMENTO
  <stop busStop='Getulio1' duration='20'/>
    <stop busStop='Getulio2' duration='20'/>
</flow>
<flow type='carro1' id='fluxo5' vehsPerHour='60' begin='0' end='3600' route='rota5'
departLane='random'/>
<flow type='moto1' id='fluxo5.1' vehsPerHour='9' begin='0' end='3600' route='rota5'
departLane='random'/>
<flow type='carro1' id='fluxo6' vehsPerHour='10' begin='0' end='3600' route='rota6'
departLane='random'/>
<flow type='carro1' id='fluxo7' vehsPerHour='35' begin='0' end='3600' route='rota7'
departLane='random'/>
<flow type='moto1' id='fluxo7.1' vehsPerHour='15' begin='0' end='3600' route='rota7'
departLane='random'/>

<flow type='carro2' id='fluxo8' vehsPerHour='104' begin='0' end='3600' route='rota8'
departLane='random'/>
<flow type='moto2' id='fluxo8.1' vehsPerHour='15' begin='0' end='3600' route='rota8'
departLane='random'/>
<flow type='truck2' id='fluxo8.2' vehsPerHour='3' begin='0' end='3600' route='rota8'
departLane='random'/>
<flow type='carro2' id='fluxo9' vehsPerHour='270' begin='0' end='3600' route='rota9'
departLane='random'/>
<flow type='moto2' id='fluxo9.1' vehsPerHour='9' begin='0' end='3600' route='rota9'
departLane='random'/>
<flow type='truck2' id='fluxo9.2' vehsPerHour='3' begin='0' end='3600' route='rota9'
departLane='random'/>

```

```

<flow type='carro2' id='fluxo10' vehsPerHour='937' begin='0' end='3600' route='rota10'
departLane='random'/>
<flow type='moto2' id='fluxo10.1' vehsPerHour='150' begin='0' end='3600' route='rota10'
departLane='random'/>
<flow type='truck2' id='fluxo10.2' vehsPerHour='8' begin='0' end='3600' route='rota10'
departLane='random'/>
<flow type='BUS' id='fluxo10.3' vehsPerHour='48' begin='0' end='3600' route='rota10'
departLane='random'> // LINHAS 0022 0200 0300 0302 0700 1401 7014 + FRETAMENTO
  <stop busStop='SP1' duration='20'/>
    <stop busStop='SP2' duration='20'/>
</flow>
<flow type='carro2' id='fluxo11' vehsPerHour='199' begin='0' end='3600' route='rota11'
departLane='random'/>
<flow type='moto2' id='fluxo11.1' vehsPerHour='14' begin='0' end='3600' route='rota11'
departLane='random'/>
<flow type='carro2' id='fluxo12' vehsPerHour='80' begin='0' end='3600' route='rota12'
departLane='random'/>
<flow type='moto2' id='fluxo12.1' vehsPerHour='12' begin='0' end='3600' route='rota12'
departLane='random'/>

<flow type='carro3' id='fluxo13' vehsPerHour='165' begin='0' end='3600' route='rota13'
departLane='random'/>
<flow type='moto3' id='fluxo13.1' vehsPerHour='150' begin='0' end='3600' route='rota13'
departLane='random'/>
<flow type='truck3' id='fluxo13.2' vehsPerHour='3' begin='0' end='3600' route='rota13'
departLane='random'/>
<flow type='BUS' id='fluxo13.3' vehsPerHour='18' begin='0' end='3600' route='rota13'
departLane='random'> // LINHAS 0304 0600 1402 + FRETAMENTO
  <stop busStop='Proc1' duration='20'/>
    <stop busStop='Proc2' duration='20'/>
</flow>
<flow type='carro3' id='fluxo14' vehsPerHour='390' begin='0' end='3600' route='rota14'
departLane='random'/>

```



```
<flow type='moto3' id='fluxo14.1' vehsPerHour='30' begin='0' end='3600' route='rota14'
departLane='random'/>
<flow type='truck3' id='fluxo14.2' vehsPerHour='4' begin='0' end='3600' route='rota14'
departLane='random'/>
<flow type='carro3' id='fluxo15' vehsPerHour='57' begin='0' end='3600' route='rota15'
departLane='random'/>
<flow type='moto3' id='fluxo15.1' vehsPerHour='10' begin='0' end='3600' route='rota15'
departLane='random'/>
<flow type='truck3' id='fluxo15.2' vehsPerHour='4' begin='0' end='3600' route='rota15'
departLane='random'/>
<flow type='carro3' id='fluxo16' vehsPerHour='94' begin='0' end='3600' route='rota16'
departLane='random'/>
<flow type='moto3' id='fluxo16.1' vehsPerHour='6' begin='0' end='3600' route='rota16'
departLane='random'/>
<flow type='carro3' id='fluxo17' vehsPerHour='24' begin='0' end='3600' route='rota17'
departLane='random'/>
<flow type='carro3' id='fluxo18' vehsPerHour='64' begin='0' end='3600' route='rota18'
departLane='random'/>
<flow type='moto3' id='fluxo18.1' vehsPerHour='3' begin='0' end='3600' route='rota18'
departLane='random'/>
<flow type='carro3' id='fluxo19' vehsPerHour='20' begin='0' end='3600' route='rota19'
departLane='random'/>

<flow type='carro4' id='fluxo20' vehsPerHour='1' begin='0' end='3600' route='rota20'
departLane='random'/>
<flow type='carro4' id='fluxo21' vehsPerHour='20' begin='0' end='3600' route='rota21'
departLane='random'/>
<flow type='carro4' id='fluxo22' vehsPerHour='28' begin='0' end='3600' route='rota22'
departLane='random'/>
<flow type='carro4' id='fluxo23' vehsPerHour='12' begin='0' end='3600' route='rota23'
departLane='random'/>
<flow type='carro4' id='fluxo24' vehsPerHour='10' begin='0' end='3600' route='rota24'
departLane='random'/>
```

```
<flow type='carro4' id='fluxo25' vehsPerHour='1' begin='0' end='3600' route='rota25'  
departLane='random'/>  
  
<flow type='carro5' id='fluxo26' vehsPerHour='46' begin='0' end='3600' route='rota26'  
departLane='random'/>  
<flow type='moto5' id='fluxo26.1' vehsPerHour='3' begin='0' end='3600' route='rota26'  
departLane='random'/>  
<flow type='carro5' id='fluxo27' vehsPerHour='10' begin='0' end='3600' route='rota27'  
departLane='random'/>  
<flow type='carro5' id='fluxo28' vehsPerHour='84' begin='0' end='3600' route='rota28'  
departLane='random'/>  
<flow type='moto5' id='fluxo28.1' vehsPerHour='9' begin='0' end='3600' route='rota28'  
departLane='random'/>  
<flow type='carro5' id='fluxo29' vehsPerHour='15' begin='0' end='3600' route='rota29'  
departLane='random'/>  
<flow type='carro5' id='fluxo30' vehsPerHour='20' begin='0' end='3600' route='rota30'  
departLane='random'/>  
<flow type='carro5' id='fluxo31' vehsPerHour='1' begin='0' end='3600' route='rota31'  
departLane='random'/>  
<flow type='carro5' id='fluxo32' vehsPerHour='1' begin='0' end='3600' route='rota32'  
departLane='random'/>  
  
</routes>
```

APÊNDICE C – FIGURAS DOS MOVIMENTOS CONSIDERADOS PARA AS CONTAGENS DOS VEÍCULOS

A Figura 30 e a Figura 31 apresentam o cruzamento entre a Av. Getúlio Vargas e as Ruas Piauí e Leite Ribeiro:

- Movimento 4: Rua Piauí seguindo em frente na Rua Leite Ribeiro.
- Movimento 5: Rua Piauí convergindo à esquerda na Av. Getúlio Vargas.
- Movimento 19: Av. Getúlio Vargas convergindo à direita na Rua Leite Ribeiro.
- Movimento 25: Av. Getúlio Vargas seguindo em frente no cruzamento com a Rua Piauí.

Figura 30 - Indicação dos movimentos 4 e 25 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 31 - Indicação dos movimentos 5 e 19 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

A Figura 32 representa o cruzamento entre a Rua São Paulo e a Rua Piauí:

- Movimento 6: Rua São Paulo convergindo à direita na Rua Piauí.
- Movimento 7: Rua Piauí seguindo em frente no cruzamento com a Rua São Paulo.
- Movimento 8: Rua São Paulo seguindo em frente no cruzamento com a Rua Piauí.
- Movimento 26: Rua São Paulo convergindo à esquerda na Rua Piauí.
- Movimento 31: Rua Piauí convergindo à direita na Rua São Paulo.

Figura 32 - indicação dos movimentos 6, 7, 8, 26 e 31 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

A Figura 33 e a Figura 34 mostram o cruzamento entre as ruas Waldemaro S. Maia e Coronel Francisco Gomes:

- Movimento 13: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à esquerda na Rua Waldemaro S. Maia.
- Movimento 21: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à direita na Rua Waldemora S. Maia.
- Movimento 32: Rua Waldemaro S. Maia convergindo à direita na Rua Coronel Francisco Gomes.

- Movimento 33: saída do estacionamento do Hipermercado Fort Atacadista convergindo à esquerda na Rua Coronel Francisco Gomes, em direção à Av. Procópio Gomes.

Figura 33 - Indicação dos movimentos 21, 32 e 33 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 34 - Indicação do movimento 13 da contagem dos veículos.



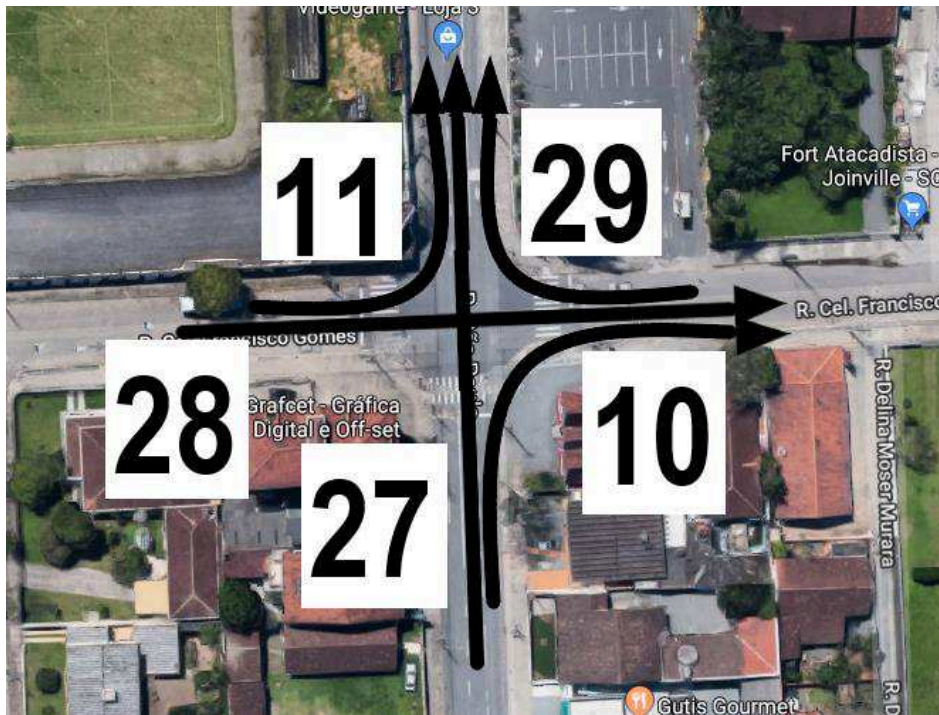
Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

A Figura 35 representa o cruzamento entre a Rua São Paulo e a Rua Coronel Francisco Gomes:

- Movimento 10: Rua São Paulo convergindo à direita na Rua Coronel Francisco Gomes.

- Movimento 11: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à esquerda na Rua São Paulo.
- Movimento 27: Rua São Paulo seguindo em frente no cruzamento com a Rua Coronel Francisco Gomes.
- Movimento 28: Rua Coronel Francisco Gomes seguindo em frente no cruzamento com a Rua São Paulo, em direção à Av. Procópio Gomes.
- Movimento 29: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à direita na Rua São Paulo.

Figura 35 - Indicação dos movimentos 10, 11, 27, 28 e 29 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

A Figura 36 e a Figura 37 detalham o cruzamento entre a Av. Procópio Gomes e a Rua Coronel Francisco Gomes:

- Movimento 12: Av. Procópio Gomes convergindo à direita na Rua Coronel Francisco Gomes.
- Movimento 14: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à direita na Av. Procópio Gomes, em direção às Ruas Florianópolis e Piauí.
- Movimento 15: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à esquerda na Av. Procópio Gomes, em direção às Ruas Florianópolis e Piauí.

- Movimento 20: Rua Coronel Francisco Gomes seguindo em frente no cruzamento com a Av. Procópio Gomes, em direção à Rua São Paulo.
- Movimento 22: Rua Coronel Francisco Gomes seguindo em frente no cruzamento com a Av. Procópio Gomes, em direção à Rua Urussanga.
- Movimento 23: Rua Coronel Francisco Gomes convergindo à esquerda na Av. Procópio Gomes, em direção ao centro.
- Movimento 30: Av. Procópio Gomes seguindo em frente no cruzamento com a Rua Coronel Francisco Gomes, em direção às Rua Florianópolis e Piauí.

Figura 36 - Indicação dos movimentos 14, 20 e 22 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Figura 37 - Indicação dos movimentos 12, 15, 23 e 30 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

E, por fim, a Figura 38 retrata o cruzamento entre as ruas Waldemaro S. Maia, Av. Procópio Gomes, Florianópolis e Piauí, finalizando todos os movimentos contabilizados:

- Movimento 9: Rua Waldemaro S. Maia convergindo à direita na Rua Piauí.
- Movimento 16: Rua Piauí convergindo à esquerda na Rua Waldemaro S. Maia.
- Movimento 17: Av. Procópio Gomes convergindo à direita na Rua Piauí.
- Movimento 18: Av. Procópio Gomes seguindo em frente no cruzamento com a Rua Piauí em direção à Rua Florianópolis.
- Movimento 24: Rua Waldemaro S. Maia convergindo à esquerda na Rua Piauí.

Figura 38 - Indicação dos movimentos 9, 16, 17, 18 e 24 da contagem dos veículos.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).