

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

Diego Benites Paradedda

**IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS PARA
ÔNIBUS: EFEITO DA TROCA MODAL NO TRÂFEGO**

Florianópolis

2015

Diego Benites Paradedda

**IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS PARA
ÔNIBUS: EFEITO DA TROCA MODAL NO TRÁFEGO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas para a obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Werner Kraus Junior.

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Castelan Carlson.

Florianópolis

2015

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

Paradedda, Diego Benites
IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS PARA ÔNIBUS: EFEITO DA
TROCA MODAL NO TRÁFEGO / Diego Benites Paradedda ;
orientador, Werner Kraus Junior ; coorientador, Rodrigo
Castelan Carlson. - Florianópolis, SC, 2015.
95 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Automação e Sistemas.

Inclui referências

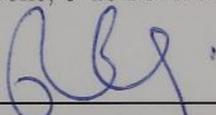
1. Engenharia de Automação e Sistemas. 2. Troca Modal.
3. Transporte Coletivo. 4. Faixas exclusivas para ônibus.
5. Simulação Microscópica. I. Junior, Werner Kraus. II.
Castelan, Rodrigo Castelan. III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Automação e Sistemas. IV. Título.

Diego Benites Paradedá

IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS PARA ÔNIBUS: EFEITO DA TROCA MODAL NO TRÁFEGO

Esta Dissertação foi julgada aprovada para a obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas.

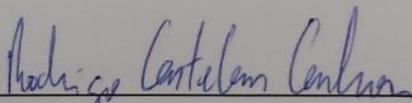
Florianópolis, 9 de Fevereiro 2015.



Prof. Dr. Rômulo Silva de Oliveira
Coordenador do Curso

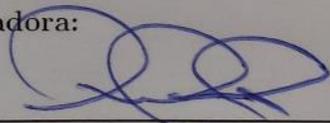


Prof. Dr. Werner Kraus Junior.
Orientador

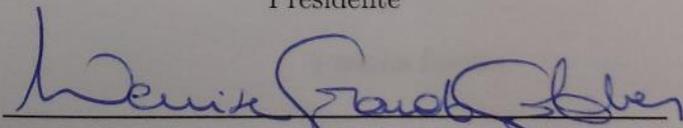


Prof. Dr. Rodrigo Castelan Carlson.
Coorientador

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Werner Kraus Junior
Presidente



Prof. Dra. Lenise Grando Goldner

Manoel M. Castro Neto

Prof. Dr. Manoel Mendouça de Castro Neto

Max Hering de Queiroz

Prof. Dr. Max Hering de Queiroz

A minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a minha mãe por ter me dado todo o suporte inicial desde minha graduação até esse momento, sem ela nada disso seria possível. Ao meu irmão pelo apoio e incentivo mesmo estando distante. Ao meu pai pelas visitas e apoio me dizendo para seguir em frente.

Agradeço também as pessoas que me ajudaram aqui, principalmente a Mônica, Sérgio e Léo, por todo o apoio e contribuição desde que cheguei em Florianópolis me permitindo cursar a pós graduação sem me preocupar com outras coisas.

Agradeço a todos os amigos que mesmo distantes torceram pelas minhas conquistas e a minha namorada Daniela, pelo apoio nesses últimos momentos da dissertação, compreendendo minhas ausências e irritações.

Agradeço ao meu orientador Werner Kraus Junior, não só pela orientação mas por todo o apoio e oportunidades que surgiram ao longo do trabalho que me foram concedidas. Agradeço ao meu coorientador Rodrigo Castelan Carlson por toda a paciência durante o trabalho e na correção da dissertação principalmente.

Agradeço aos professores do Departamento de Automação e Sistemas, pela contribuição nessa nova etapa da minha educação.

Agradeço a todos aqueles que diretamente ou indiretamente ajudaram na construção desse trabalho, seja com apoio moral ou técnico.

Por fim agradeço a CAPES que deu suporte a esse trabalho através de uma bolsa de mestrado.

We cannot solve our problems with the same thinking we used when we created them.

(Albert Einstein)

RESUMO

O incentivo à troca modal do automóvel pelo transporte coletivo e por modos não-motorizados é uma diretriz de política urbana para melhoria da mobilidade. Faixas exclusivas para ônibus, implantação de ciclovias e aumento das áreas para pedestres surgem como efetivadoras desta diretriz. Tais ideias acarretam mudanças de infraestrutura nas cidades através da redução do espaço para circulação de automóveis. Neste contexto, examina-se o efeito de faixas exclusivas para transporte público por ônibus no tráfego de automóveis. O estudo é realizado em simulação microscópica para o acesso à Ilha de Santa Catarina no município de Florianópolis/SC. São analisados aspectos como volume de automóveis, tamanho dos pontos de parada de ônibus, inclusão de faixas exclusivas e a oferta de transporte coletivo para suprir o aumento de usuários devido à troca modal. Analisa-se velocidade média por categoria de veículo como indicador de desempenho. A conclusão do estudo indica que, com as faixas exclusivas propostas, uma troca modal em torno de 20% mantém a velocidade dos automóveis enquanto triplica a velocidade dos ônibus. Os resultados são válidos para o modelo de simulação microscópica empregado. Conclusões sobre o caso real dependem de esforços adicionais para calibração do modelo.

Palavras-chave: Troca modal. Transporte coletivo. Faixas exclusivas para ônibus. Simulação microscópica.

ABSTRACT

Incentives for modal transfer from cars to public transit and non-motorized modes are a guideline for urban policy to improve mobility. Dedicated bus lanes, the installation of bicycle lanes and increased pedestrian areas emerge as the fulfillment of this guideline. These ideas lead to changes in the infrastructure of cities through restrictions for cars. In this context, we examine the effect of the creation of dedicated lanes for public transit in the automobile traffic. The study is performed using microsimulation for the access to the Santa Catarina Island in Florianópolis/SC. The analysis considers aspects such as car flow levels, bus stop size, inclusion of dedicated bus lanes, and the provision of public transit to meet the increase in riders due to modal transfer. The performance indicator analyzed is the average speed per vehicle category. The study conclusion indicates that with the proposed dedicated bus lanes a modal transfer around 20% maintains the speed of car traffic while tripling the speed of buses. The results are valid for the model. Results are valid for the model built in microsimulation. Conclusions about the real case require additional effort in the calibration of the developed model.

Keywords: Modal transfer. Public transit. Dedicated bus lanes. Microscopic simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ônibus vs Carros (Ocupação em duas faixas por veículos e pessoas).....	31
Figura 2	Mapa da localização de Florianópolis no Brasil.....	38
Figura 3	Imagem aérea da área de estudo, com esboço da malha viária modelada.....	39
Figura 4	Rede viária implementada no simulador; círculos representam centróides de origem e destino dos fluxos.....	40
Figura 5	Lazer, US-2 próximo Stevens Pass (VMDA = 3,862); Principal Rural, I-90 próximo Moses Lake (VMDA = 10,533); Urbana Radial, I-90 em Seattle (VMDA = 120,173); Urbana Circunferencial, I-405 em Bellevue (VMDA = 141,550). <i>Fonte: (TRB, 2010)</i>	42
Figura 6	I-25 sul da US-6, Denver. <i>Fonte: (TRB, 2010)</i>	42
Figura 7	Curva VMD de 24 horas.....	44
Figura 8	Volume horário na ponte Pedro Ivo Campos no período estudado.....	45
Figura 9	Valores de fluxo no período de pico considerados no estudo.....	48
Figura 10	Linhas de Transporte Coletivo.....	49
Figura 11	Vias utilizadas por ônibus.....	50
Figura 12	Mapa dos pontos de paradas.....	52
Figura 13	Velocidade de automóveis e ônibus após calibração do modelo.....	54
Figura 14	Perfil do volume de automóveis distribuído ao longo de 24 horas.....	56
Figura 15	Perfil do volume de automóveis distribuído ao longo do período de estudo.....	58
Figura 16	Possíveis rotas e custo tempo de viagem.....	59
Figura 17	Exemplo de uma rota com o mesmo traçado, mudando somente o último trecho.....	60
Figura 18	Volume do transporte coletivo.....	63
Figura 19	Redução do volume dos automóveis com o aumento do volume dos ônibus.....	64
Figura 20	Vias com Corredores Exclusivos.....	66

Figura 21 Cenário atual (Referência).....	68
Figura 22 Fila de ônibus em ponto de parada de 15 metros.....	69
Figura 23 Fila de ônibus em ponto de parada de 50 metros.....	70
Figura 24 Local onde foram propostas intervenções.....	71
Figura 25 Faixa Exclusiva e intervenção na entrada da ponte Gov. Pedro Ivo Campos	73
Figura 26 Faixa exclusiva e intervenção no conflito do bairro Coqueiros.....	74
Figura 27 Faixa exclusiva e intervenção no conflito da Av. Gov. Ivo Silveira.....	75
Figura 28 Cenário considerando as características do Cenário 3 e mudança no tamanho do ponto de parada de 15 para 50 metros...	76
Figura 29 Cenário 1 - sem faixa exclusiva sem troca modal e sem aumento na frota rodante; tamanho do ponto de parada de 15 m..	78
Figura 30 Cenário 1 - sem faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 15 m	78
Figura 31 Cenário 1 - sem faixa exclusiva: velocidade do automóvel com redução de veículos nas vias	79
Figura 32 Cenário 1 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis sem troca modal	80
Figura 33 Cenário 1 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis com troca modal	80
Figura 34 Cenário 2 - sem faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 50 m	81
Figura 35 Cenário 2 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis.....	82
Figura 36 Cenário 3 - com faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 15 m	83
Figura 37 Cenário 3 - com faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo: comparação de velocidades dos automóveis com faixas exclusivas e sem faixas exclusivas para transporte coletivo..	83
Figura 38 Cenário 3 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis.....	84
Figura 39 Cenário 4 - com faixa exclusiva com troca modal para	

transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 50 m	85
Figura 40 Cenário 4 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Volume de veículos fornecido pela campanha “Floripa Te Quero Bem” Fonte: http://infografico.floripatequerobem.com.br/mobilidade	43
Tabela 3	Tabela para estimativa do VMD distribuído em períodos.	45
Tabela 2	Tabela de estimativa de VMD partindo de dados da pesquisa “Floripa Te Quero Bem”	46
Tabela 4	Localização dos pontos de contagem identificados no mapa da Figura 3.	47
Tabela 5	Empresas de Transporte Coletivo: Municipal (Continente - Ilha) e Intermunicipal (São José - Florianópolis, Biguaçu - Florianópolis e Palhoça - Florianópolis)	48
Tabela 6	Horários Transporte Coletivo. STA (Santa Terezinha), ESI (Estrela Intermunicipal), ESM (Estrela Municipal), JOT (Jotur), BIG (Biguaçu) e EMF (Emflotur).....	51
Tabela 7	Localização e número de pontos de paradas.....	51
Tabela 8	Parâmetros do simulador.	54
Tabela 9	Matriz OD para 24 horas.....	55
Tabela 10	Matriz OD para período de estudo considerando 17 % do VMD no pico	57
Tabela 11	Percentual do fluxo direcionado para cada rota	61
Tabela 12	Número de rotas partindo de uma origem para um destino definido ou qualquer outro destino.	61
Tabela 13	Volume automóvel: pesquisa <i>versus</i> simulação	62
Tabela 14	Tabela de sementes aleatórias	67
Tabela 15	Impacto no tempo de viagem gerado pela fila de ônibus em ponto de parada de 15 metros	69
Tabela 16	Impacto no tempo de viagem gerado pela fila de ônibus em ponto de parada de 50 metros	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TP	Transporte Público	29
VLT	Veículo Leve Sobre Trilhos	30
BRT	Bus Rapid Transit	30
TC	Transporte Coletivo.....	30
NDS	Nível-de-Serviço.....	32
TCQSM	Transit Capacity and Quality of Service Manual.....	34
VMDA	Volume Médio Diário Anual (veic/dia)	42
VMD	Volume Médio Diário	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	OBJETIVO	26
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	27
1.3	ABORDAGEM DO PROBLEMA	27
1.4	LIMITAÇÕES	28
1.5	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	28
2	CONCEITOS PRELIMINARES	29
2.1	MODO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS E SUAS CLASSIFICAÇÕES	29
2.1.1	Automóveis <i>versus</i> Transporte coletivo	30
2.2	TROCAL MODAL	32
2.2.1	Fatores de escolha	34
2.2.2	Tempo de viagem	35
3	MÉTODO E ESTUDO DE CASO	37
3.1	ABORDAGEM DE SIMULAÇÃO EMPREGADA	37
3.2	ÁREA DE ESTUDO	37
3.3	VOLUME DE TRÁFEGO	41
3.3.1	Variação Horária	41
3.3.2	Volumes nominais horários	43
3.3.3	Variação de volumes horários	47
3.3.4	Tráfego de ônibus	48
4	CALIBRAÇÃO DO MODELO E DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS	53
4.1	CALIBRAÇÃO DO MODELO VIÁRIO	53
4.2	FLUXOS ORIGEM-DESTINO DO ESTUDO DE CASO .	55
4.3	ROTAS DOS AUTOMÓVEIS NO ESTUDO DE CASO .	59
4.3.1	Cálculo para determinar entrada de ônibus na malha	62
4.3.2	Volume de ônibus e migração para transporte coletivo	63
4.4	CENÁRIOS E EXPERIMENTOS CONSIDERADOS	64
4.5	CENÁRIO 1	67
4.6	CENÁRIO 2	69
4.7	CENÁRIO 3	70
4.8	CENÁRIO 4	76
5	RESULTADOS	77
5.1	CENÁRIO 1 - CASO BASE	77

5.2	CENÁRIO 2 - CASO BASE E PONTOS DE PARADA DE 50 M	81
5.3	CENÁRIO 3 - FAIXAS EXCLUSIVAS E PONTOS DE PARADA DO CASO BASE	82
5.4	CENÁRIO 4 - FAIXAS EXCLUSIVAS E PONTOS DE PARADA DE 50 M.....	84
6	CONCLUSÃO	87
	REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

O incentivo à troca modal do automóvel pelo transporte coletivo e modos não motorizados, é uma diretriz de política urbana para resolver os problemas de mobilidade (Ministério das Cidades, 2007), sendo criada a lei nº 12.587 que institui as diretrizes da política nacional de mobilidade urbana. Por um lado, o espaço viário está congestionado devido à ineficiência do automóvel em termos de capacidade de transporte *versus* ocupação física do espaço. Por outro, congestionamentos deterioram o tráfego de ônibus, tornando as viagens em transporte coletivo demoradas e sem confiabilidade. Assim, usuários que têm opção, acabam por preferir o automóvel, agravando ainda mais o problema da circulação em vias públicas. Como saída para o problema, várias cidades têm optado pela priorização física no sistema viário de modos de transporte coletivos a não motorizados, através de implantações de faixas exclusivas para ônibus, ciclovias e também o aumento das áreas para pedestres (PÚBLICO, 2014; DUARTE, 2011; PARANHOS, 2011; PÚBLICO, 2009).

A implantação de faixas exclusivas para transporte coletivo pode provocar uma deterioração das condições de tráfego de automóveis nos horários de pico, em função da diminuição do espaço viário para circulação de automóveis. Esse efeito acaba sendo percebido como uma piora das condições de mobilidade nas cidades pela parcela da população usuária do automóvel, [ver, por exemplo, (MASSON; VERA, 2013; ROLNIK, 2013)]. Portanto, ainda que possa haver melhora na mobilidade dos usuários de ônibus, a pressão política da parcela automobilista aparece como fator complicador para a tomada de decisão do gestor público em favor do transporte coletivo. Nesse contexto, é importante para o gestor público ter em mãos dados qualitativos e quantitativos sobre os benefícios da implantação das faixas exclusivas, a fim de justificar as decisões de política pública em favor do ônibus.

Considerando-se que é desejável uma política de melhoria substancial do transporte coletivo, duas análises do problema dos níveis necessários de troca modal do transporte individual por automóvel pelo transporte por ônibus são:

- (i) se não houver implantação de faixas exclusivas, estimar quantos automóveis deveriam sair de circulação para haver aumento significativo na velocidade operacional dos ônibus; e
- (ii) com a implantação de faixas exclusivas, determinar quantos au-

tomóveis a menos são necessários para restaurar as condições de tráfego aos níveis anteriores à implantação.

Por pressuposto, as viagens dos usuários de automóveis não podem ser canceladas e, portanto, assume-se que estes usuários migram para o transporte por ônibus, ou seja, há uma troca modal do automóvel pelo ônibus. Em relação às duas alternativas acima, é de se esperar que a taxa de troca modal necessária para aumentar a velocidade dos ônibus, é muito maior em (i) do que em (ii). Desse modo, para se obter transporte coletivo com qualidade através da substituição do automóvel pelo ônibus, parece ser mais adequado implantar faixas exclusivas para ônibus do que tentar políticas de redução do uso do automóvel.

Separar o ônibus do tráfego misto reduz potencialmente os conflitos que resultam em atrasos. Em alguns casos, a velocidade operacional aumenta significativamente com intervenções nas vias como por exemplo, inserindo faixas exclusivas, prioridade semaforica, entre outras. Observa-se ainda, que em (ii) o problema é manter as condições de tráfego para os automóveis apesar da implantação das faixas exclusivas uma vez que a velocidade dos ônibus é garantida por estas. Em (i), o problema é de aumento da velocidade dos ônibus apesar de circular em tráfego misto. Neste caso, considerando válida a hipótese de maior redução dos valores para um mesmo ganho de velocidade para os ônibus, ocorrem melhorias para todos os tipos de veículos que compartilham o mesmo espaço viário. Porém, a opção (i) pode ser mais difícil de atingir por motivos sociais e políticos.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é quantificar as taxas de troca modal necessárias que mantém as condições atuais de tráfego para automóveis obtendo um aumento significativo da velocidade dos ônibus em cenários com e sem faixas exclusivas.

Como objetivo secundário, busca-se quantificar a influência do dimensionamento de pontos de parada na velocidade operacional dos ônibus. O aspecto geométrico do dimensionamento dos pontos responde a questões relativas ao alcance das melhorias que podem ser feitas antes da implantação das faixas e, no caso do sistema com faixas exclusivas, o efeito do aumento da frota rodante nos corredores para o próprio sistema de transporte público.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A principal questão investigada é a determinação da taxa de troca modal necessária para restaurar as condições de tráfego de automóveis aos níveis anteriores à implantação de faixas exclusivas. Com a implantação de faixas exclusivas para ônibus, espera-se que as condições de mobilidade para automóveis piore pela redução do espaço viário. Para fins de comparação com o cenário com faixas exclusivas, examina-se também a taxa de troca modal necessária, no caso *sem faixa exclusiva* para se obter velocidades dos ônibus nos níveis desejados.

A hipótese central deste trabalho é de que, sem a implantação de faixas exclusivas, a taxa de troca modal tem que ser significativamente maior do que no caso com faixas para que a velocidade dos ônibus atinja níveis similares a esse último caso.

Além disso, busca-se determinar se melhorias nos pontos de parada para maior agilidade na atracação/partida dos ônibus, aumentam significativamente a velocidade dos ônibus. A forma normal de operação nos pontos é a parada dos veículos de todas as linhas que passam pelo local, com o estacionamento de um de cada vez. Assim, se um coletivo chega e outro está parado, embarcando e desembarcando passageiros, o condutor deve aguardar para estacionar, permanecendo com as portas fechadas, aumentando o tempo de viagem e diminuindo a velocidade operacional (FERRAZ; TORRES, 2004).

Por último, avalia-se o efeito na velocidade operacional que resulta do aumento da frota rodante de ônibus para atender à demanda oriunda da troca modal. Este ponto é importante, pois pode indicar limites da operação em faixa exclusiva com os itinerários atuais, apontando para necessidade de reestruturações da rede de transporte coletivo.

1.3 ABORDAGEM DO PROBLEMA

Para responder às questões colocadas, aplica-se um método de estudo de caso baseado em simulação microscópica. A modelagem microscópica do fluxo de tráfego é baseada na descrição do movimento individual de cada veículo que está na malha viária. Isso implica modelar as ações dos veículos e reações dos motoristas, tais como, aceleração, desaceleração, troca de faixa, reação de cada motorista a mudanças no tráfego ao longo do seu trajeto.

A partir de uma malha viária ajustada para representar um ce-

nário vigente, realizam-se rodadas de simulação com variação sistemática das demandas de tráfego, anotando-se os indicadores resultantes para determinar qual diminuição da demanda de automóveis levará ao desempenho satisfatório do sistema viário. Tanto cenários com faixas exclusivas como cenários sem faixas exclusivas são testados, visando determinar em qual deles a taxa de troca modal é menor em face da melhoria do sistema de transporte público. Examina-se o impacto na velocidade operacional do ônibus com a colocação de faixas exclusivas e qual o efeito causado pelo aumento do tamanho dos pontos de parada.

1.4 LIMITAÇÕES

A maior limitação do trabalho foi encontrar dados de volumes confiáveis para a realização dos experimentos. Todos os dados de volumes obtidos apresentavam valores que poderiam ser considerados absurdos para o horário e local onde foi feita a medição. Portanto os dados de volumes utilizados nesse trabalho são uma estimativa da realidade, podendo ser utilizado no modelo e não é possível afirmar que representa o volume de veículos em Florianópolis/SC.

Neste trabalho, não se busca compreender as possíveis razões para trocas modais. O foco da pesquisa é estimar qual o nível de troca modal necessário para que a implantação de faixas exclusivas para ônibus não implique em piora nas condições de tráfego para automóveis. Assim, não se questionam as formas como tal troca modal pode vir a se concretizar.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

O documento está organizado conforme segue. O capítulo 2 revisa conceitos relevantes para esta pesquisa. No capítulo 3 é discutido o método e sua aplicação a um caso de estudo. Os cenários considerados e os resultados obtidos são apresentados nos capítulos 4 e 5, respectivamente. Considerações finais constam do capítulo 6.

2 CONCEITOS PRELIMINARES

Neste capítulo, são abordados conceitos relevantes para a pesquisa desenvolvida. Inicia-se com os modos de transporte e sua classificação, fazendo uma comparação entre transporte coletivo e automóvel. Em seguida, são abordados os fatores que influenciam a troca modal do automóvel pelo transporte coletivo, visando situar a importância da velocidade operacional deste último na opção de troca. Após, discute-se como o tempo de viagem e a velocidade de percurso são fatores que influenciam a qualidade do serviço.

2.1 MODO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Os modos de transporte urbano e conceitos operacionais são definidos categorizando de que forma e como o tráfego irá se deslocar. Vias urbanas com tráfego misto são uma categoria nas quais se permite trafegar qualquer tipo de veículo; vias parcialmente separadas por trilhos ou faixas, exigem um maior investimento, mas permitem que o sistema tenha um desempenho melhor do que com o tráfego misto, sendo utilizado normalmente por VLT (Veículo leve sobre trilhos) e ônibus em faixas exclusivas; corredores exclusivos para um determinado tipo de veículo, comportam um modo de transporte rápido como o BRT (Bus Rapid Transit) ou um VLT.

Os modos de transporte e conceitos operacionais podem ser divididos em três categorias básicas, classificadas pelo tipo de transporte, operação e uso. São divididos em privado, para aluguel e público. (VUCHIC, 2007)

- Transporte privado: consiste em veículos privados operados pelos proprietários para uso próprio. O automóvel é o modo mais comum, embora motos, bicicletas e caminhar também pertençam a essa categoria.
- Transporte para aluguel: é um sistema fornecido por um operador, disponível para aqueles que estão dispostos a contratar o serviço. Esse sistema não possui rota fixa e frequência horária, se adaptando às viagens que o usuário necessita, como por exemplo, táxis.

- Transporte público (TP): também chamado de transporte em massa, é um tipo de transporte urbano de passageiros, que possui rotas fixas e frequência horária conhecida pelos usuários. Os sistemas mais representativos nestas categorias são os ônibus, os veículos leves sobre trilhos (VLT), os *Bus Rapid Transit* (BRT) e o metrô.

Nesta dissertação, são considerados o sistema privado com automóveis e o sistema de transporte público por ônibus, também denominado de "transporte coletivo".

O sistema de transporte coletivo (TC) é a chave para reduzir o uso de automóveis e mitigar o problema de mobilidade nas maiores cidades. Usualmente considerado um serviço público que garante a mobilidade para todos os cidadãos, embora geralmente esteja condicionado ao pagamento de uma passagem ou tarifa pelo passageiro. No entanto, para competir com o automóvel, o sistema de transporte coletivo deve prover um serviço de qualidade em qualquer lugar da cidade, a qualquer momento (ESTRADA et al., 2011).

2.1.1 Automóveis *versus* Transporte coletivo

O foco dos serviços de TC é mover pessoas de um lugar para outro. Em contraste com o transporte por automóveis, em que um alto número de veículos é usado para transportar um número razoável de pessoas, o serviço de TC opera com um número de veículos muito menor para transportar uma grande quantidade de pessoas. A capacidade de transporte se concentra no número de pessoas, em passageiros (pax), que podem ser atendidas em um determinado período de tempo, ao invés de número de veículos de TC (GROUP et al., 2013).

A Figura 1 ilustra uma comparação entre veículos e ocupação, utilizando duas faixas de uma rodovia como exemplo. Para os efeitos deste exemplo, assume-se a capacidade de duas faixa da rodovia é igual a 3.500 veic/h sem contar ônibus. Considera-se o espaço ocupado por um ônibus equivale a dois automóveis e que os veículos não param ao longo da rodovia; ônibus e automóveis têm uma média de ocupação de 50 pax/veic e 1.2 pax/veic respectivamente, o que corresponde à ocupação típica de uma grande cidade (GROUP et al., 2013).

Observa-se na Figura 1 que o número de ônibus na faixa aumenta para 350 e a ocupação de passageiros na faixa considerando ônibus e automóveis aumenta de 4.000 para 17.500, enquanto a ocupação dos automóveis na faixa cai de 3.500 para 2800. Assumindo que esses re-

sultados sejam verdadeiros, é possível concluir que, com somente 81 ônibus por hora operando em uma faixa, é possível transportar mais pessoas com uma ocupação da via reduzida para adicionar mais ônibus e ainda, transportar um número maior de pessoas do que uma faixa lotada de automóveis. Esse é um dos motivos do TC ser mais eficiente que automóvel.

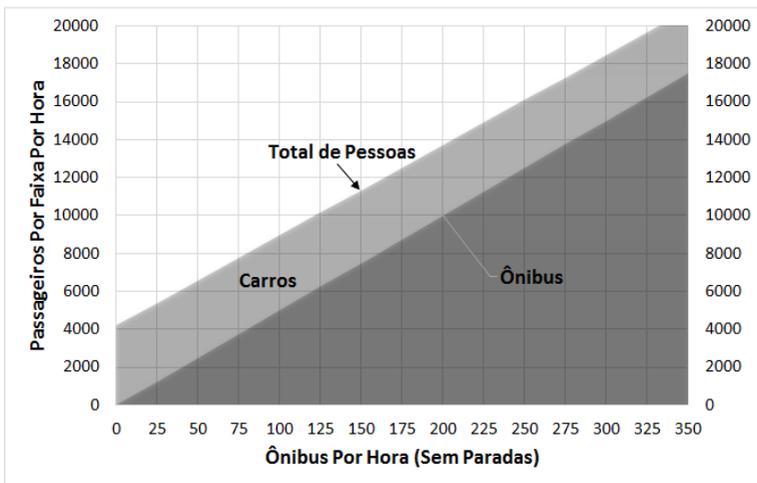
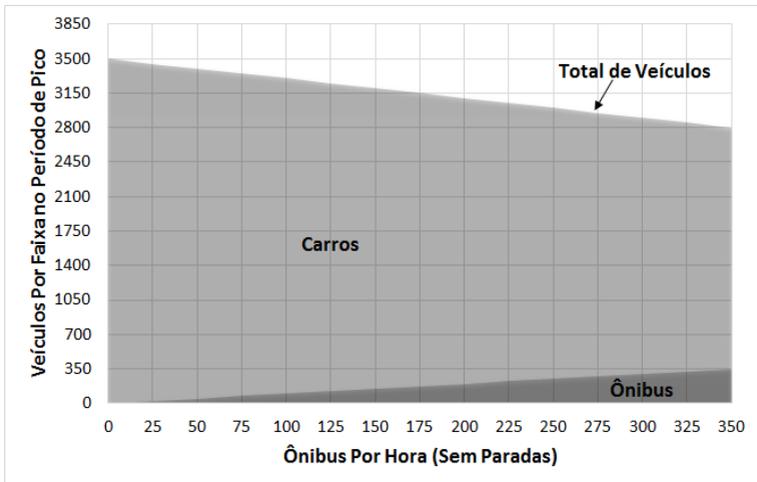


Figura 1: Ônibus vs Carros (Ocupação em duas faixas por veículos e e pessoas)

Uma das características mais importantes para atração e migração de passageiros para o TP, é função do Nível-de-Serviço (NDS). O NDS está geralmente correlacionado com a performance dos sistemas. A atração de passageiros para o TP aumenta significativamente partindo de um sistema onde o ônibus é muito lento, para outro onde ele é mais veloz.(VUCHIC, 2007)

2.2 TROCAL MODAL

Induzir a troca modal requer que o automóvel seja menos atrativo e que os usuários tenham maior confiança e conhecimento sobre os modos de transporte (GROUP et al., 2013; DAVISON; KNOWLES, 2006).

A restrição ao uso do automóvel é uma forma de incentivar os usuários a migrar do transporte privado para o público coletivo. Algumas cidades já utilizam, há algum tempo, políticas de restrição. Por exemplo, na Alemanha (FITZROY; SMITH, 1998) através de cobrança de estacionamentos e aumento da área de pedestres, em São Paulo (HAN; YANG; WANG, 2010) através do rodizio de placas, em Cingapura (HIDALGO; HUIZENGA, 2013) através do pagamento pelo congestionamento e Londres através do pedágio urbano (PRUD'HOMME; BO-CAREJO, 2005).

A restrição ao uso do automóvel isoladamente pode melhorar as condições de tráfego, mas não resolve o problema de mobilidade uma vez que as pessoas continuam com a necessidade de se deslocar. É preciso fornecer um transporte coletivo de qualidade. (CONSULTANCY, 2003; VEDAGIRI; ARASAN, 2009).

A própria melhoria do TC pode ser realizada, a fim de motivar a migração e reduzir a dependência do automóvel. Aumentar a capacidade do sistema de transporte, implantar faixas exclusivas para ônibus, paradas de ônibus atrativas, seguras e confortáveis e sistema de informação estão entre as iniciativas que podem ser implementadas e aumentar a migração para o TC.

Há diversos outros fatores que também afetam a escolha pelo transporte coletivo, tais como: disponibilidade, dificuldade de transbordo, conforto e valor da tarifa (ZHANG; LI; WANG, 2007). Além disso, um possível complicador é o fato que uma parcela dos usuários de automóvel, reconhece que não tem necessidade de dirigir, mas mesmo assim, opta por fazê-lo (HANDY; WESTON; MOKHTARIAN, 2005).

Em Handy, Weston e Mokhtarian (2005) o objetivo da pesquisa é explorar as escolhas de condução que as pessoas utilizam, em particular

por opção ou necessidade. Foram feitas perguntas para os motoristas, para descobrir as razões das excessivas viagens. As respostas aos variados questionamentos fornecem informações sobre como o motorista se sente ao dirigir, o que ele faz enquanto dirige, qual o caminho que utiliza e se escolhe um diferente por algum motivo, os hábitos, a falta de planejamento que faz com que ele volte a dirigir, a falta de atenção do motorista e a falta de informação, fazendo com que ele se locomova sem necessidade. Um dos pontos importantes no resultado da pesquisa é referente à falta de informação. Muitos entrevistados responderam que não conhecem suficiente o serviço de ônibus para realizar a troca modal. Não ficou claro nas entrevistas, quando o serviço de ônibus se torna viável para o participante. Entrevistados sugeriram que é preciso ter uma experiência e conhecimento sobre utilizar o serviço de ônibus e alguns desses estão dispostos a experimentar o sistema avaliando sua eficiência.

As cidades cada vez mais tentam encontrar alternativas para melhorar o problema do transporte coletivo. Uma delas é a implantação de faixas exclusivas nas principais rotas, priorização em interseção e semáforos, ou até mesmo a utilização de BRT.

O *Bus Rapid Transit* (BRT) é um sistema de transporte de ônibus que proporciona mobilidade urbana rápida, confortável e com custo eficiente através da provisão de infra estrutura segregada com prioridade de passagem, operação rápida e frequente e excelência em marketing e serviço ao usuário. O sistema BRT não propõe apenas uma mudança na frota ou na infraestrutura do transporte público coletivo. Mas sim um conjunto de mudanças que juntas formam um novo conceito de mobilidade urbana. Nesse sistema deve ser realizada a substituição permanente do trânsito individual por um atrativo transporte coletivo, promovida a segurança e a proteção para os seus passageiros, a redução de CO₂ bem como a diminuição de congestionamentos (ARIAS et al., 2008).

Os números de troca modal em sistemas reais de BRT da Austrália são encorajadores (CURRIE et al., 2006). Os sistemas *Adelaide North East Bus Way* (ANEB), *Sydney Transitway* (SLPT) e *Brisbane SE Busway* (BSEB) atraíram, respectivamente, 24%, 56% e 56% novos passageiros, sendo alguns, oriundos de novas viagens. No ANEB, 40% dos novos passageiros dirigiam automóveis antes da mudança, enquanto a proporção foi de 26% e 9% no BSEB e no SLPT, respectivamente.

As principais razões que fazem com que o usuário migre para o transporte coletivo, estão ligadas à qualidade do serviço. O tempo de viagem, velocidade, custo e distância até o transporte coletivo são

fatores que influenciam na escolha (SOEHODHO; NAINGGOLAN, 2005; NURDDEN; RAHMAT; ISMAIL, 2007). A percepção do usuário com relação à conveniência e frequência, também exercem influência significativa na escolha do transporte (GEBEYEHU; TAKANO, 2007).

2.2.1 Fatores de escolha

Atualmente, os problemas mais significativos em relação ao sistema de transporte coletivo são relativos ao baixo nível de serviço, reclamações referentes à baixa velocidade, falta de conforto e dificuldade de transbordo. Se o transporte coletivo alcançar uma velocidade maior, conseqüentemente será possível obter um tempo de viagem menor (ZHANG; LI; WANG, 2007).

Uma área emergente na medição do desempenho de tráfego indica o impacto que o trânsito causa nos passageiros e na comunidade como um todo. Medidas que refletem a qualidade do serviço aos passageiros, podem ser encontrados no *Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM)* (GROUP et al., 2013). De acordo com informações fornecidas por usuários, três pontos importantes podem melhorar o serviço (GROUP et al., 2013). São eles:

- **Maior frequência:** reduz o tempo que o passageiro irá esperar pelo ônibus. O serviço frequente faz com que o passageiro acredite de que não precisará esperar muito tempo para o próximo coletivo chegar.
- **Menor tempo de viagem:** faixas exclusivas, rotas mais eficientes e prioridade semafórica reduzem a média do tempo de viagem dos passageiros e melhoram o indicador de velocidade, mostrando as pessoas que o transporte está mais veloz.
- **Confiabilidade:** faixas exclusivas e controle de prioridade semafórica ajudam a manter a regularidade do horário. O sistema também permite que ônibus atrasados recuperem o tempo perdido. Serviços mais confiáveis reduzem o tempo de espera do usuário nas paradas e ajudam a manter a ocupação dos ônibus, como ocorre com ônibus atrasados que tendem a pegar mais passageiros do que o normal, atrasando ainda mais seu horário.

2.2.2 Tempo de viagem

Dos fatores que contribuem para a escolha do transporte coletivo em viagens urbanas, um dos que mais se destacam é o tempo total de viagem. Para o transporte coletivo, este é dado pela soma do tempo dispendido desde a origem até o embarque, do tempo de percurso, do tempo desde o desembarque até o destino (GROUP et al., 2013).

Há indicação na literatura sobre as oportunidades desperdiçadas para o uso do transporte coletivo em função de percepções errôneas dos tempos de viagem envolvidos. Exel e Rietveld (2010), por exemplo, citam um estudo de Kropman e Katteler (1990) revelando que 83% dos motoristas entrevistados no período de pico da manhã teriam como utilizar o transporte coletivo para sua viagem, mas apenas um em cada seis desses motoristas enxergava o transporte coletivo como uma alternativa. Isto se devia em grande parte pelo desconhecimento do tempo e custo de viagem.

Do ponto de vista dos tempos fora do percurso, fatores como a aderência dos ônibus ao quadro de horários e uma boa cobertura da rede de transporte, melhoram as percepções dos usuários. Já do ponto de vista do tempo de percurso, interessa ao passageiro a percepção de que a velocidade no itinerário seja competitiva com o automóvel.

Estudos por simulação microscópica de faixas exclusivas para ônibus têm sido realizados, a fim de avaliar o desempenho de certas características geométricas de projeto. Patankar et al. (2007), por exemplo, avaliam um corredor de BRT considerando a velocidade ao longo do itinerário, antes e depois da implantação. Um aumento de 12 km/h para 30 km/h é descrito para o caso estudado, indicando que não só há percepção do usuário de que o ônibus está veloz, mas também que a velocidade realmente é maior.

A velocidade que o passageiro irá observar é a velocidade média do seu trajeto origem/destino, incluindo o acesso, espera, em trânsito e transferências.

3 MÉTODO E ESTUDO DE CASO

Conforme discutido na introdução, esta seção apresenta o método de análise de questões associadas ao efeito das faixas exclusivas sobre as condições de tráfego para auxiliar na justificativa de decisões sobre priorização do transporte público.

3.1 ABORDAGEM DE SIMULAÇÃO EMPREGADA

Para realização do estudo de caso usa-se a simulação microscópica. Opta-se pela simulação microscópica com o simulador AIMSUN versão 8.0.3 (TSS, 2014) devido à capacidade deste em simular interações individuais entre automóveis e ônibus, aspectos de semaforização e tamanho dos pontos de parada. O modelo da rede viária de interesse foi elaborado a partir de dados geométricos obtidos de mapas digitais disponíveis na internet (GOOGLE, 2013) os quais possuem precisão suficiente para a análise realizada. Esses dados são mais adequados que aqueles adquiridos do plano diretor de Florianópolis (Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2014) por mostrar com mais detalhes o espaço viário modelado.

O indicador de desempenho adotado é a velocidade operacional, considerada como a medida de maior efeito na qualidade de serviço dos passageiros (GROUP et al., 2013). Outros indicadores não considerados como medida de desempenho do sistema são: frequência das linhas (equivalentemente, o *headway* de serviço), aderência aos planos de horários, lotação dos veículos e custo do transporte (e seu reflexo na tarifa), os quais também têm efeitos nas decisões de troca modal. Exceto por esse último, o ambiente de simulação usado tem condições de fornecer tais indicadores, caso desejado pelo avaliador do sistema.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é estabelecida em Florianópolis (Figura 2) capital do estado de Santa Catarina evidenciando o acesso à Ilha. Florianópolis é dividida em continente e ilha, sendo o principal acesso à ilha a ponte Governador Pedro Ivo Campos e ao Continente a ponte Governador Colombo Machado Salles. Sendo a ilha um grande polo gerador de tráfego.

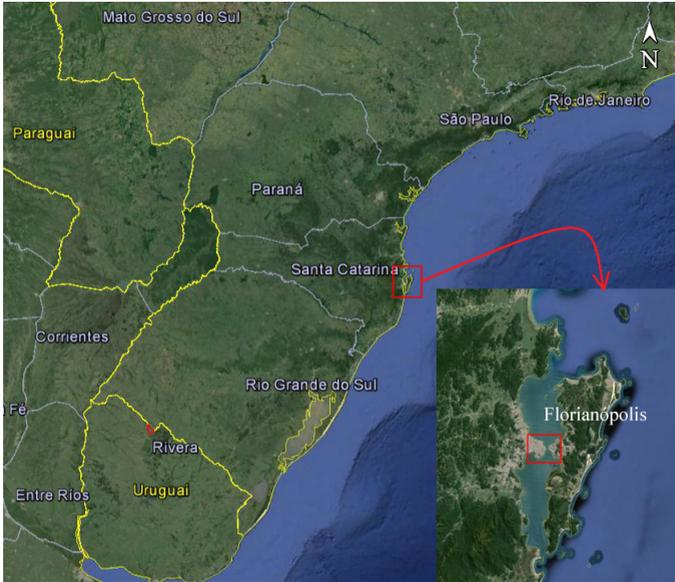


Figura 2: Mapa da localização de Florianópolis no Brasil.

Grande parte administrativa do governo do estado está localizada na ilha, contando ainda com duas universidades públicas e um instituto federal, e outros serviços essenciais ou de lazer para a população, tais como hospitais, shoppings, praias, entre outros. Portanto tem-se um deslocamento populacional para todo tipo de atividade, seja para trabalho, educação ou lazer. Conseqüentemente, a ilha é um grande polo gerador de tráfego e atrai ou produz um grande número de viagens, que por sua vez têm reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em certos casos, prejudica a acessibilidade de toda a área de acesso à ilha, além de agravar as condições de segurança de veículos e pedestres (DENATRAN; FGV, 2004).

Atualmente a situação do acesso a Florianópolis conta com um alto volume de tráfego que gera congestionamentos em todos os pontos de acesso à ilha, em vários períodos ao longo de todo dia.

As vias modeladas estão representadas pelo mapa da Figura 3.

O modelo de simulação compreende uma extensão de 36 km de via e 98 interseções.

Os volumes de tráfego modelados consideram as categorias automóvel e ônibus, com as quantificações de cada categoria sendo obtidas conforme apresentado na Seção 3.3.2.



Figura 3: Imagem aérea da área de estudo, com esboço da malha viária modelada.

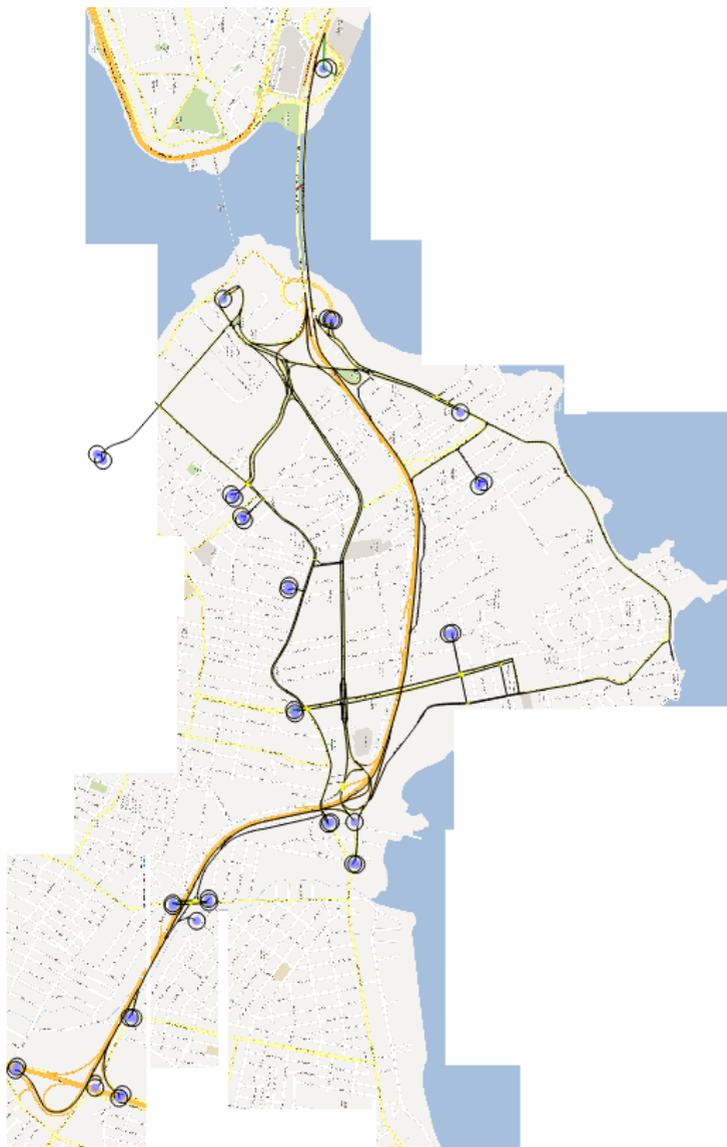


Figura 4: Rede viária implementada no simulador; círculos representam centróides de origem e destino dos fluxos.

3.3 VOLUME DE TRÁFEGO

O volume de tráfego contado em um determinado dia não reflete necessariamente a quantidade de tráfego que será contado em um dia seguinte. Conforme o dia da semana e por uma determinada hora do dia esse volume varia. A contagem de tráfego fornece somente uma parte do volume observado, conseqüentemente, o volume atual pode ser difícil de identificar. Em TRB (2010), pode ser encontrado o comportamento das variações de volume por ano, mês e dia de estudos de caso, que pode orientar o pesquisador sobre um perfil de volume, ressaltando que o perfil varia com o comportamento de cada local.

3.3.1 Variação Horária

A frequência do padrão com que a variação horária se repete é de grande importância. A estabilidade do volume no período de pico, afeta a forma que os dados serão utilizados nas análises da rede.

Análises do volume de tráfego normalmente focam no período de pico porque representa o momento mais crítico para operações durante o qual há maior exigência de capacidade da via. O período de pico não é constante durante os dias e horários. Vias urbanas, porém, têm pouca variação do volume de automóveis no período de pico. Isso ocorre porque muitas pessoas com frequência se deslocam para trabalhar no mesmo horário.

A Figura 5 ilustra um exemplo com a relação do volume horário medido em 4 tipos de rodovias em Washington/Estados Unidos, nas 200 horas com o mais elevado volume de tráfego no período de pico.

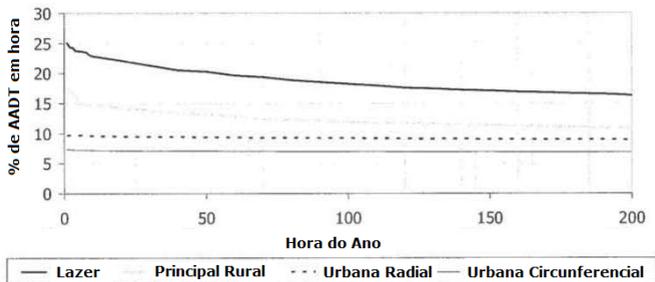


Figura 5: Lazer, US-2 próximo Stevens Pass (VMDA = 3,862); Principal Rural, I-90 próximo Moses Lake (VMDA = 10,533); Urbana Radial, I-90 em Seattle (VMDA = 120,173); Urbana Circunferencial, I-405 em Bellevue (VMDA = 141,550). *Fonte: (TRB, 2010)*

A Figura 6 ilustra outro exemplo sobre o comportamento do tráfego no período de pico na cidade de Denver/Estados Unidos, onde há variação em dois momentos: quando a rodovia não havia sido alargada e após o alargamento. Quando não havia o alargamento, o pico se estendia pela manhã no horário 6h e 10h, representado pela linha tracejada. Após o alargamento, ocorreu um aumento de capacidade da via e o pico fica concentrado no período da manhã, entre 6h e 8h30min.

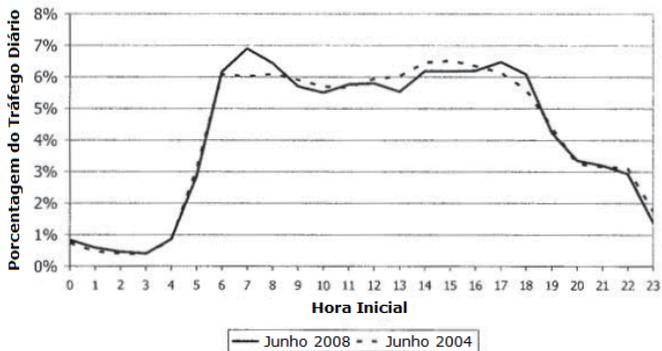


Figura 6: I-25 sul da US-6, Denver. *Fonte: (TRB, 2010)*

3.3.2 Volumes nominais horários

A campanha denominada “Floripa Te Quero Bem” (INSTITUTO MAPA, 2013) teve como objetivo mobilizar diversos segmentos da sociedade para construir e se comprometer com uma agenda que contribua para tornar Florianópolis uma cidade mais solidária e sustentável. Segundo a pesquisa realizada durante a campanha, o carro é o modo mais utilizado durante a semana em Florianópolis. Com o aumento crescente da frota (aproximadamente 200 mil automóveis e 40 mil motocicletas em 2012), o tráfego está cada vez mais intenso, com cerca de 178 mil veículos circulando diariamente, em ambos os sentidos, nas duas pontes que ligam ilha e continente.

Os dados da contagem de tráfego, usados na simulação, foram obtidos através da pesquisa citada, onde o volume médio diário (VMD) é fornecido através de 4 pontos de contagem. Com base na pesquisa, foi possível estimar o VMD que trafega na ponte no sentido ilha e fazer uma estimativa do VMD de cada acesso individualmente. A Tabela 1 representa os dados coletados e que serviram de base para estimar a curva do VMD.

É considerado no estudo somente o volume de automóveis. Na travessia da Ponte Pedro Ivo que dá acesso à Ilha de Santa Catarina, o VMD é de 83.757 automóveis.

Tabela 1: Volume de veículos fornecido pela campanha “Floripa Te Quero Bem” Fonte: <http://infografico.floripatequerobem.com.br/mobilidade>

Local	Veículo	Frequência	Volume (veic)
Av. Gov. Ivo Silveira	Motos		1.460
	Automóveis	Diário	7.463
	Caminhões/Ônibus		1.522
BR-282 Via Expressa	Motos		6.031
	Automóveis	Diário	41.727
	Caminhões/Ônibus		2.366
Cap. Euclides de Castro Parque Coqueiros	Motos		1.534
	Automóveis	Diário	13.097
	Caminhões/Ônibus		365
Alça de Entrada Pte. Gov. Pedro Ivo Campos	Motos		2.127
	Automóveis	Diário	21.470
	Caminhões/Ônibus		3.223
Total	Motos		11.152
	Automóveis	Diário	83.757
	Caminhões/Ônibus		5.110

Para traduzir os dados de VMD em perfil horário de demanda de tráfego no horário de pico, são consideradas duas premissas:

- 17% do VMD situa-se nas duas horas de pico da manhã (6h30min a 8h30min) (TRB, 2010).
- tráfego muito baixo entre 0h00min e 5h00min.

A Tabela 2 é uma estimativa de distribuição do volume nos centróides de origem, partindo dos volumes dos pontos de contagem, esses identificados na Tabela 4.

A tabela é separada na primeira linha pelos nomes das vias onde estão localizados os pontos de contagem por onde os veículos passaram, e na primeira coluna os centróides de origem de onde partem os veículos. Feito a distribuição do volume nas centróides para um VMD de 24 horas, foi feito a estimativa do volume horário.

A Figura 7 ilustra o VMD em 24 horas separado por período, baseado na Tabela 3 e o VMD no período de estudo partindo da mesma tabela é ilustrado na Figura 8.

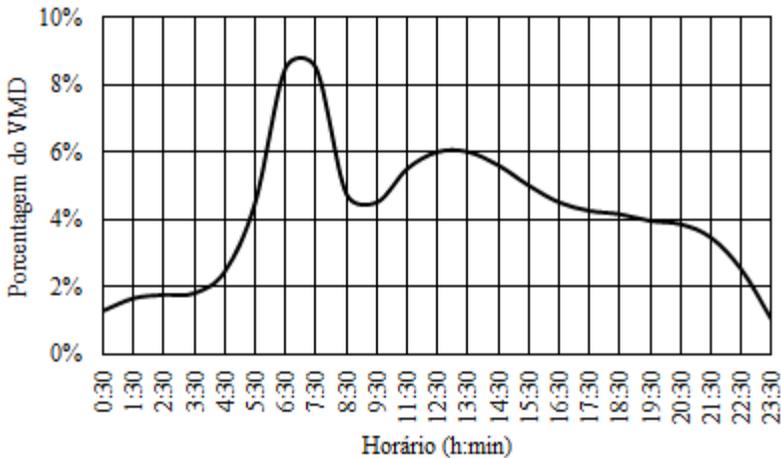


Figura 7: Curva VMD de 24 horas.

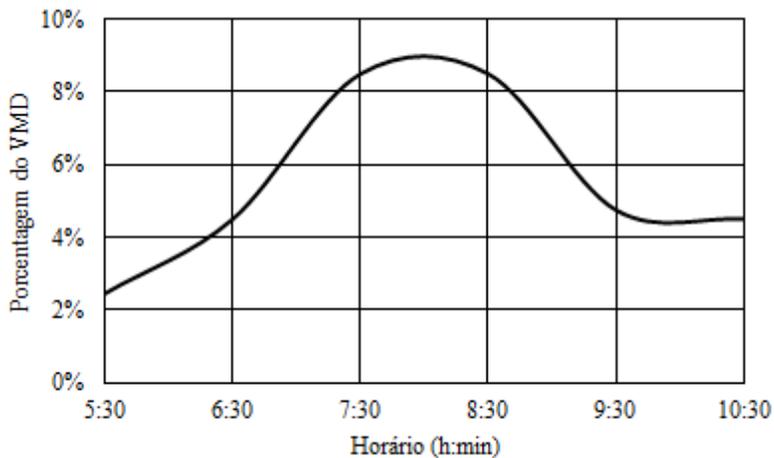


Figura 8: Volume horário na ponte Pedro Ivo Campos no período estudado.

Tabela 3: Tabela para estimativa do VMD distribuído em períodos.

Período	Percentual (%)	Demanda Volume (Veic)
00:30-01:30	1,28	1072
01:30-02:30	1,65	1381
02:30-03:30	1,75	1465
03:30-04:30	1,8	1507
04:30-05:30	2,45	2052
05:30-06:30	4,5	3769
06:30-07:30	8,5	7119
07:30-08:30	8,5	7119
08:30-09:30	4,75	3978
09:30-10:30	4,5	3769
10:30-11:30	4,57	3827
11:30-12:30	5,5	4606
12:30-13:30	6	5025
13:30-14:30	6	5025
14:30-15:30	5,6	4690
15:30-16:30	5	4187
16:30-17:30	4,5	3769
17:30-18:30	4,25	3559
18:30-19:30	4,15	3475
19:30-20:30	3,95	3308
20:30-21:30	3,85	3224
21:30-22:30	3,45	2889
22:30-23:30	2,5	2093
23:30-00:30	1	837
Total	100	83757

Tabela 2: Tabela de estimativa de VMD partindo de dados da pesquisa "Floripa Te Quero Bem"

Origem	BR-282 (Via Expressa)	(x) %	Ivo Silveira	(x) %	Cap. Euclides de Castro Parque Coqueiros	(x) %	Juscélio Kubischek	(x) %	Eurico Gaspar Dutra	(x) %	Quatorze de Julho	(x) %	Total
Ivo Silveira	11.683	28	3.731	50	3.929	30	84	2	0	0	0	0	19.428
Br 101 Norte	25.036	60	373	5	65	0,5	42	1	0	0	0	0	25.516
Br 101 Sul	4.172	10	373	5	65	0,5	42	1	0	0	0	0	4.653
Eurico Gaspar Dutra	0	0	0	0	0	0	0	0	7.844	80	0	0	7.844
Josue Di Bernardi Norte	208	0,5	149	2	65	0,5	42	1	0	0	0	0	465
Josue Di Bernardi Sul	208	0,5	149	2	65	0,5	42	1	0	0	0	0	465
Avelino Mafra	417	1	149	2	65	0,5	42	1	0	0	0	0	674
Patricio Caldeira	0	0	746	10	654	5	84	2	0	0	0	0	1485
Rosinha Campos	0	0	0	0	3.437	26,25	0	0	0	0	0	0	3.437
Quatorze De Julho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7463	100	7463
Santos Saraiva Sul	0	0	746	10	916	7	2.521	60	0	0	0	0	4.184
Benedito Terezio	0	0	0	0	0	0	420	10	980	10	0	0	1.400
Luiz Gualberto	0	0	0	0	0	0	420	10	980	10	0	0	1.400
Gil Costa	0	0	1.044	14	0	0	462	11	0	0	0	0	1507,04
Santos Lostada	0	0	0	0	3.830	29,25	0	0	0	0	0	0	3.830
(x)Total (Ponto de contagem)	41727	100	7463	100	13097	100	4202	100	9805	100	7463	100	83757

Alguns trechos da malha viária não possuem pontos de contagem, como exemplo na Tabela 4 os locais 4.1. 4.2 e 4.3 se somados representam o volume contado no ponto de contagem "Alça de Entrada Pte. Gov. Pedro Ivo Campos". Nesses trechos, foi adotado o volume de tráfego de tal maneira que o volume na ponte fosse equivalente ao medido. Assim, alguma via com volume estimado, pode apresentar um volume baixo ou alto para o período que está sendo analisado, porém sem afetar o volume equivalente representado na ponte.

Tabela 4: Localização dos pontos de contagem identificados no mapa da Figura 3.

Local	Sub Local	ID Ponto
BR-282 (Via Expressa)		P1
Ivo Silveira		P2
Cap. Euclides de Castro		P3
Parque Coqueiros		
Alça de Entrada Pte.	Juscelino Kubitschek	P4.1
Gov. Pedro Ivo Campos	Eurico Gaspar Dutra	P4.2
	Quatorze de Julho	P4.3

3.3.3 Variação de volumes horários

Para fins de quantificação dos efeitos da troca modal, são consideradas reduções gradativas dos volumes no período de pico entre 6h30min e 8h30min, em passos de 10%, em relação ao volume nominal até o limite de 60% de redução, ilustrado pela Figura 9. Centrar as reduções somente no período de pico pode ser justificado com base na ideia da implantação de políticas de restrição à circulação nesses horários, tais como: rodízios de placas como em São Paulo (HAN; YANG; WANG, 2010), pedágio urbano como em Cingapura (HIDALGO; HUIZENGA, 2013), ou mesmo, pela reação espontânea dos motoristas através da percepção do aumento da qualidade (rapidez) do transporte coletivo (GEBEYEHU; TAKANO, 2007).

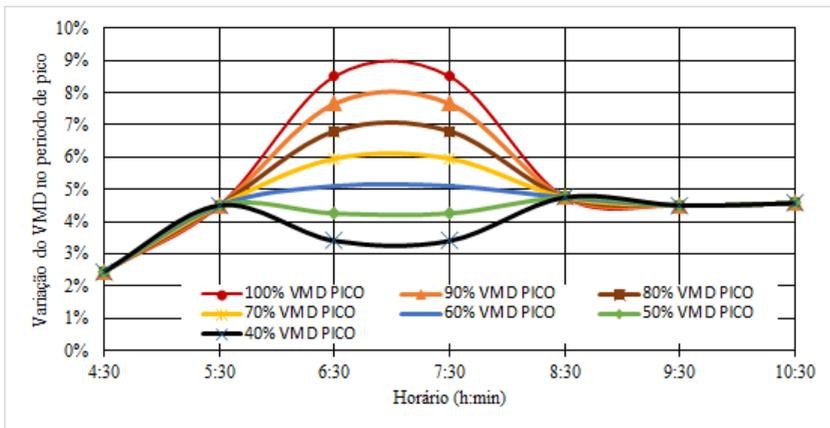


Figura 9: Valores de fluxo no período de pico considerados no estudo

3.3.4 Tráfego de ônibus

O transporte coletivo na região de estudo é composto por transporte municipal e intermunicipal. As linhas, horários e itinerários dos ônibus foram obtidos, a partir da divulgação nos sítios das empresas de ônibus (Auto Viação Imperatriz, 2014; Biguaçu Transportes, 2014; JOTUR, 2014; Santa Terezinha, 2014; Transporte Coletivo Estrela, 2014), vigente no ano de 2012. Os ônibus fazem o deslocamento acessando a ilha através da ponte Pedro Ivo. Na maior parte das linhas, o ponto de destino é o Terminal de Integração do Centro (TICEN), localizado na ilha. As empresas que operam na região estão ilustradas na Tabela 5.

Tabela 5: Empresas de Transporte Coletivo: Municipal (Continente - Ilha) e Intermunicipal (São José - Florianópolis, Biguaçu - Florianópolis e Palhoça - Florianópolis)

Empresas	TIPO	
	Municipal	Intermunicipal
Estrela (ESI, ESM)	*	*
Jotur (JOT)		*
Biguaçu (BIG, EMF).		*
Imperatriz (IMP)		*
Santa Terezinha (STA)		*

A Figura 10 ilustra o quantitativo de linhas que operam no horário de estudo. As empresas operam outras linhas além das 144 con-

sideradas no estudo, que não são consideradas por não pertencerem ao período de estudo.

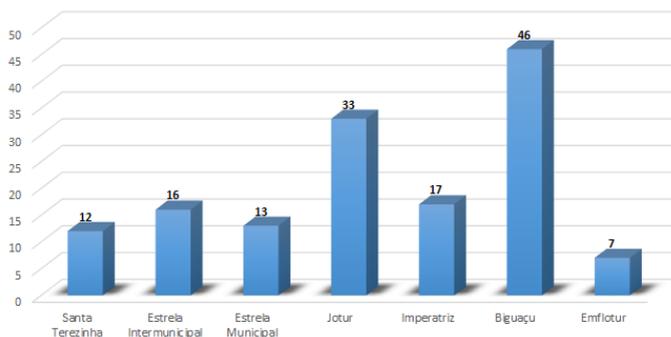


Figura 10: Linhas de Transporte Coletivo Dividido por Empresas

As linhas selecionadas são aquelas que, de alguma forma, utilizam as vias da Figura 11 como parte do seu trajeto para acessar a ponte. O ponto final de todas as linhas consideradas no estudo é o TICEN, citado anteriormente.



Figura 11: Vias utilizadas por ônibus

A Tabela 6 inclui as frequências horária por período para cada empresa.

Tabela 6: Horários Transporte Coletivo. STA (Santa Terezinha), ESI (Estrela Intermunicipal), ESM (Estrela Municipal), JOT (Jotur), BIG (Biguaçu) e EMF (Emflotur).

Intervalos (a.m)	Empresas e Frequência Horária							Total
	STA	ESI	ESM	JOT	IMP	BIG	EMF	
04:30;05:30	3	1	0	3	6	0	1	14
05:30;06:30	13	19	18	46	13	55	9	173
06:30;07:30	14	46	39	51	14	96	14	274
07:30;08:30	10	28	18	29	6	51	2	144
08:30;09:30	7	17	14	24	4	37	0	103
09:30;10:30	1	12	9	17	3	26	0	68
04:30;10:30	48	123	98	170	46	265	26	776

Os pontos de parada considerados na simulação estão descritos na Tabela 7 e identificados na Figura 12, a localização das vias pode ser encontrada na Figura 11. O tempo de embarque e desembarque de cada ponto de parada foi definido com 25 segundos. Não há número de passageiros que embarcam e desembarcam em cada ponto para adotar um valor específico para cada ponto, assim o tempo escolhido é uma estimativa.

Tabela 7: Localização e número de pontos de paradas

ID	Via	Quant. Pontos
S1	Rua Prefeito Dib Cherem	2
S2	Avenida Santos Saraiva	9
S3	Rua General Eurico Gaspar Dutra	2
S4	Rua João Meirelles	6
S5	Rua Desembargador Pedro de Silva	4
S6	Avenida Engenheiro Max de Souza	4
S7	Rua Capitão Euclides de Castro	1
S8	Avenida Governador Ivo Silveira	8
Total		36

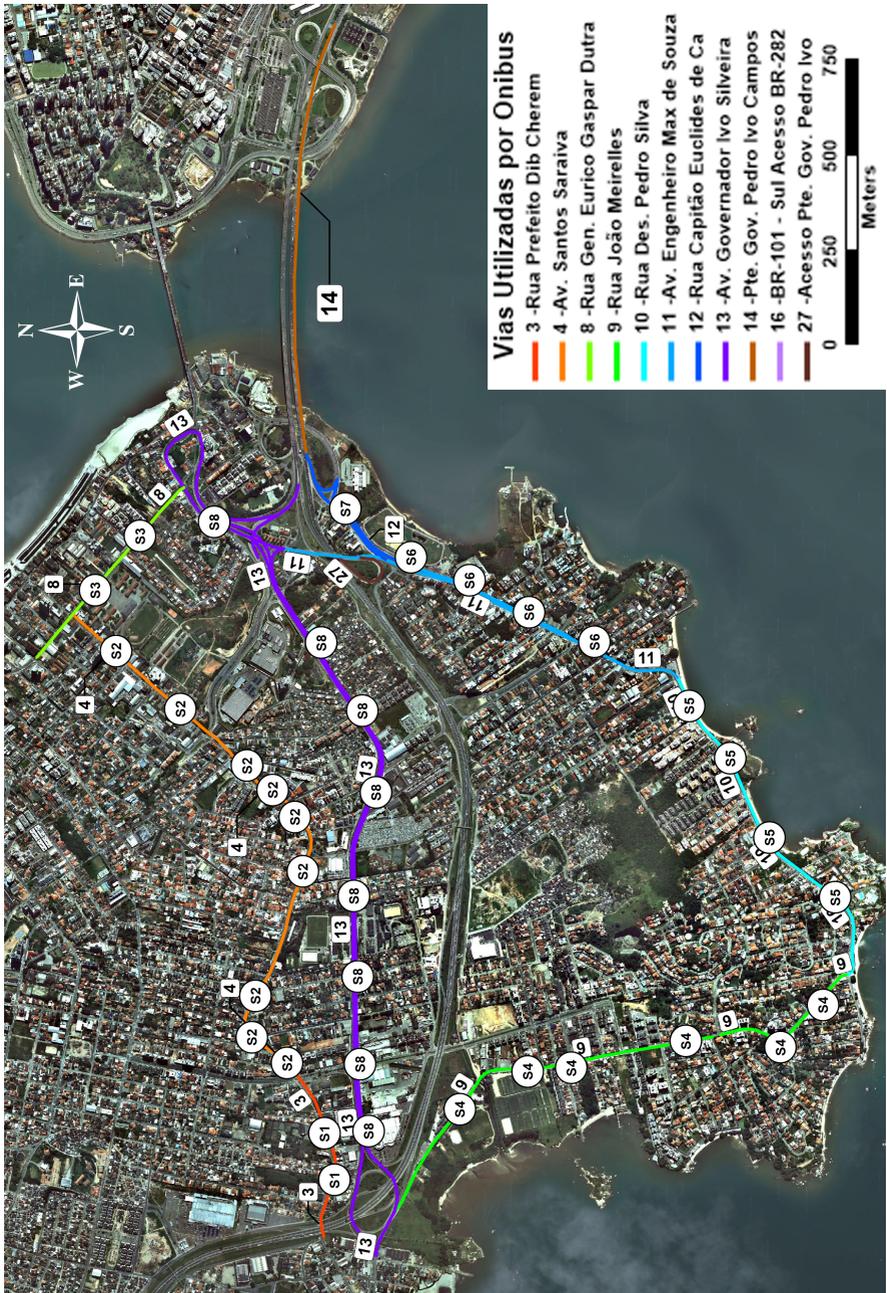


Figura 12: Mapa dos pontos de paradas

4 CALIBRAÇÃO DO MODELO E DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

Esse capítulo trata da calibração do modelo viário e dos cenários. A calibração da rede é realizada modificando os valores padrão dos parâmetros do simulador, com a finalidade de obter em simulação, condições de tráfego similares ao que é observado na realidade. Os cenários são utilizados para responder as questões levantadas sobre o efeito da implantação de faixas exclusivas no tráfego. A Seção 4.1 trata da calibração do modelo; a Seção 4.2 da alocação de tráfego no simulador; a Seção 4.3 corresponde às rotas escolhidas para o deslocamento de tráfego de automóveis e à implementação dos cenários; a Seção 4.4 trata das particularidades de infraestrutura de cada cenário na simulação.

4.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO VIÁRIO

O modelo de simulação foi ajustado qualitativamente devido à impossibilidade de se realizar coletas de campo, em função da grande extensão da rede, para obter indicadores para uma calibração quantitativa. Busca-se reproduzir condições de tráfego similares às observadas empiricamente no trecho estudado, baseando-se na extensão das filas formadas na malha viária. Não houve medição sistemática das velocidades médias de percurso ao longo do período simulado; consideram-se válidas as declarações de operadores de ônibus que relatam velocidades comerciais em torno de 12 km/h na hora-pico (RBS, 2014).

Por conseguinte, os resultados devem ser interpretados como válidos para a situação simulada, a qual é similar à existente na malha estudada de um ponto de vista qualitativo. Naturalmente, a segurança da transposição das conclusões para o caso real aumenta com o aumento da qualidade dos indicadores disponíveis para calibração. Inclusive, pretende-se estudar novamente o modelo desenvolvido quando estiverem disponíveis os indicadores obtidos por medições em campo no contexto do projeto PLAMUS (PLAMUS, 2014). A Figura 13, obtida em simulação, ilustra a velocidade operacional do ônibus de 11,3 km/h na hora-pico, próxima da declarada por operadores de ônibus. Para o automóvel não há medições de velocidades em campo que possam ser comparadas.

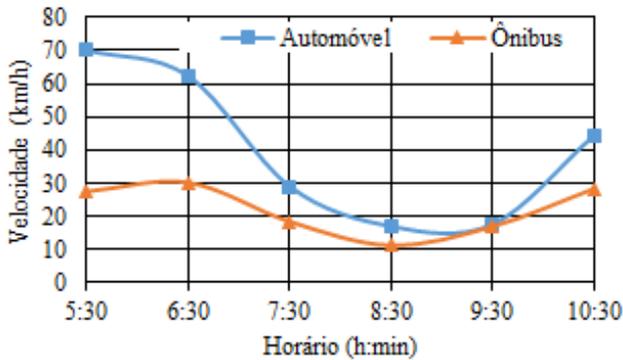


Figura 13: Velocidade de automóveis e ônibus após calibração do modelo.

Os parâmetros de calibração da Tabela 8 foram modificados do seu valor padrão no simulador para um ajuste fino do comportamento da rede. Parâmetros globais são aqueles que afetam o comportamento de todos os veículos que entram na rede, sendo considerados parâmetros estáticos (por exemplo, o Passo de Simulação). Parâmetros locais são aqueles que afetam o comportamento dos veículos em um determinado momento (por exemplo, a Variação do Tempo de Reação).

Tabela 8: Parâmetros do simulador.

Parâmetro	Nível	Valor padrão	Valor Ajustado
Tempo Perdido no Início do Verde (s)	GLOBAL	1,6	5,0
Velocidade de Saída de Fila (m/s)	GLOBAL	4,0	5,5
Porcentagem de Ultrapassagem (%)	GLOBAL	90	99,00
Porcentagem de Recuperação (%)	GLOBAL	95	99,99
Cooperação na Troca de Faixa (%)	LOCAL	80	[40, 85]
Variação do Fator de Aceleração	LOCAL	1	[1, 5]
Variação do Fator de Desaceleração	LOCAL	1	[1, 5]
Variação do Tempo de Reação (s)	LOCAL	0	[0, 2]
Variação do Tempo de Reação em Repouso (s)	LOCAL	0	[0, 7,95]
Variação do Tempo Perdido no Início do Verde (s)	LOCAL	0	[0, 1,20]
Distância de Visibilidade de Faixas Reservadas (m)	LOCAL	200	[200, 550]
Tempo de parada (ônibus) (s)	LOCAL	0	25

Os parâmetros de calibração são próprios dos modelos do simulador que colaboram com a modelagem e exercem grande influência na

calibração (por exemplo, Modelo de Mudanças de Faixas). O simulador é sensível às mudanças dos parâmetros, por isso, a modificação de um parâmetro para ajustar determinado trecho da rede pode afetar outro trecho previamente ajustado, mesmo sendo um parâmetro local. Por isso é necessário ter cuidado nas mudanças dos mesmos (AYALA; JACQUES, 2013).

4.2 FLUXOS ORIGEM-DESTINO DO ESTUDO DE CASO

A matriz OD gerada para simulação remete aos dados de fluxo obtidos a partir dos pontos de contagem. A Tabela 9 ilustra as origens com os volumes de automóveis até o destino, representando a demanda de tráfego para o período de 24 horas. A Figura 14 ilustra o perfil da demanda para as 24 horas.

Tabela 9: Matriz OD para 24 horas

Origem	Destino	Número de Automóveis
Ivo Silveira	Saída da Ponte Pedro Ivo Campos	19.428
BR 101 Norte		25.517
BR 101 Sul		4.653
Eurico Gaspar Dutra		7.844
Josué Di Bernardi Norte		465
Josué Di Bernardi Sul		465
Avelino Mafra		674
Paricio Caldeira		1.485
Professora Rosinha Campos		3.438
Quatorze de Julho		7.463
Santos Saraiva		4.184
Dep. Benedito Terézio		1.401
Luiz Gualberto		1.401
Des. Gil Costa		1.507
Santos Lostada		3.831
Total		83.757

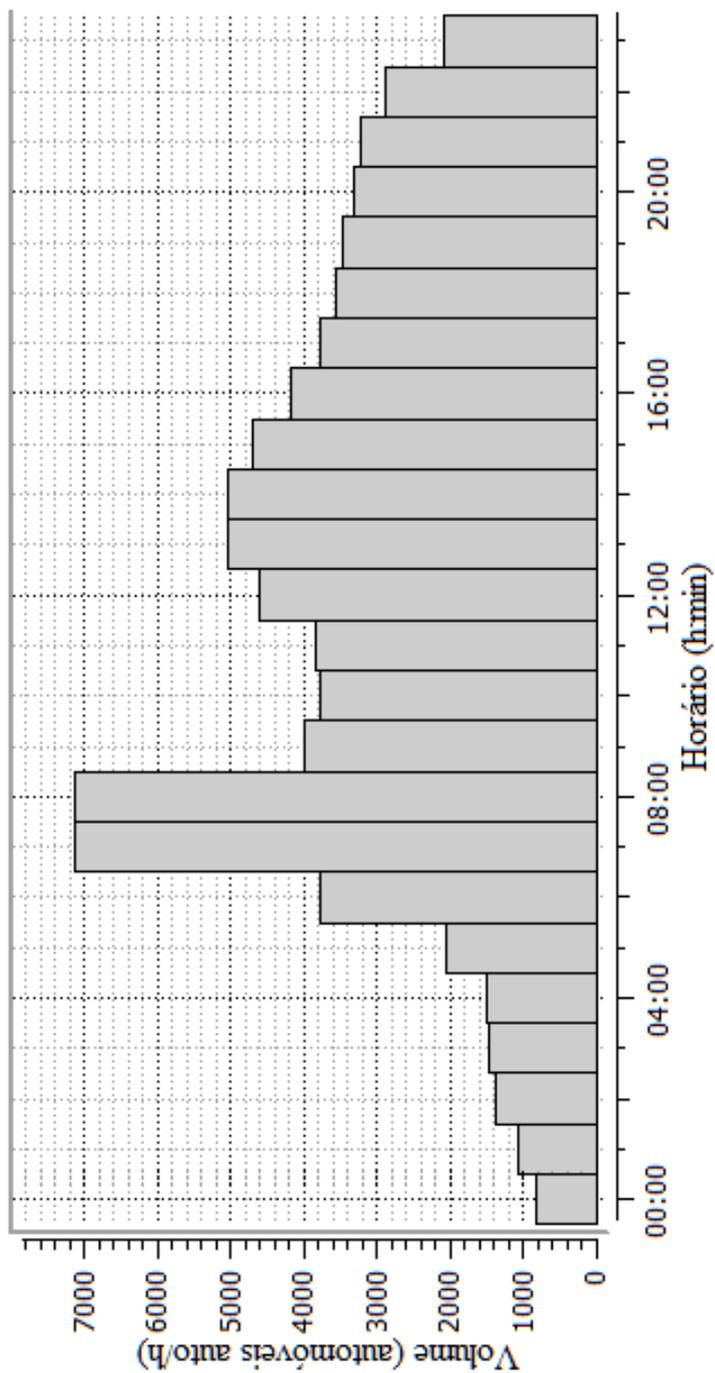


Figura 14: Perfil do volume de automóveis distribuído ao longo de 24 horas

A partir dos volumes definidos na matriz, é possível distribuir a demanda de tráfego ao longo do período de estudo. A Figura 15 ilustra o perfil da demanda de tráfego no período. Esse perfil segue as premissas definidas na Seção 3.3.2 e os valores de volume são representados pela Tabela 10. A partir dessa matriz OD inserida no simulador, a alocação na rede viária é feita através dos centroides. Centroides são fontes geradoras e dissipadoras de veículos, sendo possível imaginar a ilha como um grande atrator de tráfego. Sendo assim, o lado continental é um grande polo gerador de tráfego, tendo como centroide de destino a ilha, sendo seu tráfego alocado na ponte Pedro Ivo.

Tabela 10: Matriz OD para período de estudo considerando 17 % do VMD no pico

Origem	Destino	Número de automóveis
Ivo Silveira		4.329
BR 101 Norte		11.536
BR 101 Sul		1.544
Eurico Gaspar Dutra		2.223
Josué Di Bernardi Norte		216
Josué Di Bernardi Sul		216
Avelino Mafra	Saída da Ponte	386
Patrício Caldeira	Pedro Ivo Campos	659
Professora Rosinha Campos		1.127
Quatorze De Julho		2.143
Santos Saraiva		1.234
Dep. Benedito Terézio		375
Luiz Gualberto		375
Des. Gil Costa		393
Santos Lostada		1.058
Total		27.814

Com a matriz origem-destino da rede, há uma necessidade de direcionar para onde o tráfego irá se deslocar e quais vias utilizar. Entre o par centroide Origem/Destino, há a chamada rota, que é o trajeto percorrido por um veículo partindo da origem até o destino.

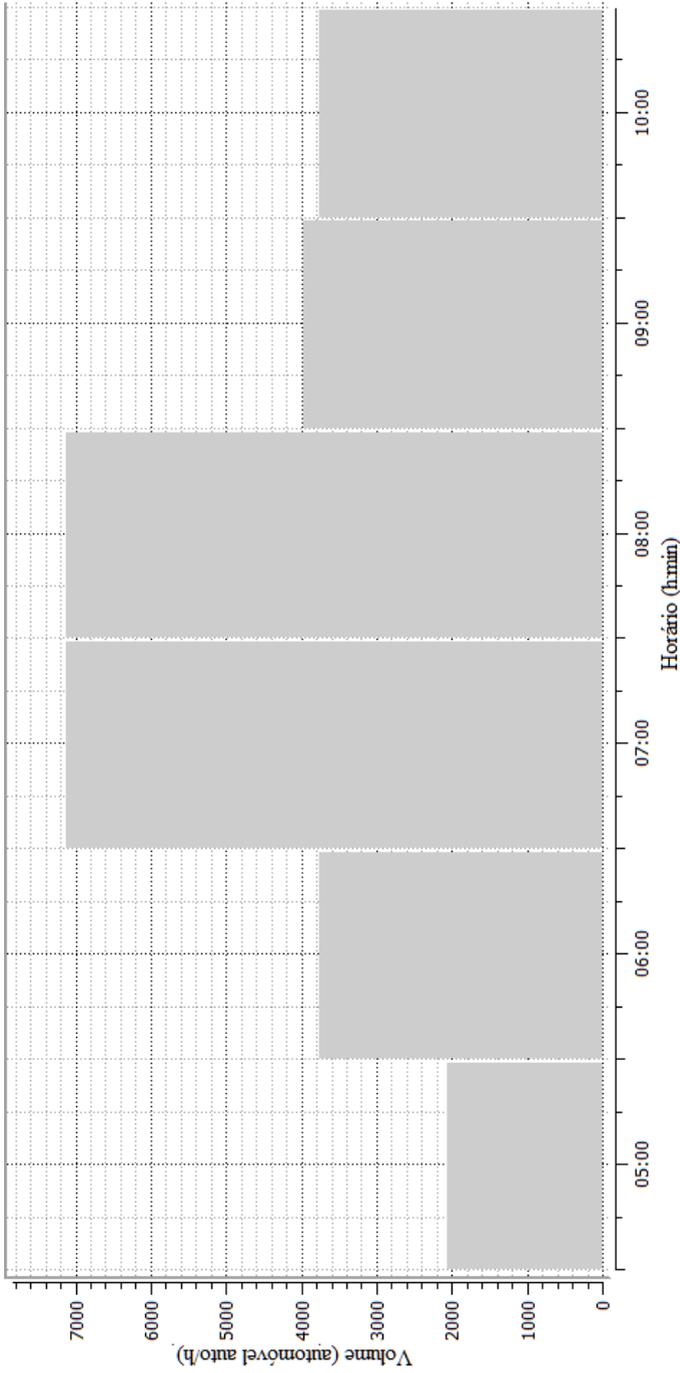


Figura 15: Perfil do volume de automóveis distribuído ao longo do período de estudo

4.3 ROTAS DOS AUTOMÓVEIS NO ESTUDO DE CASO

São consideradas quinze origens e um destino, estimando mais de uma rota para cada par OD. A Figura 16 representa uma situação de como seria o grafo de uma origem, até o destino. Com base na figura, um dos pontos de origem fica localizado na Avenida Governador Ivo Silveira. Partindo dessa origem, existe na rede modelada 427 rotas possíveis para chegar na ponte Gov. Pedro Ivo Campos (destino). A escolha da rota pode ser feita analisando o custo da mesma (ex. tempo de viagem), ou uma rota muito usual, onde o custo não é levado em consideração. Para esse estudo foi considerado como custo, o tempo de viagem em fluxo livre para algumas rotas, independente do congestionamento que seria gerado posteriormente, quando não estivesse mais em fluxo livre. Para outras foram analisados os trajetos usuais feitos pelos usuários diariamente. Assim, para cada origem foi determinado um número cinco de rotas significativas e o fluxo total até o destino foi alocado entre essas rotas. Esse número precisa ser reduzido para que haja a possibilidade de realizar uma distribuição do tráfego com menor complexidade e mais fiel à realidade.

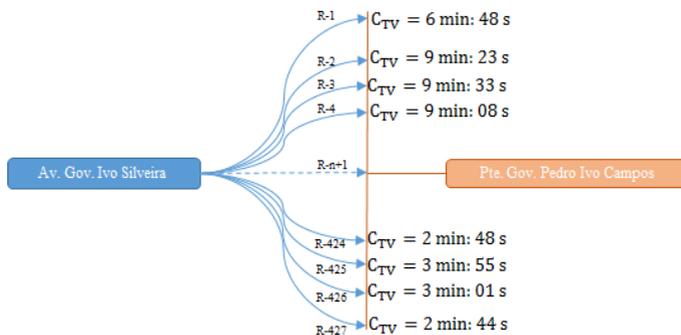


Figura 16: Possíveis rotas e custo tempo de viagem

Para ilustrar esse exemplo observa-se a Figura 17. Nesse caso, tem-se um centroide de origem (C_O) em uma extremidade e um de destino (C_D) na outra. As rotas são identificadas como R1, R2 e os trechos com um "t" seguido de um número identificador do trecho. As rotas R1 e R2 têm o mesmo trajeto dos trechos t1 até t3 onde, nesse momento, há uma escolha de trecho diferente; a rota R1 levando a S1 e a rota R2 a S2 e ambas ligadas a um único centroide de destino. Concluindo, o simulador identifica as rotas como um conjunto de trechos.

Se um único trecho é modificado, o simulador considera como uma nova rota. Para o exemplo da ponte, o número de rotas para chegar até a mesma, antes 427, era considerando os automóveis que utilizam somente a saída 1; se considerado que os automóveis podem utilizar uma ou outra saída, o número de rotas é duplicado passando para 854 rotas.

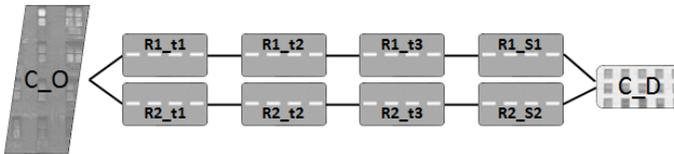


Figura 17: Exemplo de uma rota com o mesmo traçado, mudando somente o último trecho

A Tabela 11 ilustra as rotas escolhidas e o percentual do volume direcionado de cada uma delas para cada saída. Individualmente, cada centroide no simulador possui uma tabela com as rotas escolhidas, além da possibilidade de inserir o percentual de viagem para cada rota. Caso não seja preenchido esse percentual ou o somatório do mesmo não seja 100%, o simulador entende que nenhuma rota foi escolhida, ou que, somente um percentual têm sua rota pré-definida e o restante têm sua rota definida através do método da escolha do menor caminho, sem interferência do modelador.

A Tabela 12 representa o total de rotas que podem ser escolhidas para cada origem, considerando uma saída da ponte como destino ou qualquer outro centroide na rede, que também seja um centroide de destino, lembrando que um centroide pode atrair ou gerar viagens.

Tabela 11: Percentual do fluxo direcionado para cada rota

Origem	Destino	Caminho	%(Volume)
Ivo Silveira	Pte. Pedro Ivo Campos	Saída 1- Av. Gov. Ivo Silveira - Br 282 - Ponte	18,02
		Saída 1- Av Gov Ivo Silveira - Ponte	5,76
		Saída 1- Av Gov Ivo Silveira - Santos Saraiva - Ponte	0,16
		Saída 1- Av Gov Ivo Silveira - João Meirelles - Ponte	6,06
		Saída 2- Av Gov Ivo Silveira - Br 282 - Ponte	42,05
		Saída 2- Av Gov Ivo Silveira - Ponte	13,43
		Saída 2- Av Gov Ivo Silveira - Santos Saraiva - Ponte	0,37
		Saída 2- Av Gov Ivo Silveira - João Meirelles - Ponte	14,14
		TOTAL	100

Tabela 12: Número de rotas partindo de uma origem para um destino definido ou qualquer outro destino.

Origem	Destino	Rotas possíveis
Ivo Silveira	Pte. Pedro Ivo Campos	427
	Qualquer	2.030
Br 101 Norte	Pte. Pedro Ivo Campos	10.195
	Qualquer	35.655
Br 101 Sul	Pte. Pedro Ivo Campos	10.195
	Qualquer	35.654
Eurico Gaspar Dutra	Pte. Pedro Ivo Campos	1.324
	Qualquer	4.555
Josué Di Bernardi Norte	Pte. Pedro Ivo Campos	6.628
	Qualquer	24.216
Josué Di Bernardi Sul	Pte. Pedro Ivo Campos	6.628
	Qualquer	24.216
Avelino Mafra	Pte. Pedro Ivo Campos	10.195
	Qualquer	35.654
Patrício Caldeira	Pte. Pedro Ivo Campos	1.430
	Qualquer	6.242
Professora Rosinha Campos	Pte. Pedro Ivo Campos	3.564
	Qualquer	11.718
Quatorze De Julho	Pte. Pedro Ivo Campos	1
	Qualquer	1
Santos Saraiva	Pte. Pedro Ivo Campos	3.061
	Qualquer	12.778
Dep. Benedito Terézio	Pte. Pedro Ivo Campos	4.484
	Qualquer	16.123
Luiz Gualberto	Pte. Pedro Ivo Campos	3.186
	Qualquer	11.419
Des. Gil Costa	Pte. Pedro Ivo Campos	3.061
	Qualquer	11.830
Santos Lostada	Pte. Pedro Ivo Campos	1
	Qualquer	2

Após a calibração é realizada a comparação dos volumes pesquisados, a partir dos pontos de contagem com os inseridos no simulador. A Tabela 13 ilustra essa comparação. A diferença entre os volumes se dá pela alocação de tráfego e escolha de rota em um determinado local.

Tabela 13: Volume automóvel: pesquisa *versus* simulação

Local	Tipo	Volume (pico)	Diferença (%)
Av. Gov. Ivo Silveira	Pesquisa	1.269	3,47
	Simulação	1.313	
BR-282 Via Expressa	Pesquisa	7.094	7,91
	Simulação	7.655	
Cap. Euclides de Castro Parque Coqueiros	Pesquisa	2.227	11,2
	Simulação	1.976	
Alça de Entrada Pte. Gov. Pedro Ivo Campos	Pesquisa	3.650	1,42
	Simulação	3.598	
Total	Pesquisa	14.240	2,1
	Simulação	14.542	

Todos os dados inseridos no simulador são utilizado para um cenário que representa a situação atual. Com o modelo devidamente calibrado, o cenário atual é modificado para atender os objetivos do trabalho. Nesse momento, nenhum parâmetro de calibração pode ser alterado e sempre serão utilizados os parâmetros do cenário atual.

4.3.1 Cálculo para determinar entrada de ônibus na malha

O horário de partida fornecido pelas empresas é o instante inicial da viagem, não representando o momento que o ônibus entra no trecho estudado. Considera-se que a velocidade do ônibus até entrar no trecho de estudo é constante. O tempo que um ônibus leva da entrada da simulação até o final do trajeto pode ser obtido como segue:

$$TTS = \frac{S_f}{S_T} \times TTV \quad (4.1)$$

em que:

S_f – é a distância do trajeto em simulação, ou seja, é a distância extraída da rota original por sentido (ida ou volta) [km];

S_T – é a distância do trajeto total, ou seja, é o comprimento total da rota separado por sentido (ida ou volta) [km].

TTV – é o tempo total de viagem, ou seja, o tempo para percorrer uma rota completa separado por sentido (ida ou volta) [h].

A chegada à área de estudo é dada por:

$$HP_s = HP_e + TTV - TTS \quad (4.2)$$

com:

HP_e – é o horário de partida efetivo, ou seja, é o horário que o ônibus deverá começar sua rota [h].

HP_s – é o horário que o ônibus entrará em simulação [h].

4.3.2 Volume de ônibus e migração para transporte coletivo

A Figura 18 representa a frequência horária dos ônibus, totalizando 776 horários. Esse gráfico representa a situação antes da mudança do transporte coletivo na área de estudo, e refere-se ao horário de partida do ônibus e não ao horário de chegada ao destino.

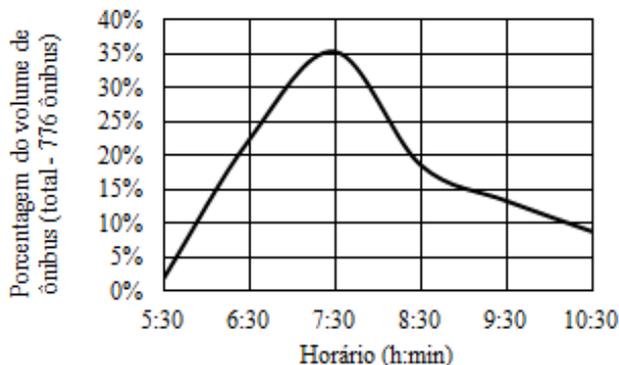


Figura 18: Volume do transporte coletivo.

Em virtude da variação do VMD de automóveis no período de pico na Seção (3.3.3), e assumindo que o resultado desta variação é a migração de usuários desse modal para o transporte coletivo, a nova demanda para o transporte coletivo precisa ser suprida com ônibus adicionais. Assume-se que o número de passageiros é de, 1,2 pax/automóvel e 50 pax/ônibus. Assim, tem-se a relação entre a redução do volume dos automóveis com o aumento do volume dos ônibus como indicada na Figura 19.

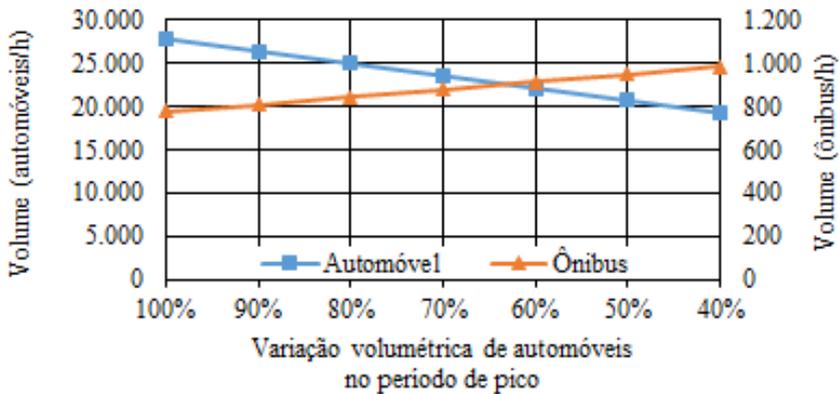


Figura 19: Redução do volume dos automóveis com o aumento do volume dos ônibus.

4.4 CENÁRIOS E EXPERIMENTOS CONSIDERADOS

Foi desenvolvido um cenário da situação atual para servir como cenário de referência e outros que permitem avaliar o efeito da troca modal e das faixas exclusivas nas condições de tráfego:

- Cenário 1 - *Situação atual*: sem faixas exclusivas e com paradas de transporte coletivo de 15 metros (Cenário referência);
- Cenário 2 - *Pontos Maiores*: mantém as características do cenário de referência, porém com mudança no aumento de tamanho dos pontos de parada, que passam de 15 metros para 50 metros;
- Cenário 3 - *Faixas exclusivas*: inserção de aproximadamente 17,55 km de faixas exclusivas para transporte coletivo (Figura 20) e tamanho das paradas de transporte coletivo são preservadas em 15 metros;
- Cenário 4 - *Faixas exclusivas e pontos maiores*: mantém-se as mesmas características do caso anterior, mas com tamanho de paradas de transporte coletivo de 50 metros.

Em todos os cenários são mantidos os mesmos valores de fluxos veiculares (ou *demandas*), bem como das variações destes. A oferta

do serviço de transporte coletivo, acompanha as taxas de troca modal para que se tenha uma ocupação média de 50 pax/ônibus ao longo da operação, uma das premissas citadas na Seção 3.3.4.

A demanda de automóveis é variada partindo da condição nominal, em reduções de 10% até um mínimo de 40% do valor nominal. Considerando que essas reduções implicam em troca modal, haverá exigência do aumento da frota de ônibus para equilibrar as ocupações a bordo destes. Para fins do cômputo da troca, considera-se a ocupação dos automóveis igual a 1,2 pax/veículo, outra premissa citada na Seção 3.3.4.

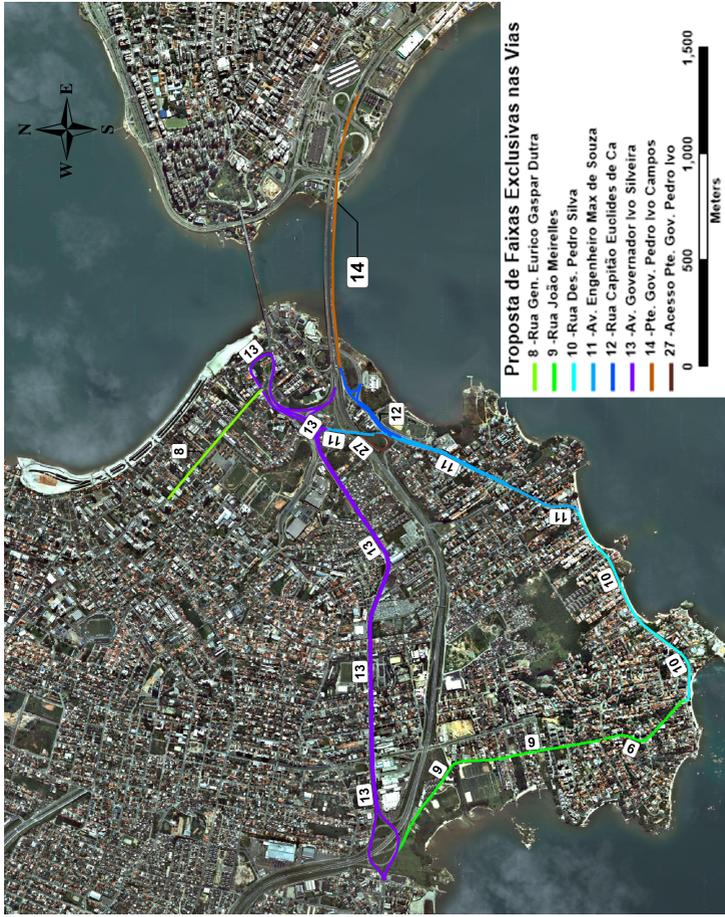


Figura 20: Vias com Corredores Exclusivos.

Todas as sementes foram mantidas para cada cenário e rodada de simulação. A Tabela 14 ilustra os valores de sementes utilizados para cada rodada.

Tabela 14: Tabela de sementes aleatórias

Replicação	Semente Aleatória
1	15595
2	18714
3	21833
4	24952
5	28071
6	46785
7	43666
8	40547
9	37428
10	34309

4.5 CENÁRIO 1

Com o modelo calibrado, o primeiro cenário é simulado considerando as condições atuais de tráfego sem nenhuma alteração na infraestrutura. A Figura 21 ilustra um trecho da malha viária do cenário 1 com destaque (A) para uma seção onde há competição entre automóveis e ônibus por um espaço na via com prejuízo à velocidade operacional do ônibus, e em destaque (B) para uma seção com ponto de parada de 15 metros. Com essa extensão é permitido que somente um ônibus possa parar no mesmo instante de tempo, para realizar o embarque e desembarque. Caso outro ônibus alcance o ponto de parada no mesmo instante de tempo que o primeiro, o segundo a chegar terá que esperar na fila para assim que o primeiro terminar o embarque e desembarque, ele possa utilizar o ponto, sendo que, o tempo de viagem nesse caso aumenta.

A Tabela 15 detalha os tempos de cada ônibus da Figura 22.

Considerando que o tempo de parada (embarque e desembarque) para cada ônibus é fixo (25 segundos) e que todos os ônibus partiram da mesma origem no mesmo horário, o segundo ônibus na fila sofre um atraso de 10 segundos no primeiro ponto de parada; o terceiro sofre um atraso de 46 segundos e o quarto sofre um atraso de 1 minuto e 21 segundos. Esse tempo tende a aumentar, considerando o número de paradas e as interferências que esses ônibus podem sofrer, tais como, automóveis parados em cima dos pontos de parada, não permitindo que o ônibus faça embarque e desembarque, ou até mesmo, um veículo trafegando mais lentamente na frente de um ônibus.

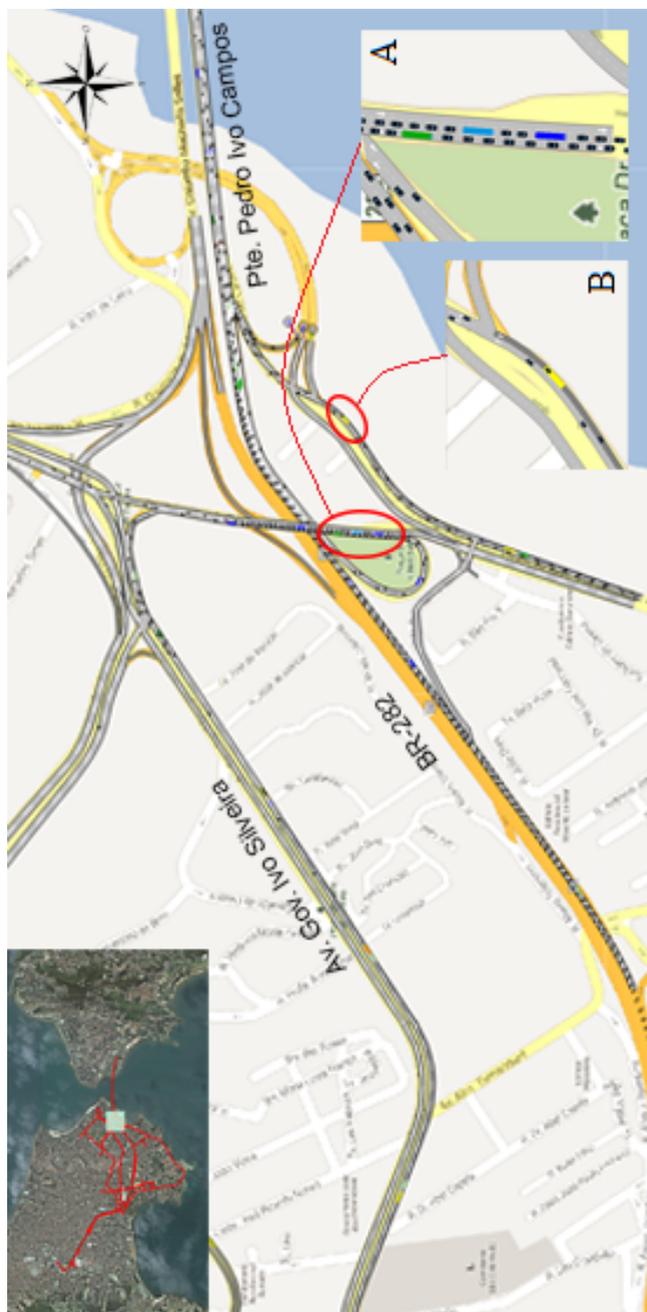


Figura 21: Cenário atual (Referência)

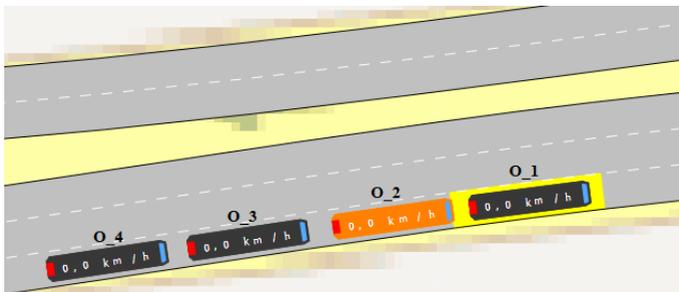


Figura 22: Fila de ônibus em ponto de parada de 15 metros

Tabela 15: Impacto no tempo de viagem gerado pela fila de ônibus em ponto de parada de 15 metros

Ônibus	Partida (h:m:s)	Saída do ponto (h:m:s)	Tempo de parada (s)	Tempo parado fora do ponto (s)
O_1	05:59:59	06:01:13	25	0
O_2	05:59:59	06:01:48	25	10
O_3	05:59:59	06:02:24	25	46
O_4	05:59:59	06:02:59	25	81

4.6 CENÁRIO 2

Nesse cenário, a proposta é fazer uma intervenção na extensão do ponto de parada, analisando se há melhora na velocidade operacional do ônibus.

O ponto antes com 15 metros passa a ter 50 metros. Essa intervenção ocorre para ilustrar o efeito de um maior número de ônibus parando ao mesmo tempo. Dessa forma, a fila de ônibus gerada no ponto de parada do cenário anterior ocorre, mas os ônibus conseguem realizar o embarque e desembarque simultaneamente.

Para o mesmo exemplo dos quatro ônibus do Cenário 1 e Figura 22, quando o tamanho do ponto de parada é alterado para 50 metros, todos os ônibus conseguem realizar o embarque e desembarque ao mesmo tempo, ilustrado na Figura 23.

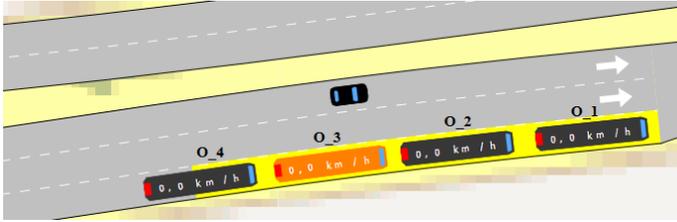


Figura 23: Fila de ônibus em ponto de parada de 50 metros

Na Tabela 16 é possível observar que não há tempo perdido fora do ponto de parada. Caso um quinto ônibus fosse acessar o ponto de parada no mesmo instante que os quatro à sua frente, ele ficaria fora do ponto e teria que esperar o embarque e desembarque do ônibus à sua frente.

Tabela 16: Impacto no tempo de viagem gerado pela fila de ônibus em ponto de parada de 50 metros

Ônibus	Partida (h:m:s)	Saída do ponto (h:m:s)	Tempo de parada (s)	Tempo parado fora do ponto (s)
O_1	05:59:59	06:01:13	25	0
O_2	05:59:59	06:01:48	25	0
O_3	05:59:59	06:02:24	25	0
O_4	05:59:59	06:02:59	25	0

4.7 CENÁRIO 3

A proposta desse cenário é modificar a infraestrutura atual. Os parâmetros de calibração continuam os mesmo do primeiro cenário, afim de que, haja coerência nos resultados quando realizada a comparação entre os cenários. Não foi pensado o redesenho de rotas de ônibus. Mantendo o mesmo sistema, determina-se somente se faixas exclusivas trarão algum benefício.

Nesse cenário foram inseridas faixas exclusivas para ônibus em todas as vias, onde havia tráfego do mesmo, exceto na via expressa (BR-282), pelo baixa frequência de ônibus no período de estudo. A Figura 24 ilustra pontos específicos onde ocorreram conflitos com a implantação de faixas exclusivas, sendo necessário uma intervenção na infraestrutura da via.



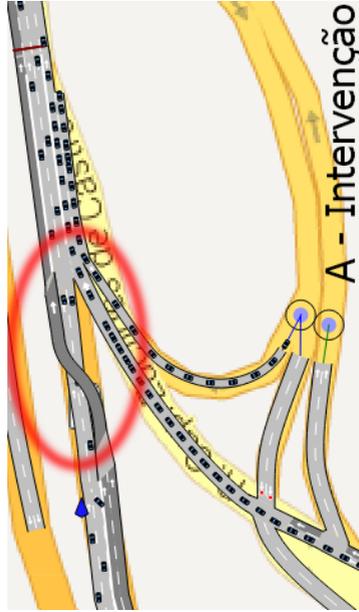
Figura 24: Local onde foram propostas intervenções.

Com as modificações, na Figura 25(ii) ilustrado pelo círculo vermelho, foi inserido um elevado na entrada da ponte somente para ônibus. Antes da intervenção na Figura 25(i) os ônibus tentam acessar a primeira faixa da esquerda da ponte. Isso faz com que ocorra entrelaçamento entre ônibus e automóveis, fazendo com que o ônibus precise esperar uma brecha para conseguir acessar a faixa, perdendo tempo nessa manobra, com o elevado exclusivo para ônibus, esse problema não ocorre mais.

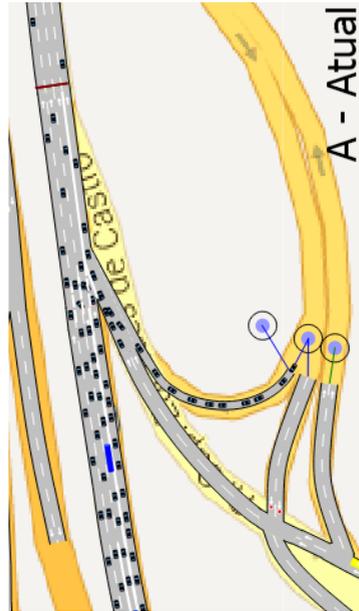
Na Figura 26(ii) foi inserida uma rotatória com as entradas e saídas da mesma com prioridade para ônibus no sentido de acesso a ponte. Antes da inserção da rotatória na Figura 26(i) o tráfego de automóveis era muito baixo, todo o tráfego de veículos realizava o acesso à ponte pela alça de acesso da BR-282 (praça Dr. Albert Sabin). A alça de acesso passou a ter as duas únicas faixas como faixa exclusiva para ônibus, assim todo o tráfego de automóveis foi desviado para o acesso de coqueiros, sendo necessária a rotatória para controlar as preferências de acesso.

Na Figura 27(i), foi desviado o tráfego da alça de acesso atual para um caminho alternativo, passando por baixo de um elevado não considerando os ônibus, que utilizam o trajeto original. O novo elevado na Figura 27(ii) é utilizado somente por ônibus para evitar conflitos na interseção. A interseção criada abaixo desse elevado foi tratada com semáforo.

Esse cenário considera o tamanho atual do ponto de parada nos corredores de 15 metros.

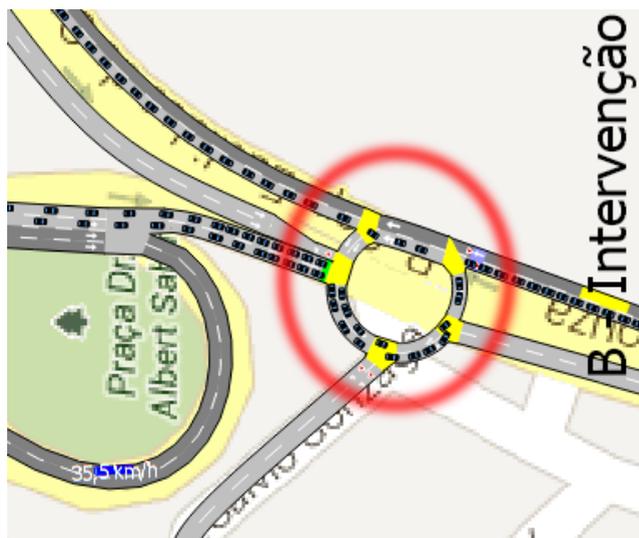


(ii) Entrada ponte com modificação

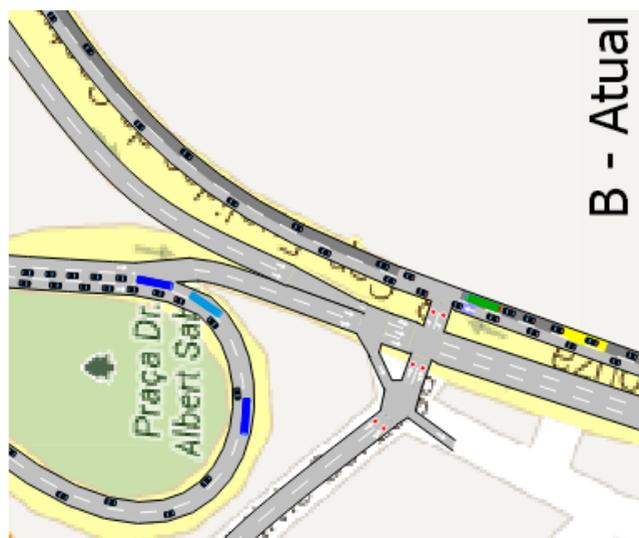


(i) Entrada ponte atual

Figura 25: Faixa Exclusiva e intervenção na entrada da ponte Gov. Pedro Ivo Campos

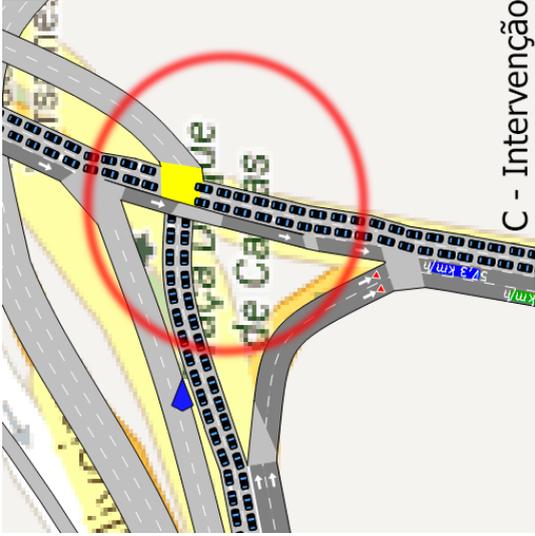


(ii) Bairro coqueiros com modificação

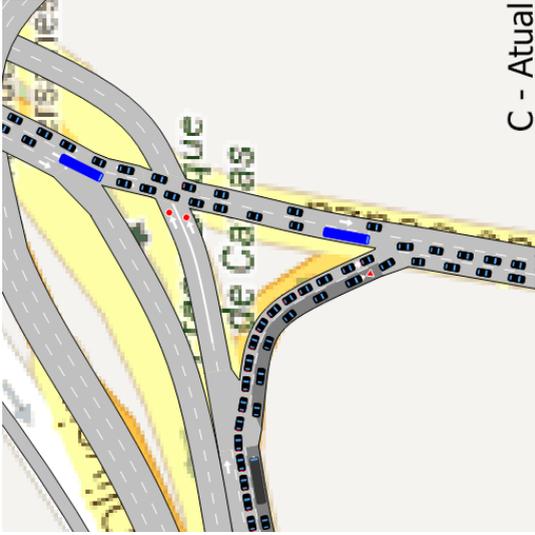


(i) Bairro coqueiros atual

Figura 26: Faixa exclusiva e intervenção no conflito do bairro Coqueiros



(ii) Interseção Av. Gov. Ivo Silveira com bairro estreito com modificação



(i) Interseção Av. Gov. Ivo Silveira com bairro estreito atual

Figura 27: Faixa exclusiva e intervenção no conflito da Av. Gov. Ivo Silveira

4.8 CENÁRIO 4

Nesse cenário são consideradas as mesmas intervenções do Cenário 3, e considera-se também um aumento da extensão dos pontos de parada para 50 metros como ilustrado na Figura 28.



(a) Bairro coqueiros com modificação e ponto de parada de 15m



(b) Bairro coqueiros com modificação e ponto de parada de 50m

Figura 28: Cenário considerando as características do Cenário 3 e mudança no tamanho do ponto de parada de 15 para 50 metros.

A partir desses cenários é possível analisar os resultados das intervenções realizadas, comparando o indicador de desempenho de velocidade operacional do ônibus e condições de tráfego dos automóveis.

5 RESULTADOS

Este capítulo trata dos resultados obtidos com base nos experimentos executados. A partir da simulação é obtido a velocidade operacional do ônibus, assim como o aumento ou redução dessa velocidade após a retirada de automóveis, considerando ainda que os usuários migraram para o transporte coletivo e que ocorreu um aumento na frota rodante do mesmo. Analisam-se os resultados da intervenção em ponto de parada na velocidade operacional do ônibus e após a migração modal, os efeitos das faixas exclusivas na velocidade dos automóveis, assim como se há necessidade de remover automóveis para restaurar a velocidade dos mesmos, ao ponto de não sentir o efeito das faixas exclusivas. As Seções 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, tratam dos resultados do indicador velocidade, quando ocorrem as mudanças de infraestrutura nas vias.

5.1 CENÁRIO 1 - CASO BASE

O Cenário investiga a configuração atual por meio de redução gradativa do número de automóveis comparando na Figura 29 a velocidade operacional do ônibus quando há variação do volume de automóvel no período de pico. A tendência da velocidade operacional do ônibus é aumentar em virtude da redução do tráfego de automóvel, nas faixas onde os ônibus circulam, levando em consideração que não há aumento da frota rodante nem troca modal. Variando o volume de automóvel até 60% do volume da hora-pico, ainda é possível obter um ganho de velocidade do ônibus; uma redução maior no volume não apresenta uma melhora na velocidade. Isso ocorre, porque com essa redução, os automóveis não interferem significativamente na circulação do ônibus. Assim, toda e qualquer variação de velocidade do ônibus se dá pelo seu deslocamento na rede viária e interferência de outros ônibus.

Com a variação do volume de automóveis, considera-se que os usuários dos automóveis estarão migrando para o transporte coletivo. Com isso, uma nova oferta de ônibus deve ser considerada para suprir essa necessidade. A Figura 30 ilustra o efeito dessa nova oferta na velocidade operacional do ônibus. Até uma migração modal de 20% [80% (VP)], é possível perceber um aumento na velocidade do ônibus. Como serão adicionados mais ônibus, o efeito causado com a redução do número dos automóveis não será sentido. Isso porque, os ônibus estarão competindo entre si para utilizar as vias e ainda, a fila nos pontos de

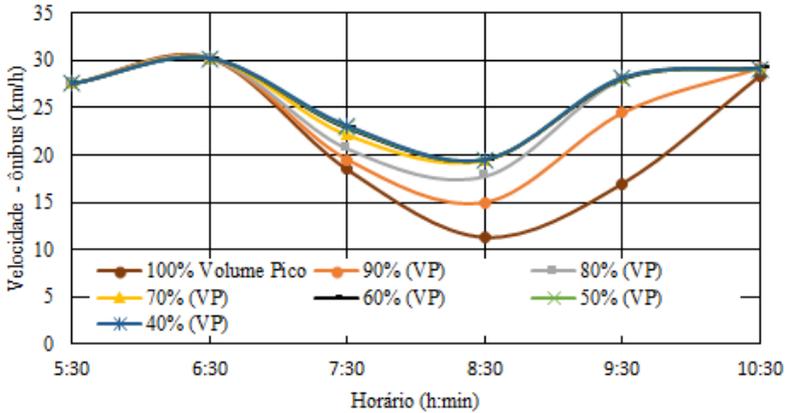


Figura 29: Cenário 1 - sem faixa exclusiva sem troca modal e sem aumento na frota rodante; tamanho do ponto de parada de 15 m.

parada tendem a crescer fazendo com que o tempo de viagem aumente. Portanto, uma migração modal maior que 20% nesse caso fará com que a velocidade do ônibus reduza.

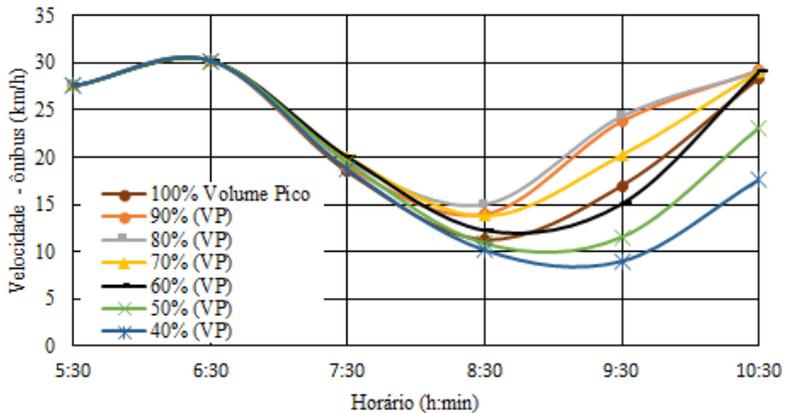


Figura 30: Cenário 1 - sem faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 15 m

Para o automóvel, a velocidade aumenta quando há uma redução do número de automóveis nas vias como ilustrado na Figura 31. Essa redução permite que eles trafeguem nas velocidades desejadas ou no limite das permitidas nas vias, além de melhorar as condições de tráfego reduzindo os congestionamentos.

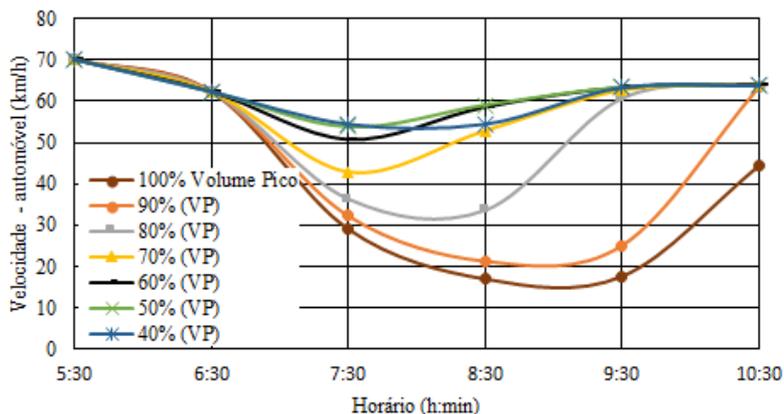


Figura 31: Cenário 1 - sem faixa exclusiva: velocidade do automóvel com redução de veículos nas vias

As Figuras 32 e 33 ilustram as velocidades máximas e mínimas atingidas por automóvel e ônibus considerando sem/com a troca modal. A velocidade máxima alcançada, ocorre nesse caso, quando o tráfego é muito baixo, e a velocidade mínima quando o tráfego é intenso com pontos de congestionamentos ao longo do período de estudo. A velocidade do automóvel não sofre variações consideráveis, já a do ônibus, a velocidade tem um aumento com a troca modal até 70% quando a velocidade cai novamente devido ao aumento de ônibus inseridos na rede, já citado anteriormente.

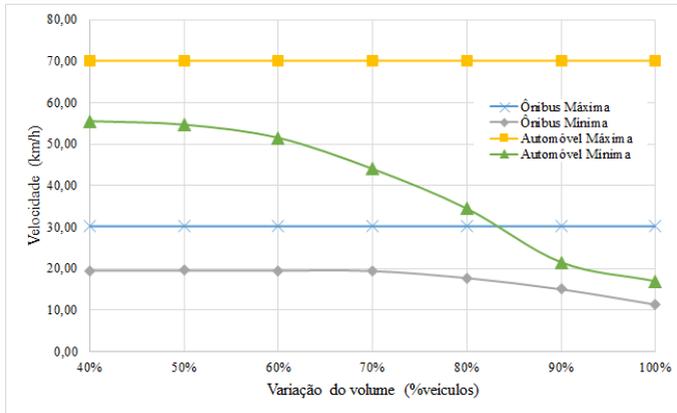


Figura 32: Cenário 1 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis sem troca modal

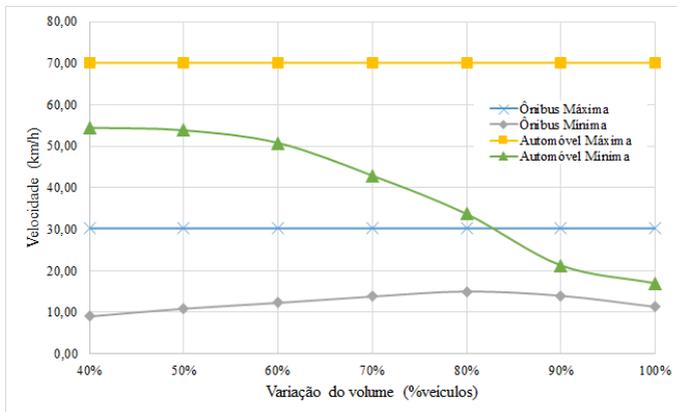


Figura 33: Cenário 1 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis com troca modal

Todos os resultados dos próximos cenários serão analisados, considerando que ocorreu a troca modal e que os usuários dessa troca, estão migrando para o transporte coletivo. Com isso, será considerado sempre o caso em que há aumento da frota rodante do transporte coletivo.

5.2 CENÁRIO 2 - CASO BASE E PONTOS DE PARADA DE 50 M

Com a intervenção no aumento da extensão do ponto de parada, a velocidade operacional do ônibus aumenta como é ilustrado na Figura 34. Isso ocorre, devido a uma redução na fila de espera dos ônibus para utilizar o ponto. Mas mesmo aumentando a extensão do ponto de parada e havendo redução de 60% [40% VP] no número de automóveis, o número de ônibus inseridos na rede viária aumenta e, por consequência, as filas nos pontos de parada se tornam maiores, reduzindo a velocidade. Utilizando o sistema atual de transporte coletivo com os mesmos itinerários e sem um redesenho das rotas, somente aumentando a frequência adicionando novos horários no período de pico, a velocidade tende a diminuir.

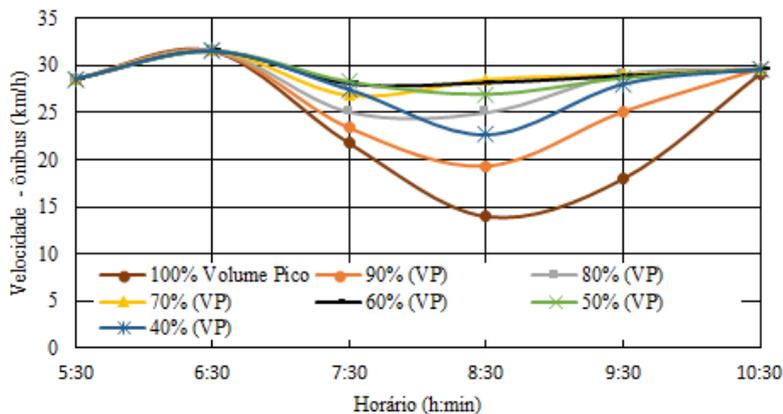


Figura 34: Cenário 2 - sem faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 50 m

A Figura 35 ilustra a velocidade máxima e mínima alcançada por ônibus e automóveis quando há troca modal e aumento na extensão do ponto de parada. É possível observar que a velocidade mínima e máxima do ônibus ficam próximas quando há uma troca modal de 70%, isso significa que uma migração maior não haverá ganho ou redução significativa na velocidade do ônibus. Para o automóvel não há variação na velocidade se comparado com o cenário anterior, já que o impacto dos tamanhos dos pontos de paradas é somente nos ônibus.

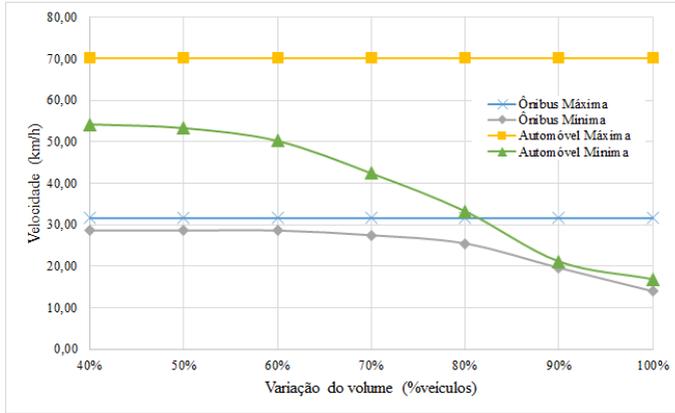


Figura 35: Cenário 2 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis

5.3 CENÁRIO 3 - FAIXAS EXCLUSIVAS E PONTOS DE PARADA DO CASO BASE

Com faixas exclusivas para o transporte coletivo, a velocidade operacional do ônibus chega acima de 25 km/h (Figura 36) para o caso onde está sendo considerada a demanda atual. Considerando a migração modal, a velocidade do ônibus tende a cair. Isso ocorre pelo mesmo motivo citado anteriormente, que são as filas geradas nos pontos de parada. Como não é permitido a ultrapassagem no corredor, os ônibus tendem a ficar mais tempo parados em uma fila.

Nesse caso, a velocidade do automóvel reduz drasticamente, considerando a demanda atual. A restrição de uma faixa para a circulação aumenta a extensão das filas nos congestionamentos, fazendo com que ao final do período de simulação, ainda existam automóveis esperando para entrar na área simulada e pontos da rede viária ainda com congestionamento. Reduzindo em 20 % a demanda do automóvel, representado na Figura 37, os congestionamentos continuam ocorrendo, mas ao final da simulação, não há mais automóveis esperando para entrar na rede viária. Sendo assim, é possível restaurar a velocidade do automóvel próxima ao caso onde não há variação da demanda e mantendo a velocidade do ônibus acima de 20 km/h.

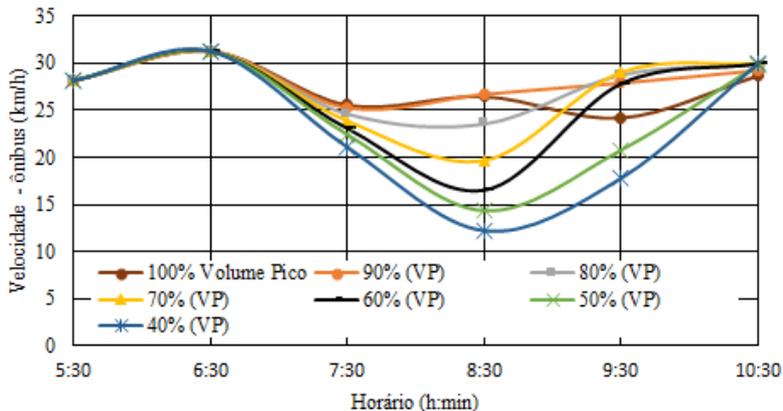


Figura 36: Cenário 3 - com faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 15 m

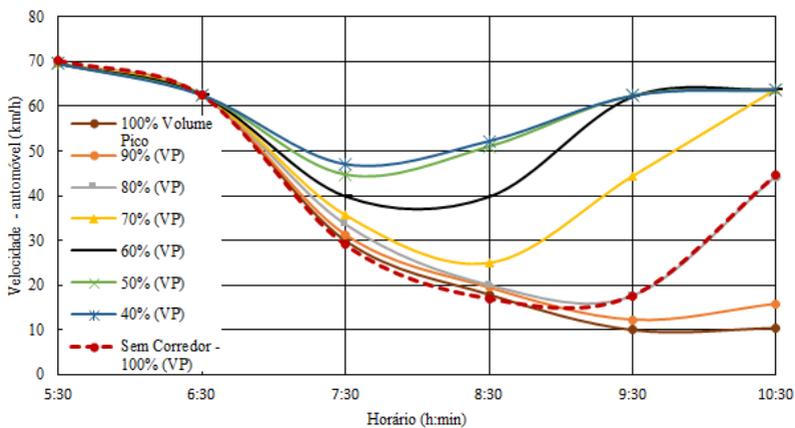


Figura 37: Cenário 3 - com faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo: comparação de velocidades dos automóveis com faixas exclusivas e sem faixas exclusivas para transporte coletivo

Uma redução acima de 20% representa um aumento na velocidade do automóvel e uma redução na velocidade do ônibus. Nesse caso,

o corredor deixa de ser atrativo e o automóvel passa a ter preferência na escolha.

Nos cenários anteriores em nenhum momento a velocidade mínima dos automóveis era menor que dos ônibus. Na Figura 38, é possível observar que a velocidade mínima alcançada pelo automóvel fica menor que a velocidade mínima do ônibus, devido a redução do espaço viário. A velocidade mínima do ônibus se mantém até o aumento da frota rodante, onde começa a ocorrer os congestionamentos nos corredores. Com aproximadamente 30% de migração modal já começa a ser prejudicial para o ônibus, onde a velocidade reduz muito.

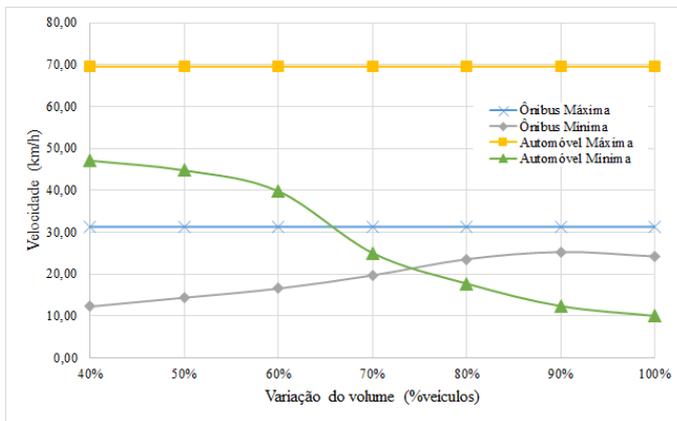


Figura 38: Cenário 3 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis

5.4 CENÁRIO 4 - FAIXAS EXCLUSIVAS E PONTOS DE PARADA DE 50 M

Em vista dos resultados anteriores, aumentar a extensão do ponto de parada pode causar um aumento na velocidade operacional do ônibus. A Figura 39 ilustra a combinação de faixas exclusivas, com aumento da extensão do ponto de parada.

A velocidade operacional do ônibus, mesmo com o aumento da frota não fica abaixo de 20 km/h. Como a velocidade do automóvel não sofre variação, porque a única intervenção é realizada somente nas faixas exclusivas para ônibus, a Figura 37 é equivalente para esse cenário.

Vale ressaltar que, se reduzirmos em 50% o volume de automóveis e aumentar a frota de ônibus para suprir essa migração, a velocidade do automóvel aumenta e praticamente não há mais congestionamentos na rede viária, a velocidade do ônibus ainda se mantém acima dos 25 km/h.

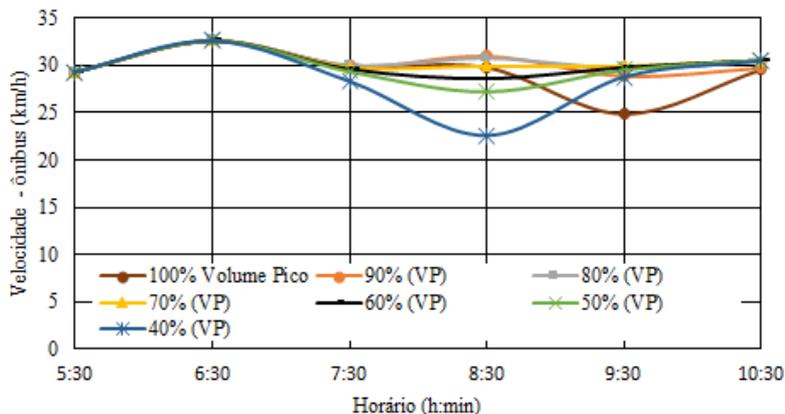


Figura 39: Cenário 4 - com faixa exclusiva com troca modal para transporte coletivo e aumento da frota rodante; tamanho do ponto de parada 50 m

Com o aumento da extensão do ponto de parada a velocidade mínima do ônibus começa a não sentir tanto os efeitos da troca modal e aumento da frota rodante. Na Figura 40 observa-se que a velocidade mínima alcançada pelo ônibus começa a sentir o efeito do aumento de frota quando há uma migração modal de 60% [40% VP]. Para o automóvel não há alteração na velocidade porque as mudanças nesse cenário ocorrem nas faixas.

Analisando os resultados conclui-se que, se não forem implantadas faixas exclusivas para ônibus, é necessária uma migração modal de no mínimo 30% para que a velocidade operacional do ônibus chegue próxima a 20 km/h no pico. Por outro lado, com faixas exclusivas, a velocidade operacional do ônibus, nessa mesma proporção de migração modal, ultrapassa os 30 km/h. Mesmo se não ocorrer migração modal com faixas exclusivas, a velocidade do ônibus continua superior aos 30 km/h.

Não havendo migração, com a implantação de faixas, os níveis de congestionamentos para os automóveis crescem, fazendo com que a

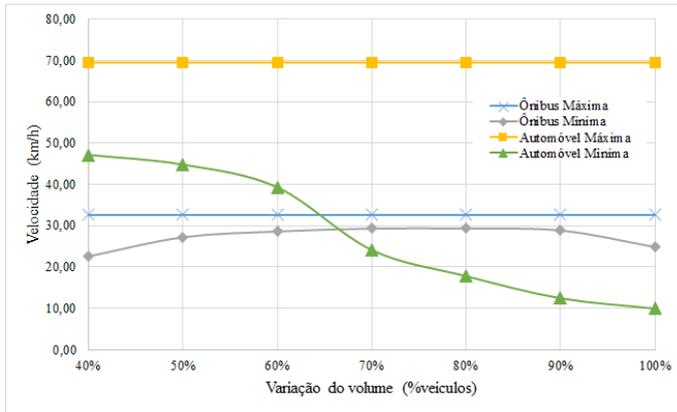


Figura 40: Cenário 4 - velocidade máxima e mínima atingida por ônibus e automóveis

velocidade caia muito. Para restaurar o nível de congestionamento, é necessário uma migração de 20% para o transporte coletivo. Nesse caso, é restaurado o nível de congestionamento, ao passo que a velocidade do ônibus se mantém acima dos 30 km/h.

Caso o tomador de decisão opte pela implantação de faixas exclusivas para o ônibus, seriam necessárias políticas de restrição ao uso do automóvel para que 20% migrem para o transporte público coletivo. Com isso, as condições de tráfego atuais seriam restauradas, e a velocidade do ônibus ultrapassaria os 30 km/h. Se a escolha for pela não implantação das faixas e ainda assim a escolha por aumentar a velocidade do transporte coletivo, seria necessária uma migração de 30% para o transporte público coletivo, e a velocidade do ônibus não irá ultrapassar os 20 km/h. Pensando em medidas sem grandes intervenções, as simulações mostraram que o aumento no tamanho do ponto de parada pode ser uma solução paliativa até serem implantadas faixas exclusivas. Observou-se que, mesmo sem faixas exclusivas, somente aumentando o tamanho do ponto de parada, a velocidade operacional do ônibus consegue chegar próximo a 30 km/h, caso ocorra migração. O comportamento do simulador nos pontos de paradas é diferente do que ocorre nas cidades onde as pessoas conseguem embarcar mesmo fora dos pontos, esse comportamento pode ser representado no simulador aumentando a extensão do ponto.

6 CONCLUSÃO

O caso de estudo é o acesso à Ilha de Santa Catarina, em Florianópolis, numa manhã de dia de semana típico. Como resultado principal do estudo, determinou-se que com as faixas exclusivas propostas, uma troca modal em torno de 20% restaura a velocidade dos automóveis aos níveis anteriores à implantação das faixas, enquanto triplica a velocidade dos ônibus. Por outro lado, mantido o sistema viário atual, uma redução de 40% do volume de automóveis é necessária a fim de aproximar a velocidade operacional dos ônibus desejável para uma operação de qualidade do transporte coletivo.

Nesse estudo analisou-se o impacto da implantação de faixas exclusivas na velocidade operacional do ônibus, assim como o impacto no tráfego de automóveis com a redução do espaço viário. Analisou-se também o aumento da frota rotante do transporte público coletivo com a troca modal do automóvel para o ônibus, e ainda o efeito em simulação do aumento da extensão do ponto de parada representando o embarque e desembarque de passageiros fora do ponto.

As simulações mostraram que a escolha por faixas exclusivas seria o mais indicado para privilegiar o transporte público coletivo, mas ainda assim é uma decisão difícil de implantar pela restrição ao uso do automóvel. Mas, supondo que a decisão seja por privilegiar o transporte público coletivo, a escolha mais óbvia é pela implantação de faixas exclusivas já que em simulação o ônibus alcançará velocidades maiores, e a migração modal é menor. Outro ponto importante é que, nem sempre o automóvel é responsável por prejudicar a velocidade do ônibus. O aumento da frota rodante após a migração, sem um redesenho de rotas e ajuste na tabela horária, pode ser muito prejudicial para o sistema, mesmo com faixas exclusivas.

Para pesquisas futuras, um fato importante deve ser analisado; se realmente o impacto gerado pelo aumento do tamanho do ponto de parada é tão significativo quanto foi observado nos resultados. Se confirmado, isso significa que com poucos investimentos já seria possível obter uma melhora na velocidade do transporte coletivo.

Como os resultados desse trabalho se aplicam às linhas existentes na época do estudo (2012), uma proposta futura é estudar as novas linhas que surgiram, redesenhando suas rotas e otimizando o sistema, prevendo corredores exclusivos, priorização semaforica, entre outras técnicas de priorização.

Outro ponto importante é recalibrar a malha para os dados obti-

dos no Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PLAMUS, 2014), analisando os mesmos indicadores utilizados nesse trabalho.

A conclusão do estudo requer um pensamento aberto, sobre a necessidade de priorizar o transporte coletivo e em contrapartida, "prejudicar" com a redução de uma faixa para o transporte individual (automóvel).

REFERÊNCIAS

ARIAS, C. et al. Manual de brt: Guia de planejamento (bus rapid transit manual). **Ministério das Cidades (Brazilian Ministry of Cities), ITDP, Brasília, DF, Brazil**, 2008.

Auto Viação Imperatriz. Empresa de transporte coletivo urbano da grande Florianópolis. 2014. Disponível em: <<http://www.avimperatriz.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

AYALA, R. J. L.; JACQUES, M. A. P. Procedimento para identificação dos principais parâmetros dos microsimuladores para o processo de calibração. **Defesa de dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Brasília, 2013.

Biguaçu Transportes. Empresa de transporte coletivo urbano da grande Florianópolis. 2014. Disponível em: <<http://www.biguacutransportes.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

CONSULTANCY, D. H. Barriers to modal shift. Scottish Executive, Social Research, 2003.

CURRIE, G. et al. Bus rapid transit in australasia: performance, lessons learned and futures. **Journal of Public Transportation**, Citeseer, v. 9, n. 3, p. 1, 2006.

DAVISON, L. J.; KNOWLES, R. D. Bus quality partnerships, modal shift and traffic decongestion. **Journal of Transport Geography**, Elsevier, v. 14, n. 3, p. 177–194, 2006.

DENATRAN; FGV. **Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego**. Brasília: DENATRAN/FGV, 2004. 84 p.

DUARTE, B. Investimento em corredor só para ônibus e ciclovias. **A Gazeta**, 2011. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2009/10/550250-investimento+em+corredor+so+para+onibus+e+ciclovias.html>. Acesso em: 28 set. 2014.

ESTRADA, M. et al. Design and implementation of efficient transit networks: Procedure, case study and validity test. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Elsevier, v. 45, n. 9, p. 935–950, 2011.

EXEL, J. van; RIETVELD, P. Perceptions of public transport travel time and their effect on choice-sets among car drivers. **Journal of Transport and Land Use**, v. 2, n. 3-4, p. 75–86, 2010.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. F. E. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. Brasil: rimaeditora, 2004. 410 p.

FITZROY, F.; SMITH, I. Public transport demand in freiburg: why did patronage double in a decade? **Transport policy**, Elsevier, v. 5, n. 3, p. 163–173, 1998.

GEBEYEHU, M.; TAKANO, S.-e. Diagnostic evaluation of public transportation mode choice in addis ababa. **Journal of Public Transportation**, Center of Urban Transport Research, v. 10, n. 4, p. 27, 2007.

GOOGLE. Google maps. 2013. Disponível em: <<http://maps.google.com/>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

GROUP, K. et al. Transit capacity and quality of service manual. 2013.

HAN, D.; YANG, H.; WANG, X. Efficiency of the plate-number-based traffic rationing in general networks. **Transportation Research Part E**, Transportation Research Board, v. 46, n. 6, p. 1095–1110, 2010.

HANDY, S.; WESTON, L.; MOKHTARIAN, P. L. Driving by choice or necessity? **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Elsevier, v. 39, n. 2, p. 183–203, 2005.

HIDALGO, D.; HUIZENGA, C. Implementation of sustainable urban transport in latin america. **Research in Transportation Economics**, v. 40, n. 1, p. 66–77, 2013.

INSTITUTO MAPA. **O que é o movimento Floripa te Quero Bem?** Florianópolis, 2013. Disponível em: <<http://infografico.floripatequerobem.com.br/mobilidade/>>. Acesso em: 23/02/2014.

JOTUR. Empresa de transporte coletivo urbano da grande Florianópolis. 2014. Disponível em: <<http://www.jotur.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

KROPMAN, J.; KATTELER, H. Traffic jams in the randstad, solutions on rails. **An investigation of possibilities for substitution of car use on the Dordrecht-Rotterdam corridor [in Dutch: Files in de Randstad, oplossingen op het spoor]**, 1990.

MASSON, C.; VERA, A. A imobilidade de haddad. **Época**, 2013. Disponível em: <<http://epoca.globo.com/regional/sp/vida-urbana/noticia/2013/12/bimobilidadeb-de-haddad.html>>. Acesso em: 17 out. 2014.

Ministério das Cidades. **PlanMob Construindo a Cidade Sustentável**. Brasília: Secretária Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, 2007.

NURDDEN, A.; RAHMAT, R.; ISMAIL, A. Effect of transportation policies on modal shift from private car to public transport in malaysia. **Journal of applied Sciences**, v. 7, n. 7, p. 1013–1018, 2007.

PARANHOS, T. Corredor exclusivo para ônibus na epnb atingirá 415 mil pessoas diariamente. **Correio Braziliense**, 2011. Disponível em: <http://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2011/12/22/interna_cidadesdf,283743/corredor-exclusivo-para-onibus-na-epnb-atingira-415-mil-pessoas-diariamente.shtml>. Acesso em: 28 set. 2014.

PATANKAR, V. M. et al. Impacts of bus rapid transit lanes on traffic and commuter mobility. **Journal of urban planning and development**, American Society of Civil Engineers, v. 133, n. 2, p. 99–106, 2007.

PÚBLICO. Prefeitura de Blumenau estuda implantar corredores exclusivos para Ônibus. **Diário Catarinense**, 2009. Disponível em: <<http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/noticia/2009/05/prefeitura-de-blumenau-estuda-implantar-corredores-exclusivos-para-onibus-2500414.html>>. Acesso em: 28 set. 2014.

PÚBLICO. Corredor exclusivo para Ônibus será implantado na serra. **Folha Vitória**, 2014. Disponível em: <<http://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/2014/07/corredor-exclusivo-para-onibus-sera-implantado-na-serra.html>>. Acesso em: 28 set. 2014.

PLAMUS. Estudo, análise e proposta de soluções para melhoria da mobilidade urbana na região metropolitana de Florianópolis. 2014.

Disponível em:

<http://www.plamus.com.br/arquivos/plamus_apresentacao_plamus.pdf>.

Acesso em: 20 jul. 2014.

Prefeitura Municipal de Florianópolis. Plano diretor de Florianópolis. 2014. Disponível em:

<<http://www.pmf.sc.gov.br/sites/planodiretor/>>. Acesso em: 28 set. 2014.

PRUD'HOMME, R.; BOCAREJO, J. P. The london congestion charge: a tentative economic appraisal. **Transport Policy**, Elsevier, v. 12, n. 3, p. 279–287, 2005.

RBS. Ações podem melhorar situação do transporte coletivo da capital. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/jornal-do-almoco/videos/t/florianopolis/v/acoes-podem-melhorar-situacao-do-transporte-coletivo-da-capital/2802140/>>.

Acesso em: 20 jul. 2014.

ROLNIK, R. Uma faixa exclusiva de ônibus incomoda muita gente? **Época**, 2013. Disponível em:

<<http://www.viomundo.com.br/voce-escreve/raquel-rolnik.html>>.

Acesso em: 17 out. 2014.

Santa Terezinha. Empresa de transporte coletivo urbano da grande Florianópolis. 2014. Disponível em:

<<http://www.santaterezinha.com>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

SOEHODHO, S.; NAINGGOLAN, P. J. Public transport user attitude based on choice model parameter characteristics (case study: Jakarta busway system). **Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, Eastern Asia Society for Transportation Studies, v. 6, p. 480–491, 2005.

Transporte Coletivo Estrela. Empresa de transporte coletivo urbano da grande Florianópolis. 2014. Disponível em:

<<http://tcestrela.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

TRB, T. R. B. **Highway capacity manual**. 5. ed. Washington (DC): Transportation Research Board of the National Academies of Science, 2010. 311 p.

TSS. Aimsun - advanced interactive microscopic simulator for urban and non-urban networks microsimulator: Users manual, version 8.0. TSS-Transport Simulation Systems, S.L., 2014.

VEDAGIRI, P.; ARASAN, V. T. Estimating modal shift of car travelers to bus on introduction of bus priority system. **Journal of transportation systems engineering and information technology**, Elsevier, v. 9, n. 6, p. 120–129, 2009.

VUCHIC, V. R. **Urban Transit Systems and Technology**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2007.

ZHANG, G.; LI, M.; WANG, J. Application of the advanced public transport system in cities of china and the prospect of its future development. **Journal of Transportation Systems engineering and information technology**, Elsevier, v. 7, n. 5, p. 24–30, 2007.