



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Bruno de Almeida Franco
Nadian Julia Barbosa da Silva

**Método para a avaliação de soluções em transporte com uso de
microsimulação**

São Paulo

2016

Bruno de Almeida Franco
Nadian Julia Barbosa da Silva

**Método para a avaliação de soluções em transporte com uso de
microssimulação**

**Trabalho de Formatura apresentado
à Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo como requisito para a
obtenção do título em Engenharia
Civil.**

**Orientador: Prof. Dr. Claudio Luiz
Marte**

São Paulo

2016

AGRADECIMENTOS

(Coletivos)

Ao longo do desenvolvimento de todo o trabalho, e de nossa própria graduação, encontramos apoio e ajuda através de pessoas queridas, as quais gostaríamos de registrar nosso agradecimento.

Assim gostaríamos de agradecer especialmente nosso professor orientador Dr. Cláudio Luiz Marte, que acreditou, apoiou e abraçou nosso trabalho, mesmo já sobrecarregado com outros grupos. Também os somos gratos aos membros da nossa banca, Thiago Meira, Luciano Peron e Arnaldo Pereira pela colaboração e auxílio no desenvolvimento de nosso trabalho, além da própria experiência profissional e prática adicionada.

Sem o conhecimento, a doação e entrega dos bons professores da Escola Politécnica que nos assistiram em toda a graduação, esse trabalho também não seria possível. Eles transferiram tempo e conhecimento ao longo de nossa graduação, permitindo o desenvolvimento pessoal e profissional que temos hoje, sendo então a base do nosso crescimento e trabalho.

Gostaríamos também de agradecer nossos colegas e amigos que realizaram a pesquisa de campo cujos dados nos foram cedidos e utilizados nesse trabalho.

Agradecemos nossa família, por todo apoio que nos forneceram (e fornecem) em nossas vidas, sempre acreditando e estimulando nosso potencial, não nos deixando desistir, e também agradecemos nossos amigos que nos ajudaram (e ajudam) a superar todos os desafios, no âmbito profissional e pessoal.

Por fim, agradecemos também a Universidade de São Paulo e todas as pessoas que diretamente e indiretamente contribuem para a manutenção da universidade pública de qualidade na qual adquirimos conhecimento e construímos amizades que levaremos para a vida toda.

Em tempo, agradecemos a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho

(Particulares)

Agradeço à minha amiga e parceira Nadian, que acreditou e apoiou todo esse projeto, tendo paciência e força para trabalhar mesmo nos momentos difíceis. Agradeço ao seu trabalho e companheirismo. Também agradeço meu colega Rodrigo pela ajuda no Vissim.

Bruno A. Franco

Além de todos os sinceros agradecimentos já apontados, agradeço imensamente pela Luz, saúde, proteção inspiração e força que tivemos para chegarmos até aqui, nesta entrega. Finalmente, minha gratidão eterna ao meu parceiro de projeto, Bruno. Sua amizade, parceria, confiança e fé no nosso trabalho tornaram tudo verdade.

Nadian Julia B. Silva

RESUMO

FRANCO, B. A.; SILVA, N.J.B. **Método para avaliação de soluções em transporte com uso de microssimulação.** Julho 2016. 142 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo. 2016.

A política acerca do transporte e desenvolvimento econômico adotada nas grandes cidades brasileiras levou à priorização do transporte individual em detrimento do coletivo por muitos anos. Como consequência, tais cidades apresentam hoje sistemas viários saturados e o modelo de investimentos no transporte privado mostra-se insustentável no âmbito econômico, social e ambiental.

Em uma busca por melhorar a mobilidade em várias de suas cidades, os planejadores brasileiros buscam alternativas ao transporte privado, retomando a atenção sobre o transporte coletivo. Porém, em um cenário com recursos limitados, infraestrutura urbana quase sempre já consolidada, torna-se conveniente a busca por soluções inovadoras, flexíveis e de baixo custo.

Nesse contexto surgem, por exemplo, os BRT's, que buscam aliar a flexibilidade dos sistemas de ônibus com a alta capacidade de sistemas sobre trilhos, como o metrô.

Na busca por novas soluções para a questão da mobilidade, faz-se necessário um planejamento adequado, uma vez que intervenções nos sistemas de transporte demandam muitos recursos, os quais a sociedade não pode dispor sem garantias de retornos efetivos. Além disso, quaisquer mudanças nos sistemas, sobretudo aquelas que causam impacto sobre o transporte geral, sofrem constantes críticas por parte da sociedade que não entende completamente a necessidade da ampliação do sistema coletivo.

Por isso, faz-se necessária a avaliação dessas novas soluções e se torna imprescindível uma ferramenta capaz de fornecer aos tomadores de decisão, parâmetros e métricas para classificá-las. A metodologia utilizada neste trabalho considera o emprego de microssimulação, técnica que torna possível, simular uma interferência no sistema de transporte, através de cenários distintos e avaliar seus impactos, benefícios e custos, inclusive sociais, para posteriormente, implantá-los ou não. Como recorte de tema para o trabalho, foi empregada uma metodologia para avaliação de um caso específico: o ponto de ônibus do Eldorado, localizado no corredor de ônibus da Rebouças, em São Paulo. Foram apresentados

os procedimentos de obtenção de dados para alimentação do modelo através de pesquisas de campo, a manipulação do *software* de microssimulação VISSIM, verificando sua adequação a estudos deste tipo.

Foram desenvolvidos quatro ambientes para estudo. Os dois primeiros, chamados de configuração representam duas realidades: a situação atual do ponto de ônibus contendo uma faixa exclusiva de ultrapassagem e duas paradas (configuração A); e a situação antiga do ponto de ônibus, quando não existia faixa de ultrapassagem e o corredor possuía apenas 1 parada (configuração B). Os dois outros ambientes modelados foram chamados de cenários. Um cenário representa uma situação de cobrança desembarcada (cenário 1) e outro a troncalização das linhas do corredor (cenário 2).

A aplicação da metodologia desenvolvida mostrou que a implantação da faixa de ultrapassagem e o desmembramento do ponto de ônibus em duas paradas levou a uma redução de 77% no tempo médio de parada dos ônibus no ponto e uma redução de 38% no tempo médio de viagem no trecho estudado. A cobrança desembarcada não apresentou redução no tempo de parada, apresentando, porém, um aumento no número de embarques. A troncalização associada ao desmembramento do ponto de ônibus em duas paradas levou praticamente aos mesmos valores de redução no tempo médio de parada e tempo médio de viagem que a implantação da faixa de ultrapassagem.

Uma vez que a implantação da faixa de ultrapassagem reduziu o número de faixas disponíveis para o tráfego geral no trecho estudado, um modelo para analisar o efeito sobre o tráfego geral também foi desenvolvido. Os resultados apontaram que a redução no número de faixas aumentou em 37% o tempo médio de viagem dos veículos que passam pelo trecho estudado. Espera-se que o método levantado neste trabalho sirva de consulta e uso futuro, uma vez que avaliar soluções em transporte coletivo urbano (TPCU) não é apenas propor hipóteses, mas também testá-las previamente, de maneira a evitar intervenções ineficientes, arriscadas e não práticas, além de minimizar riscos financeiros às contas públicas.

Palavras-Chave: Microssimulação, VISSIM, ponto de ônibus, faixa exclusiva de ultrapassagem, transporte público, mobilidade urbana.

ABSTRACT

FRANCO, B. A.; SILVA, N.J.B. **Method for Evaluating Transport Solutions using micro-simulation**. July 2016. 142 p. Working course conclusion (graduation) – Polytechnic School, University of São Paulo - USP, São Paulo. 2015.

For many years, the logic about the transportation planning adopted in Brazil major cities led private transport prioritization rather than public transport. As a result, nowadays these cities face transportation issues, related to the road system saturation, that shows these logic is economic, social and environmental unsupportable.

In a quest to improve mobility in several cities, Brazilian planners are looking for alternatives for it transportation system, paying attention to transit. However, the lack of resources and with most of it cities infrastructure already consolidated, it is necessary to seek new and adaptable solutions.

The search for new solutions to mobility issue showed how important a master plan is. Since many interventions requires a lot of resources, the society cannot afford it. Furthermore, any changes in systems, especially those who influence on private transport, suffer constant attacks of society that doesn't fully understand the need to expand the public transport system.

Therefore, tools that provide metrics and parameters to evaluate and compare these new solutions are extremely necessary, supporting decision makers. One of these tools, which is presented in this work and it is widely used in transportation planning around the world, it is micro-simulation software's. This tool enables to build different scenarios, such as current and future horizon, allowing the comparison between their performances.

It was used a case study as an example for micro-simulation software application. A methodology using VISSIM, a micro-simulation software, was created to analyze the impact of an overtaking lane deployment at Eldorado bus stop, located in São Paulo. Procedures to obtain data inputs for the software through field surveys were described and also VISSIM functionality and adequacy were evaluated.

First it was created a scenario representing the bus stop current configuration, with two platform and bus exclusive overtaking lane (named "configuração A"). Then, it was created a

scenario representing the old configuration (named “configuração B”) of the bus stop. The results of both scenarios were compared. Furthermore, it was elaborated two more scenarios: “Cenário 1” and “Cenário 2”. “Cenário 1” simulates an off-board fare payment system for the bus stop and “Cenário 2” simulates a trunk service with two platforms at the bus stop.

The comparison between “configuração A” and “configuração B” shows that the configuration with two stops and overtaking lane reduced 77% of bus average dwell time and 38% of bus travel time at the section studied. Off-board fare payment presented no time reduction, only some gains in terms of boarding amount (9% increase). The trunk service with two platforms reported similar time improvements as “configuração A”.

As the overtaking lane reduces the amount of lanes available for general transit, it was also simulated with VISSIM the impact that it would generate in general transit. Results presented that average travel time was increased 37% for general transit at the studied section.

It is expected that the proposed method will serve as a future consultation tool in mass transport solutions. Once that analyze these solutions it’s not just about proposing hypotheses but also tests them, this procedure avoid implementing inefficient, unsafe and impracticable interventions, minimizing financial risks to public accounts.

Keywords: Micro-simulation, VISSIM, overtaking bus lane, public transportation, bus stop, urban mobility.

Sumário

1.	Introdução.....	13
1.1.	Crescimento Urbano e soluções estratégicas	13
1.2.	Histórico do sistema de transportes sob responsabilidade municipal	16
1.3.	Corredores e sistemas BRT.....	19
2.	Objetivos	24
3.	Levantamento Bibliográfico	25
3.1.	Políticas públicas relacionadas ao transporte urbano	25
3.2.	Capacidade de corredores: tempo x velocidade.....	26
3.3.	Avaliação por modelagem.....	30
3.3.1.	O uso de modelos e simulação nos processos de tomada de decisão	30
3.3.2.	O uso de simulação no planejamento de transportes e engenharia de tráfego	32
3.3.3.	Calibração do modelo e verificação dos dados.....	33
3.4.	Escolha do Software de Simulação.....	34
3.4.1.	Tipos de Software disponíveis.....	35
3.4.2.	Funcionamento do software escolhido.....	39
3.5.	Considerações Finais	48
4.	Desenvolvimento: Aplicação	50
4.1.	Área de estudo	50
4.2.	Levantamento de dados.....	52
4.2.1.	Levantamento de linhas atuando no ponto – SPTrans	52
4.2.2.	Levantamentos de campo	53
4.2.3.	Levantamento de informação do GPS.....	80
4.3.	Avaliação de impacto no tráfego geral	82
4.4.	Construção do modelo no software.....	84
4.4.1.	Construção da rede	84
4.4.2.	Construção da rede para tráfego geral	91
4.5.	Configuração A: Situação atual	92
4.5.1.	Calibração dos parâmetros e dados de entrada	92
4.5.2.	Resultados Obtidos	94
4.5.3.	Considerações sobre a configuração A	101
4.6.	Configuração B: ausência da faixa de ultrapassagem	101
4.6.1.	Modificações na rede	102
4.6.2.	Resultados Obtidos:	102
4.6.3.	Considerações sobre a configuração B.	108
4.7.	Simulação do tráfego geral	108

4.7.1.	Hipóteses e parâmetros	109
4.7.2.	Resultados	111
4.7.3.	Considerações sobre a simulação de tráfego geral.....	112
4.8.	Impacto Global	112
4.8.1.	Considerações sobre o impacto global	116
4.9.	Cenário 1: cobrança desembarcada.....	118
4.9.1.	Revisão bibliográfica.....	118
4.9.2.	Hipóteses e parâmetros	120
4.9.3.	Resultados	121
4.9.4.	Considerações sobre o cenário 1	124
4.10.	Cenário 2: Troncalização das linhas	126
4.10.1.	Revisão Bibliográfica	126
4.10.2.	Hipóteses e parâmetros	127
4.10.3.	Resultados	129
4.10.4.	Considerações sobre o cenário 2	131
4.11.	Considerações finais do desenvolvimento.....	132
5.	Considerações finais, críticas e sugestões.....	134
6.	Referências Bibliográficas	138

Lista de figuras

FIGURA 1- PARTICIPAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS (%) E TEMPOS MÉDIOS DE VIAGEM (EM MINUTOS-MIN.) EM 2012.	14
FIGURA 2- IMPLANTAÇÃO DE CORREDORES DE ÔNIBUS NO BRASIL	20
FIGURA 3- ESQUEMA DE ULTRAPASSAGEM POR FAIXA DE SENTIDO OPOSTO SEMAFORIZADA	21
FIGURA 4- ESQUEMA DE ULTRAPASSAGEM POR FAIXA DE PASSAGEM FÍSICA E SEGREGADA	21
FIGURA 5-CAPACIDADE DE PASSAGEIROS X INVESTIMENTO POR KM, DE ACORDO COM O MODO DE VIAGEM	22
FIGURA 6-LOCALIZAÇÃO DA PARADA ELDORADO (OBJETO DE ESTUDO) E DE ALGUNS DOS PONTOS COMERCIAIS DO ENTORNO	27
FIGURA 7-ESQUEMA DE FAIXA SEGREGADA COM USO DE BAIAS EM PONTOS DE PARADA.	28
FIGURA 8 - MAPA DE CALOR OBTIDO POR MEIO DOS DADOS DE GPS DE 2013 DOS ÔNIBUS QUE OPERAM NO CORREDOR.	29
FIGURA 9 - GRÁFICO DE FUNCIONAMENTO DO MODELO DE <i>CAR FOLLOWING</i> DE WIEDEMANN.	40
FIGURA 10- VALORES PADRÃO DO VISSIM PARA ÔNIBUS.	43
FIGURA 11-EXEMPLO DO EFEITO DE TAU SOBRE AS FORÇAS DE INTERAÇÃO ENTRE PEDESTRES.	45
FIGURA 12-VISTA AÉREA DO PONTO ANTES E DEPOIS DAS MODIFICAÇÕES.	50
FIGURA 13 - O PONTO DE ÔNIBUS EM SUA CONFIGURAÇÃO SEM FAIXA DE ULTRAPASSAGEM.	51
FIGURA 14 - O PONTO DE ÔNIBUS COM A FAIXA DE ULTRAPASSAGEM.	51
FIGURA 15-TEMPO DE PARADA X NÚMERO DE EMBARQUES.	54
FIGURA 16 - ILUSTRAÇÃO DA CODIFICAÇÃO DAS POSIÇÕES DE PARADAS E PORTAS DOS ÔNIBUS PARA A IDENTIFICAÇÃO NA PESQUISA.	56
FIGURA 17- EXEMPLO DOS TEMPOS E NÚMEROS DE EMBARQUE E DESEMBARQUE PARA UM VEÍCULO AVALIADO.	57
FIGURA 18- GRUPO 1-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	64
FIGURA 19- GRUPO 2-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	65
FIGURA 20- GRUPO 3-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	65
FIGURA 21- GRUPO 4-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	66
FIGURA 22- GRUPO 5-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	66
FIGURA 23- GRUPO 6-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	67
FIGURA 24- GRUPO 7-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	67
FIGURA 25- GRUPO 8-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	68
FIGURA 26- GRUPO 9-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	68
FIGURA 27- GRUPO 10-PERCURSO, PONTO DE PARADA LINHAS E VEÍCULO TIPO OBSERVADOS.	69
FIGURA 28 - TOTAL DE EMBARQUES EM CADA GRUPO POR PERÍODO.	72
FIGURA 29 - NÍVEL DE OCUPAÇÃO DOS VEÍCULOS DE ACORDO COM A PESQUISA FOV (EM%)	72
FIGURA 30 - RELAÇÃO ENTRE TEMPO DE EMBARQUE E NÚMERO DE EMBARQUES.	77
FIGURA 31 - TEMPOS DE ESPERA, LIVRE E FORÇADO PARA CADA PORTA DO VEÍCULO A0 DA PESQUISA	78
FIGURA 32 - GRÁFICO COM O PERCENTUAL DOS TEMPOS POR PORTA DO VEÍCULO.	79
FIGURA 33- MAPA DE ORIGENS (VERDE) E DESTINOS(VERMELHO) NA HORA PICO TARDE. PREDOMINÂNCIA DE ORIGENS NO LOCAL AVALIADO	80
FIGURA 34 - PONTOS DE GPS PLOTADOS NO SIG.	81
FIGURA 35 – REDE CONSTRUÍDA PARA FLUXO DO CORREDOR VISÃO 3D.	85
FIGURA 36 - REDE CONSTRUÍDA COM O PONTO DE PARADA AUXILIAR DA FARIA LIMA.	86
FIGURA 37 - REDE TRÁFEGO GERAL CONFIGURAÇÃO A.	91
FIGURA 38 - REDE TRÁFEGO GERAL CONFIGURAÇÃO B.	92
FIGURA 37 - CENÁRIO CONSTRUÍDO VISÃO 2D COM MEDIDAS APROXIMADAS.	92
FIGURA 39 - VISÃO GERAL DO MODELO NO VISSIM.	94
FIGURA 40 - IMAGEM DA SIMULAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO A.	100
FIGURA 41 - SIMULAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO A SOBRE OUTRA VISÃO.	100

FIGURA 42 - PONTOS DE CONTAGEM VEICULAR PARA O EIXO DA AVENIDA REBOUÇAS.	109
FIGURA 43 - ROTAS DO TRÁFEGO GERAL.	110
FIGURA 44 - SIMULAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO A.	111
FIGURA 45 - EQUAÇÃO DA TAXA DE CUSTO BENEFÍCIO.	112
FIGURA 46 - GRÁFICO DE TEMPO DE EMBARQUE POR PASSAGEIRO DE ACORDO COM NÚMERO DE PORTAS E TECNOLOGIA DE COBRANÇA.	119
FIGURA 47 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DE UM CORREDOR TRONCO ALIMENTADO E DE UM CORREDOR COM SERVIÇOS DIRETOS.	126
FIGURA 48 - IMAGEM DO CENÁRIO 2.	128

Lista de tabelas

TABELA 1-COMPARAÇÃO ENTRE ALGUNS DOS SOFTWARES DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO DISPONÍVEIS NA ATUALIDADE.	36
TABELA 2-LINHAS QUE PASSAM PELO PONTO PARADA ELDORADO	52
TABELA 3- NÍVEIS DE OCUPAÇÃO PARA A PESQUISA FOV	55
TABELA 4-FORMATO DO BANCO DE DADOS DA PESQUISA F.O.V.	59
TABELA 6-FORMATO BANCO DE DADOS DA PESQUISA EMBARQUE E DESEMBARQUE CRONOMETRADO	61
TABELA 5-FORMATO DO BANCO DE DADOS DA PESQUISA DE EMBARQUE E DESEMBARQUE CRONOMETRADO	61
TABELA 7-VARIAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA PROGRAMADA (SPTRANS) E A FREQUÊNCIA REGISTRADA PELA PESQUISA FOV.	69
TABELA 8 - TIPO DE VEÍCULO POR LINHA.	71
TABELA 9 - OCUPAÇÃO PERCENTUAL PARA CADA NÍVEL DA PESQUISA.	73
TABELA 10 - CAPACIDADE MÁXIMA DE PASSAGEIROS POR METRO QUADRADO.	74
TABELA 11 - CÁLCULO PARA ESTIMAR PASSAGEIROS EM PÉ PARA CADA VEÍCULO	74
TABELA 12 - ESTIMATIVA DA OCUPAÇÃO DE CADA VEÍCULO COM BASE NA FOV.	75
TABELA 13 - OCUPAÇÃO MÉDIA DOS VEÍCULOS AO CHEGAREM NO PONTO.	75
TABELA 14-TEMPOS DE PARADA EM FUNÇÃO DAS PORTAS UTILIZADAS PARA EMBARQUE E DESEMBARQUE	77
TABELA 15 - EMBARQUES E DESEMBARQUES POR PORTA DO VEÍCULO A0	78
TABELA 16 - VOLUME OBSERVADO PARA 50 MINUTOS DE VÍDEO.	82
TABELA 17 - ESTIMATIVA DO VOLUME DE VEÍCULOS PASSANDO PELAS VIAS DE TRÁFEGO GERAL.	83
TABELA 18 - ESTIMATIVAS DE PASSAGEIROS NO PERÍODO DE UMA HORA.	83
TABELA 19 - TEMPO MÉDIO DE EMBARQUE E DESEMBARQUE EM FUNÇÃO DO VEÍCULO.	87
TABELA 20 -TEMPO MÉDIO DE EMBARQUE POR PASSAGEIROS DE ACORDO COM O MÉTODO DE COBRANÇA.	87
TABELA 21 - RESULTADOS PARA CADA RODADA DA FREQUÊNCIA REGISTRADA POR LINHA.	95
TABELA 22 - FREQUÊNCIA DA PESQUISA VERSUS FREQUÊNCIA MODELADA.	95
TABELA 23 - NÚMERO DE EMBARQUES POR GRUPO DE LINHA EM CADA UMA DAS RODADAS.	96
TABELA 24 - NÚMERO DE DESEMBARQUES POR GRUPO DE LINHA EM CADA UMA DAS RODADAS.	97
TABELA 25 - NÚMERO DE EMBARQUES E DESEMBARQUES.	97
TABELA 26 - TEMPO MÉDIO DE PARADA CALCULADO PARA CADA RODADA.	98
TABELA 27 -TEMPO MÉDIO DE PARADA DO ÔNIBUS NO PONTO (EM SEGUNDOS).	99
TABELA 28 - INTERVALOS TÍPICOS PARA UM SISTEMA BRT.	99
TABELA 29 - RESULTADOS DE FREQUÊNCIA PARA AS 5 RODADAS DA CONFIGURAÇÃO B.	102
TABELA 30 - FREQUÊNCIA DO MODELO E FREQUÊNCIA OBSERVADA NA PESQUISA.	103
TABELA 31 - NÚMERO DE EMBARQUES PARA CADA RODADA DA CONFIGURAÇÃO B.	103
TABELA 32 - NÚMERO DE DESEMBARQUES EM CADA RODADA DA CONFIGURAÇÃO B.	104
TABELA 33 - NÚMERO DE EMBARQUES E DESEMBARQUES.	104
TABELA 34 - TEMPO MÉDIO DE PARADA PARA CADA UMA DAS RODADAS.	105
TABELA 35 - TEMPO MÉDIA DE PARADA DO VEÍCULO NO PONTO NA CONFIGURAÇÃO B.	106
TABELA 36 - COMPARAÇÃO ENTRE O TEMPO MÉDIO DE PARADA DO VEÍCULO NO PONTO.	107
TABELA 37 - VARIAÇÃO ENTRE A VELOCIDADE MÉDIA DO MODELO E DOS DADOS DE GPS.	107
TABELA 38 - VARIAÇÃO NA VELOCIDADE MÉDIA ENTRE A CONFIGURAÇÃO A E B.	107
TABELA 39 - RESULTADOS DA CONTAGEM VEICULAR NO PONTO 3.	110
TABELA 40 - RESULTADOS DO MODELO PARA TRÁFEGO MISTO.	111
TABELA 41 - TOTAL DE PASSAGEIROS TRANSPORTADOS POR GRUPO NA CONFIGURAÇÃO A.	114
TABELA 42 - TOTAL DE PASSAGEIROS TRANSPORTADOS POR GRUPO NA CONFIGURAÇÃO B.	114
TABELA 43 - TEMPO DE VIAGEM TOTAL.	115
TABELA 44 - REDUÇÃO GLOBAL ESTIMADA DO ÍNDICE DE ESPERA.	116
TABELA 45 - TEMPO DE ESPERA PARA O TRÁFEGO GERAL.	116
TABELA 46 - TEMPO DE EMBARQUE POR TIPO DE TECNOLOGIA DE COBRANÇA.	118
TABELA 47 - TEMPO DE EMBARQUE POR TIPO DE TECNOLOGIA DE COBRANÇA.	120
TABELA 48 - TEMPO DE EMBARQUE ADOTADO.	120

TABELA 49 - TEMPO DE EMBARQUE E DESEMBARQUE DO CENÁRIO 1.	121
TABELA 50 - RESULTADOS DE FREQUÊNCIA PARA AS 5 RODADAS DA CONFIGURAÇÃO B.	121
TABELA 51 - NÚMERO DE EMBARQUES.	122
TABELA 52 - NÚMERO DE DESEMBARQUES.	122
TABELA 53 - COMPARAÇÃO NO NÚMERO DE EMBARQUES E DESEMBARQUES.	123
TABELA 54 - TEMPO MÉDIO DE PARADA.	123
TABELA 55 - COMPARAÇÃO ENTRE O TEMPO MÉDIO DE PARADA.	124
TABELA 56 - NOVO AGRUPAMENTO PARA O CENÁRIO 2.	127
TABELA 57 - ENTRADAS PARA O CENÁRIO 2.	128
TABELA 58 - FREQUÊNCIA OBSERVADA EM CADA SIMULAÇÃO.	129
TABELA 59 - NÚMERO DE EMBARQUES EM CADA SIMULAÇÃO.	129
TABELA 60 - NÚMERO DE DESEMBARQUES EM CADA SIMULAÇÃO.	129
TABELA 61 - COMPARAÇÃO ENTRE EMBARQUES E DESEMBARQUES.	130
TABELA 62 - TEMPO MÉDIO DE PARADA.	130
TABELA 63 - COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE PARADA.	131

1. Introdução

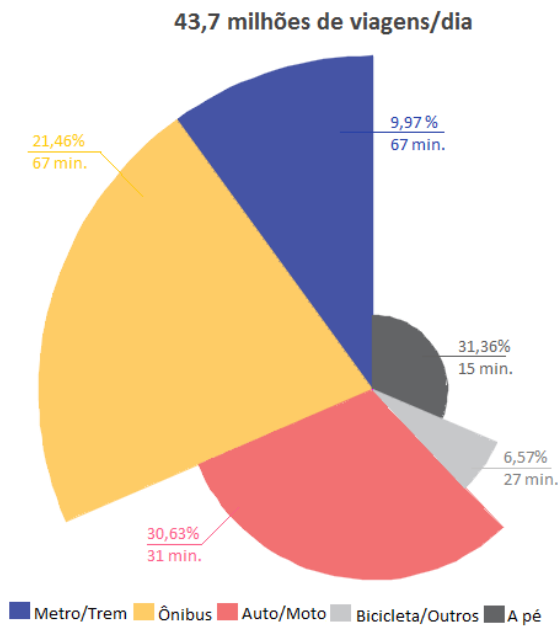
1.1. Crescimento Urbano e soluções estratégicas

O crescimento urbano de grandes cidades ano após ano é um fenômeno irrefutável. Segundo o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-Habitat), a população urbana (mundial) cresceu 5,2 vezes entre os anos de 1950 e 2014. Só no Brasil, o IBGE estima que a população brasileira variou de 51,9 a 190,7 milhões para o mesmo período. Previsões da própria ONU sugerem que até o ano de 2030 grandes centros urbanos tenham sua população absoluta dobrada, se comparada com 2010. Em São Paulo especificamente, o ritmo de crescimento populacional cai, porém ainda é positivo, mostrando uma certa estabilidade no crescimento da cidade.

Atrelado a todo esse aumento populacional, diversas questões podem ser colocadas em pauta. A organização do espaço ocupado, a presença de infraestrutura e vias públicas eficientes, a fluidez nos deslocamentos diários, a garantia do bem-estar de toda a população são apenas exemplos rápidos do cenário atual. Na atualidade, destacam-se os esforços voltados às questões do transporte e mobilidade urbana como um todo.

Segundo os resultados da pesquisa de mobilidade realizada pelo metrô de São Paulo-SP, em 2012 eram gerados na época quase 43,7 milhões de viagens diárias, só na RMSP, considerando-se os mais diversos modais, como metrô, trem, ônibus, bicicleta, à pé, táxi, carona e automóveis. Na época, 21,5% destas viagens correspondiam a trajetos realizados em ônibus. Outros 10% cabiam ao metrô e trens da CPTM. Paralelamente, considerando o tempo médio, a mesma pesquisa demonstra que os modos de transporte coletivo produzem viagens com quase uma hora de duração. Cerca de 2,2 vezes o tempo gasto com viagens no modo individual. Esses tempos e demais resultados percentuais podem ser observados na Figura 1.

Figura 1- Participação dos diferentes modos (%) e tempos médios de viagem (em minutos-min.) em 2012.



Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa de Mobilidade do Metro (2012).

Com base nos resultados, observa-se uma pluralidade na alocação das viagens por modo, além de uma não uniformidade na distribuição dos tempos. Sendo assim, é de se esperar que a distribuição de satisfação sob os diferentes modais não seja uniforme, e que fatalmente no modo com maior tempo e número de viagens, neste caso os ônibus, recaiam as maiores reclamações a respeito da qualidade.

Dentro dessa lógica do contínuo crescimento urbano e dos crescentes deslocamentos associados a níveis de serviço mais satisfatórios, se inserem as necessidades de novos investimentos em transportes. Vasconcellos (2013) ressalta que a falta de incentivo ao transporte público vem desde a década de 60, quando a ilusão de “espaço viário infinito” e individualizado começou a ser vendida tanto por políticos como pela indústria automotiva.

Desta forma, no contexto das grandes e médias cidades, os investimentos em transporte público possuem um objetivo a mais: torná-lo econômico e ambientalmente viável, mas também garantir uma mudança de comportamento à longo prazo na população.

Construir ou contribuir para uma cidade com transporte público mais eficiente é garantir uma maior fluidez das principais vias urbanas como um todo; serve também como

solução paralela aos níveis de congestionamento crescentes, além de possivelmente reduzir o consumo excessivo de veículos e combustíveis fósseis. Contribui em última análise para um modelo de ocupação urbana mais justo e satisfatório a todos.

Em busca de solucionar essas e demais questões não apenas do transporte público e urbano, diretrizes e planos de governo são criados. Para orientar na busca de soluções aos problemas, cada vez mais a figura do gestor público é colocada em pauta.

Com campos de atuação ampla, seja na esfera federal, estadual ou municipal, um bom gestor é consciente que seu papel é custoso, e que zelar pelo interesse comum não é tarefa fácil e harmoniosa. Não basta boa influência e jogo de cintura, são demandados conhecimentos específicos, experiência prévia e visão sistêmica para sugerir e administrar soluções para os problemas urbanos. Mais do que isso: em tempos de mobilização social, é necessário também justificar mudanças e escolhas tomadas para garantir que toda a cidade não vire as costas para a administração vigente.

Sendo assim, neste trabalho é proposto um ensaio para a avaliação de soluções em transporte, estejam elas já implementadas ou não. Através da aplicação dos conceitos vistos no curso de Engenharia Civil foi proposto um modelo de estudo associado com a microssimulação, de maneira a avaliar melhor a realidade. Espera-se demonstrar aqui como uma boa descrição dos resultados observados poderia ser feita, associando ora a ideia do gestor público comunicativo, ora a visão acadêmica dada pela universidade.

1.2. Histórico do sistema de transportes sob responsabilidade municipal

Tratar especificamente de uma única solução em transporte coletivo urbano requer análise histórica e clareza. Além de entender toda uma contextualização temporal, é preciso perceber as motivações que desencadearam sua concepção e aplicação.

Os primeiros serviços de transporte alternativos que surgiram em cidades e organizações urbanas sempre ocorreram inicialmente na informalidade. Ainda sem regulamentação, esta prestação de serviços era realizada por veículos similares a táxis e lotações de pequeno porte, muitas vezes velhos, e com pouca segurança.

No cenário paulistano o museu metropolitano dos transportes considera que a história do transporte coletivo tem início por volta de 1865. Segundo seu arquivo digital, o museu afirma que para atender a demanda populacional de locais como as ruas Direita, do Rosário e São Bento, um italiano chamado Donato Severino publicou em jornal uma tabela com seus preços para carros de aluguel por hora ou para locais conhecidos.

Em 1880 a linha de bonde que interligava a Rua da Liberdade, na capital, com a então Vila de Santo Amaro foi construída. Naquela época, a operação de bondes por tração animal já funcionava de maneira discreta, através da companhia de Carris de São Paulo, fundada em 1871. Apenas dez anos depois surgiria a primeira linha de bonde elétrico operada pela Light unindo a região do Centro com a Barra Funda.

A companhia Viação Paulista foi então fundada em 1889 com o intuito de atender diferentes demandas: interligar bairros novos em ascensão na cidade, atender serviços de transporte para festas e eventos, além de disponibilidade contínua em estações de trem. Já em 1893 o volume de serviços prestados era tanto que o próprio poder público resolveu emitir passes integrando tanto os transportes realizados pela companhia Carris de ferro de São Paulo (LIGHT) como os disponibilizados pela Viação Paulista. Anos depois a própria Light seria a dona de ambas as empresas após uma aquisição em leilão. A concessão dada pela prefeitura para a realização dos serviços de transportes durou até 1941 (SPtrans, 2007).

Em 1946 o então prefeito Abrahão Ribeiro determinou a constituição da Companhia Municipal de Transportes Coletivos (CMTC) com o objetivo de prestar serviços de transportes

coletivos por 30 anos para a capital. Um ano depois, São Paulo com toda a sua importância na época ainda tinha 65% da população atendida por bondes contra 35% atendidos por ônibus. Finalmente a Light transferiu seu patrimônio relativo ao transporte coletivo para a CMTC, unificando mais de 90 linhas municipais dentro de 37 empresas particulares. O serviço era ainda essencialmente ruim e precário, e a insatisfação da população permaneceu por um longo tempo, mesmo com ações e melhorias. De lá pra cá, muitas mudanças ocorreram: o sistema de trólebus¹ foi importado e implantado; ônibus foram padronizados; o sistema de bondes foi desativado; o metrô começou a operar na cidade e a integração entre ônibus e ferrovia foi iniciada.

Chegando à década de 90, a prefeitura deu início ao Projeto de Municipalização dos transportes coletivos por ônibus, no qual ocorreu um processo de terceirização do transporte abrindo licitação para 42 lotes operacionais (SPtrans, 2007). No final de 1992 a CMTC que antes detinha 90% da operação do serviço de transporte de passageiros tornou-se responsável por apenas 27%. Empresas contratadas ficaram responsáveis pelo restante da fatia. Em 1995 a CMTC já havia sido privatizada e transferido o sistema a 47 empresas privadas. A SPTrans foi criada no mesmo ano como empresa em substituição à anterior, tornando-se responsável pelo planejamento e programação de linhas, frota e veículos, fiscalização e arrecadação, além de contratação e repasse/remuneração às empresas contratadas e outras tarefas.

Pode-se dizer que até então o serviço de ônibus era convencional, com operação subsidiada e cobrança dentro do ônibus. As paradas possuíam sinalização muito simples, não atendendo ao conforto mínimo dos usuários. A capacidade de transporte também era reduzida, uma vez que os ônibus possuíam tamanho padrão (aproximadamente 80 passageiros-pax/veículo).

Em 1997 se iniciou a cobrança automática de tarifa com catracas eletrônicas e uso de bilhetes em parte da frota da Zona Sul. Neste mesmo período iniciou-se a construção, sem sucesso, de uma linha de Veículo Leve sobre Pneu (VLP) –trólebus–ligando o Sacomã ao Centro com um total de 8,5 km. Concebido para ser um sistema de transporte com média

¹ Similar aos ônibus convencionais, o trólebus roda com pneus sobre o pavimento comum de vias urbanas. Por outro lado, é movido por uma fonte de eletricidade externa, transmitida por um cabo aéreo suspenso ao longo do trajeto. (EMTU)

capacidade de até 221 pax/veículo, o projeto foi paralisado em 1999 por inconstâncias políticas e sofreu alterações significativas desde então.

Já em 2001 a bilhetagem eletrônica foi iniciada com o Cartão do Idoso. Dois anos depois a cidade já contava com cinco novos terminais: Parelheiros, Jardim Ângela, Lapa, Pirituba e Amaral Gurgel. O primeiro corredor de ônibus Pirituba/Lapa/Centro entrou em operação, iniciam-se os corredores básicos, com vias segregadas, paradas melhor sinalizadas e protegidas, e ainda com cobrança interna. Finalmente, em 2004 a bilhetagem eletrônica se intensifica com o Bilhete Único e a tarifa horária e mais sete corredores foram inaugurados: Inajar de Souza, Rio Bonito, 9 de julho, Ibirapuera, Santo Amaro, Guarapiranga e Rebouças/Consolação.

Há de se destacar que a bilhetagem eletrônica não apenas acelerou todo o sistema de transporte, ela o tornou mais seguro para todas as partes e afetou também o comportamento e a ocupação urbana de toda a cidade. Isso se explica com relativa simplicidade: uma vez que o número de viagens realizadas num período tem valor único, a urgência em morar perto do trabalho ou da escola não tem a mesma importância. Dessa forma, a movimentação pendular ganhou força, impulsionada por preços menores de aluguel e compra de imóveis nas regiões periféricas. Por fim, esta mudança alavancou ainda mais o desequilíbrio no número de viagens diárias por modo, como já apresentado anteriormente na Figura 1.

Percebe-se com este breve apanhado uma mudança de comportamento na gestão pública municipal. Durante muito tempo os investimentos em transporte público foram voltados para sistemas de baixa capacidade operacional. Isso se deve em grande parte pelo modelo de implantação de transporte existente na capital, mas justifica-se principalmente pela sua flexibilidade e baixo custo frente a outros sistemas mais complexos. Atualmente, com a saturação do sistema de transportes (e o alto número de viagens diárias), sua necessidade de modernização e melhorias para atender a demanda crescente, os sistemas de alta e média capacidade começam a ser enxergados como soluções associadas para este “gargalo”.

1.3. Corredores e sistemas BRT

Caminhando na linha da evolução, após os sistemas de corredores básicos, encontra-se o sistema de Transporte Rápido por Ônibus (BRT ou Bus Rapid Transit). O Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP, 2014) enumera ao menos cinco elementos que basicamente compõem um padrão básico de BRT. Estes elementos são parte de um esforço global dos líderes em design de transporte em ônibus para estabelecer uma definição comum de BRT e garantir que este sistema possa oferecer experiências de padrão internacional aos passageiros, com benefícios econômicos e impactos ambientais reduzidos.

Primeiramente são necessárias faixas exclusivas de ônibus, tornando as viagens rápidas e reduzindo atrasos por tráfego conjunto. Em segundo lugar está o alinhamento e continuidade da via: sistemas com posicionamento na porção central minimizam o risco de atrasos causados por estacionamento, manobras e conversões de demais veículos. Em terceiro lugar, o pagamento da passagem do ônibus ainda nos pontos e estações reduz o tempo de embarque. A quarta característica é o tratamento das intersecções com demais vias, facilitando a passagem de veículos e reduzindo atrasos por interferência. Finalmente, a existência de plataformas de embarque em nível além de agilizar o processo de embarque garante também o acesso de passageiros com mobilidade reduzida e necessidades especiais.

A datação e registro mais antigos de sistemas BRTs no mundo vem de Chicago em 1937. Na época, o conceito foi sugerido para converter três linhas ferroviárias de trânsito rápido, localizadas na porção oeste, em operações de ônibus expresso com distribuição em vias nas faixas centrais, segundo Harrington et al² (1937 apud Levinson et al, 2002, p.6). Trata-se do início dos corredores de ônibus que são vistos hoje.

Por volta de 1963, em Paris, foi materializado pela primeira vez o conceito de faixas exclusivas. Em 1966 nos Estados Unidos, as faixas além de exclusivas começaram a ser dispostas no canteiro central de pistas. A mudança inicialmente de caráter geométrico trouxe uma nova logística para o fluxo de transporte. Além de interferir no comportamento de espera do usuário e também na concepção dos veículos, trazer todo um sistema de linhas de ônibus

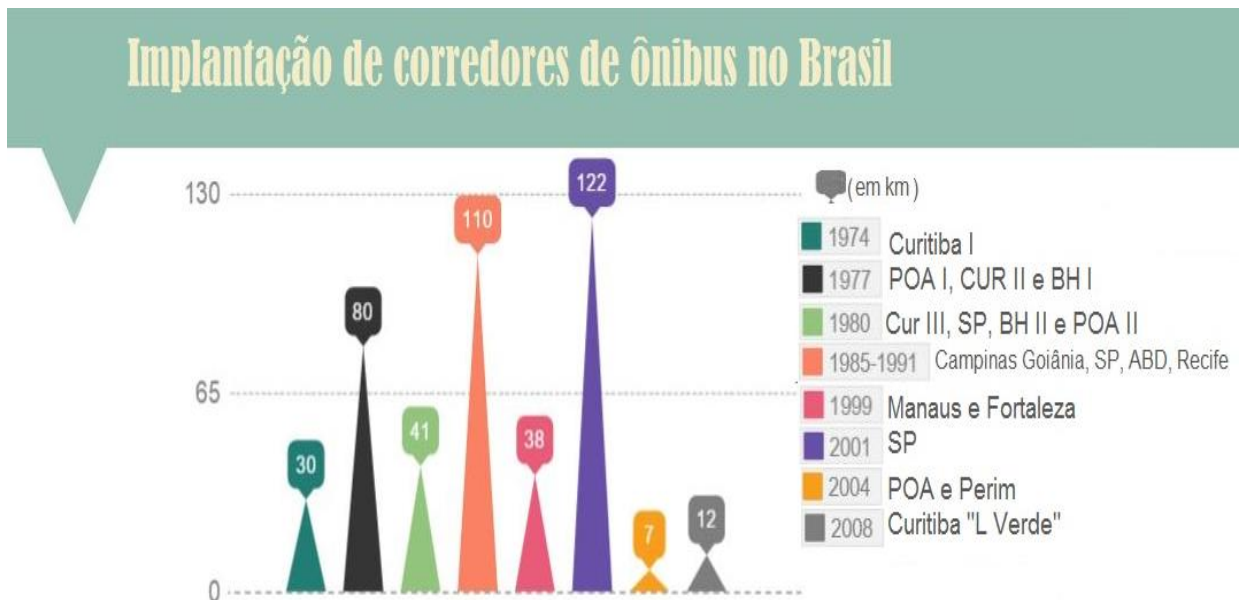
² Harrington, P., R. F. Kelker, and C. E. DeLeuw. 1937. A comprehensive local transportation plan for the City of Chicago.

para um único local e concentrá-lo exigiu estudos de intervalo, regulamentação e escoamento dos ônibus e demais veículos presentes, bem como prever tratamentos específicos na interseção de sessões. Em 1972 na capital do Peru, Lima, a via de ônibus tornou-se exclusiva e com separação das demais faixas presentes.

No Brasil, o sistema BRT foi criado em 1974 na cidade de Curitiba e tornou-se modelo de implementação, possuindo uma rede de integração, estações bem estruturadas com cobrança externa e contribuindo para um nível de serviço rápido e com tecnologia limpa.

A Figura 2 a seguir apresenta a evolução da implantação de corredores de ônibus no Brasil para os anos de 1974 a 2008.

Figura 2- Implantação de corredores de ônibus no Brasil

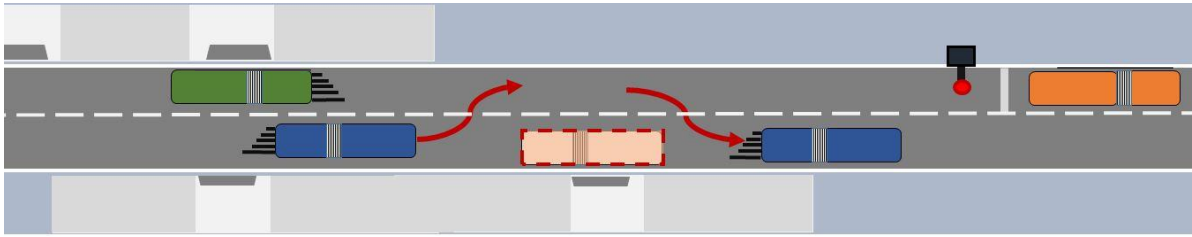


Fonte: Elaboração própria com dados de Vasconcellos (2010).

Do ponto de vista da infraestrutura, o volume de tráfego ainda sofreria limitações na capacidade em função do acúmulo e enfileiramento de veículos nos pontos de embarque e desembarque. Como solução, foi implantada a ultrapassagem com duas opções primordiais: as ultrapassagens por faixas segregadas no sentido oposto, e as ultrapassagens realizadas em faixas de passagem físicas e segregadas (ITDP, 2014).

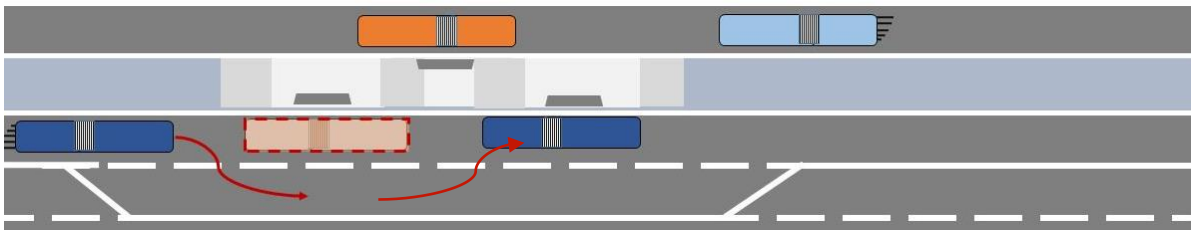
A Figura 3 e Figura 4 apresentam o descrito acima. Este tipo de tratamento varia conforme a disponibilidade de projeto. À título de exemplo, o BRT TransMilenio em Bogotá - Colômbia foi o primeiro sistema a introduzir faixas de ultrapassagem nas estações, o que proporcionou aumento da capacidade de transporte (ITDP Brasil, 2014).

Figura 3- Esquema de ultrapassagem por faixa de sentido oposto semaforizada



Fonte: Elaboração própria

Figura 4- Esquema de ultrapassagem por faixa de passagem física e segregada



Fonte: Elaboração própria

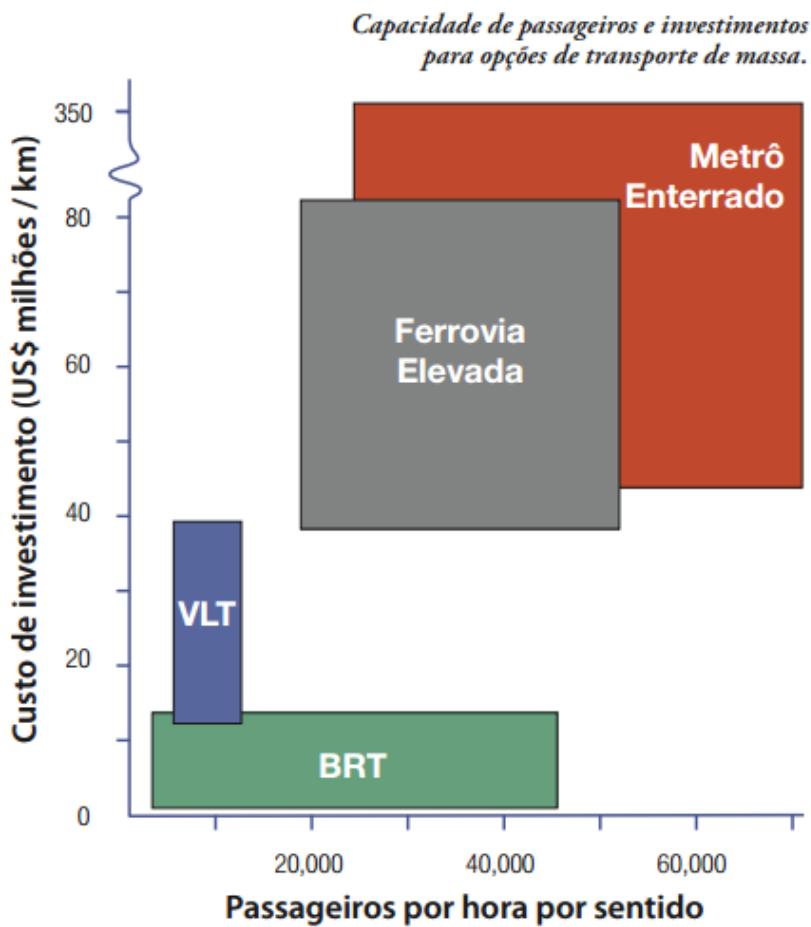
Recentemente, em junho de 2015, a prefeitura do município de São Paulo implantou uma faixa de ultrapassagem associada à expansão da parada Eldorado, sentido bairro, no corredor Rebouças. Provavelmente, a medida foi tomada com base em dificuldades e problemas reportados por usuários - o que caracteriza uma operação deficiente - além de uma alta demanda. Infelizmente, os problemas operacionais de corredores no Brasil não são casos isolados.

Embora com um histórico de quase 80 anos, foi apenas na última década que 65% de toda a malha atual de corredores e BRT's foi construída. Localizada principalmente em países como China, Brasil e Indonésia, estas malhas chegam a apresentar custos de implementação de 10% dos gastos com construção de sistemas de metrô e de 30 a 60% dos gastos com sistemas como o VLT³ (ITDP Brasil, 2014). Encarada como alternativa de média capacidade

³ O VLT ou Veículo Leve sobre Trilhos semelhante a um trem ou comboio urbano de passageiros é um sistema com equipamentos e infraestrutura leves comparados aos tradicionais sistemas metropolitano e ferroviário. Seu histórico no Brasil já alcançou cidades como Rio de Janeiro (operação 2016-2017), Campinas(1990-1995), Sobral-CE(2011-2014-operação para 2016). Dentro do estado de São Paulo, uma linha encontra-se em fase de construção na cidade de Santos.

para transporte, o sistema de BRT's requer intenso planejamento estratégico e operacional para bom funcionamento, não apenas a imposição de uma faixa exclusiva. Do contrário serão apenas iniciativas do tipo corredor, sem interligar toda a rede de transportes existentes. Um comparativo entre o carregamento e os custos de investimento (por km) é apresentado na Figura 5. Como noção geral, conclui-se que é necessário que os atuais corredores brasileiros sofram modernização e adequação se um dia for desejado que atendam aos parâmetros básicos de desempenho e excelência internacional.

Figura 5-Capacidade de Passageiros x Investimento por km, de acordo com o modo de viagem



Fontes: Manual BRT.

Ainda no contexto de melhorias ao transporte público coletivo urbano, pode-se finalmente citar a vertente de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Este é um tópico amplo e de elevada pluralidade, voltado para produtos e serviços de informação e comunicação que podem contribuir para um melhor funcionamento dos sistemas BRT,

elevando seus níveis de eficiência, segurança, confiabilidade conforto entre outros (Marte et al 2014).

2. Objetivos

Frente aos pontos destacados na introdução, este trabalho reúne as principais ideias defendidas até aqui. O objetivo principal é elaborar uma metodologia para avaliação de soluções em transporte com uso de microssimulação. Para estruturar esta metodologia, replicar em outras situações e mensurar os resultados, toma-se como ponto de partida uma faixa de ultrapassagem exclusiva para ônibus, conhecida do grupo e de certa visibilidade dentro da capital.

Além de avaliar a solução implantada no ponto de ônibus estudado (desmembramento do ponto de ônibus e implantação de faixa exclusiva de ultrapassagem) foram testadas também o impacto de outras duas alternativas: implantação de cobrança desembarcada e troncalização de linhas. A fim de avaliar-se seu potencial de impacto, essas duas alternativas foram comparadas com a configuração sem faixa de ultrapassagem, esta também construída por modelagem, uma vez que o ponto de ônibus em estudo atualmente já possui uma melhoria implantada (faixa de ultrapassagem).

As expectativas podem ser resumidas a mensurar a melhora operacional por meio da avaliação de indicadores, constatando possível redução nas filas de ônibus no ponto em estudo e quantificando o aumento da velocidade e desempenho de um ponto de ônibus componente de um corredor de ônibus.

Para o desenvolvimento desse trabalho foi estudado o ponto de ônibus Eldorado, pertencente ao corredor de ônibus da Rebouças, localizado em São Paulo. Em agosto de 2015 o ponto foi desmembrado em duas paradas e passou a contar com uma faixa de ultrapassagem, o efeito dessa mudança no desempenho do ponto de ônibus será avaliado através de uma metodologia envolvendo o uso de microssimulação.

3. Levantamento Bibliográfico

3.1. Políticas públicas relacionadas ao transporte urbano

Vasconcellos (2010) propôs um estudo levantando diferentes conclusões a respeito da Política de Transporte Público Urbano (TPCU) no Brasil. Logo de saída, o autor destaca em seu artigo que o modelo de regulamentação do transporte público brasileiro difere do padrão comum ao de países em desenvolvimento. Neste modelo, aplicado desde 1960, o Estado define as condições de prestação dos serviços (como veículos, rotas, frequências, tarifa) enquanto que o setor privado os opera, prestando contas ao setor público. Com a implantação da indústria automobilista, houve paralelamente uma crescente motorização para atender as demandas crescentes do sistema.

Dotado de considerável liberdade, o setor empresarial cresceu e dinamizou-se, proporcionando a grandes e medias cidades um volume de serviços razoável. Havendo cobertura espacial e temporal, confiabilidade, além de certos padrões de conforto, ocorreu por outro lado uma concentração de frotas para empresas específicas. Esta concentração de frotas gerou o que Vasconcellos chama de formação de *monopólios geográficos*, protegidos por contratos de longo prazo, com cláusulas de garantia do equilíbrio econômico-financeiro.

O crescimento e implantação de corredores de maneira geral também não priorizou uma integração de longo prazo. Segundo Vasconcellos e Mendonça (2010), em 2007 todos os corredores existentes não correspondiam a mais que 4% das vias utilizadas pelos ônibus. Para se ter uma noção melhor, o maior corredor existente na época não chegava a transportar 200 mil pax/dia.

Com a constituição de 1992, o governo federal retirou sua participação desta pauta, o que pode ter influenciado primordialmente municípios menores, já que um orçamento reduzido deve ter significado uma redução nos investimentos em TPCU e gerado dificuldades para a concepção de projetos voltados para a área.

Ainda de acordo com o autor, outro entrave de desempenho provavelmente encontra-se na própria autonomia de grandes empresas prestadoras de serviços. Se por um lado a

liberdade proporcionou serviços com qualidade mediana a elevada, por outro deu a elas mecanismos de resistência legal às alterações propostas por governos municipais e estaduais. Finalmente, é feita uma consideração: o TPCU foi marginalizado por tanto tempo, que se tornou o grande vilão dentro de uma sociedade individualizada.

Para propor mudanças neste cenário, o governo federal propõe e implanta a Lei de Mobilidade Urbana em 2012 (Lei nº 12.587/2012). Nela, os municípios com mais de 20 mil habitantes recebem uma nova responsabilidade municipal: elaborar Planos de Mobilidade Urbana sob a pena de não receberem repasse de recursos federais caso os respectivos planos não sejam apresentados dentro do prazo. Além dessa obrigatoriedade, destacam-se aqui 3 pontos específicos levantados pela lei e que vão de encontro com alguns tópicos abordados neste trabalho. Primeiramente trata-se de um modelo de gestão mais democrático e com abertura para a participação social, tanto para o planejamento como para a avaliação da política de mobilidade nos municípios. Segundo, a consciência ambiental é colocada em foco com o estabelecimento de padrões de emissão de poluentes. Por último, há uma nítida priorização do transporte coletivo e dos modos não motorizados frente ao transporte individual e motorizado – o que justifica e contextualiza ainda mais este trabalho.

3.2. Capacidade de corredores: tempo x velocidade

Apesar de corredores e BRT's serem considerados soluções de alta capacidade de transporte, em grandes metrópoles com crescimento exacerbado seu desempenho fica aquém do esperado, conforme notícias e medições realizadas as velocidades médias ficam usualmente abaixo da meta, afetando a satisfação dos usuários. As origens deste problema envolvem desde um mau planejamento operacional a uma gestão insatisfatória que acabam promovendo uma sobrecarga do sistema.

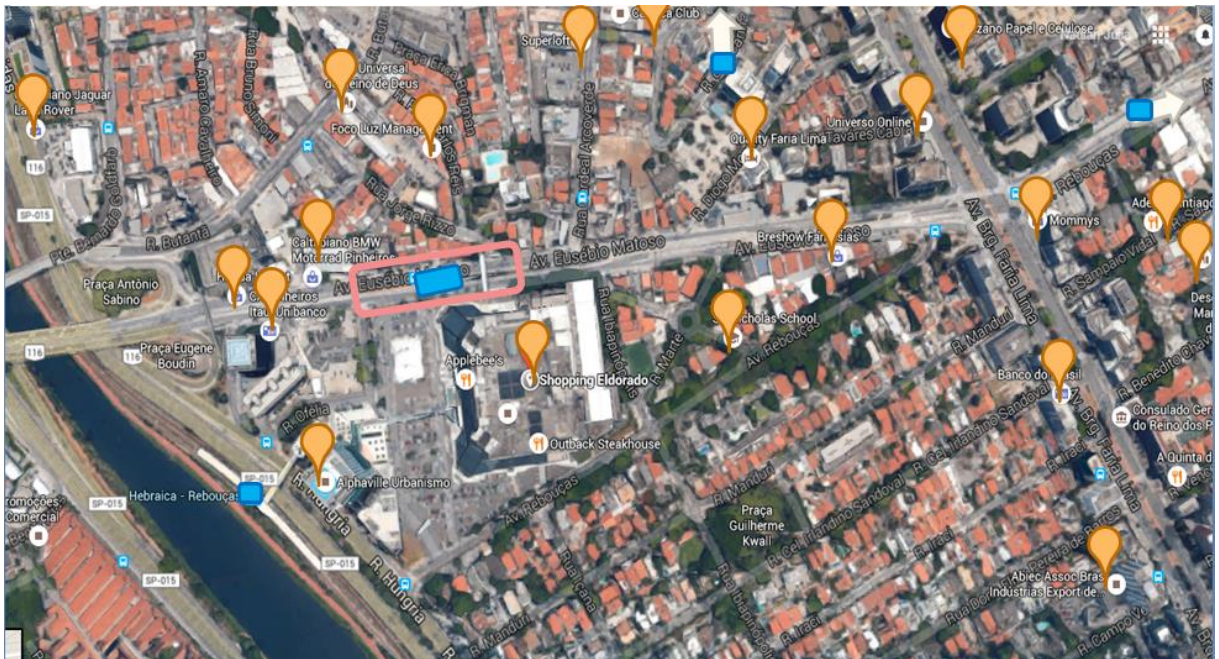
O *Highway Capacity Manual* – HCM (2000) associa a capacidade de sistemas de transporte ao conceito de parada/estação crítica. Neste ponto específico haveria um número tão grande de usuários embarcando e desembarcando que o tempo parado seria um grande limitante de desempenho para toda a linha. Por levantamento e indução lógica, é de se

esperar que pontos localizados em centros comerciais, de consumo, e paradas de interligação entre modais sejam os que possuem maior potencial de atrasos e queda de desempenho na rede.

Neste ponto faz-se necessária uma breve observação a respeito do ponto proposto para estudo neste trabalho. Conforme pode ser observado na Figura 6, a parada Eldorado contida no corredor Rebouças apresenta uma série de empresas e escritórios próximos, além de praças, avenidas movimentadas, e um grande centro comercial (Shopping Eldorado) – todos indicados por pontos amarelos Figura 6. Não obstante, ainda existem estações de metrô e trem próximas, como a Hebraica Rebouças (estação de trem a menos de 500 m), a Faria Lima e a Fradique Coutinho (estações de metrô a 650m e 1,55km respectivamente). Indicados pelos ícones em azul da Figura 6.

Desta forma pode-se concluir que o ponto de estudo reúne a receita básica para problemas de capacidade, com potencial para ser crítico no corredor. Apesar deste aspecto, o local é estratégico para atendimento e escoamento da demanda, gerando também receita para o sistema e, portanto, não deveria ser descartado a nível operacional.

Figura 6-Localização da parada Eldorado (objeto de estudo) e de alguns dos pontos comerciais do entorno



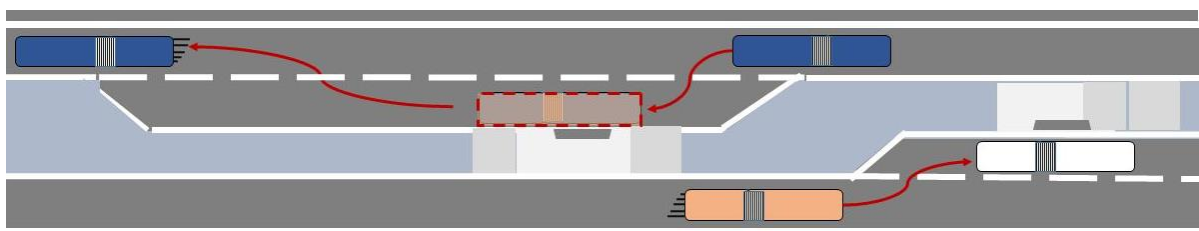
Fontes: Captura de tela: Google Earth imagens; pontos comerciais e estações trem/metrô destacados: elaboração própria.

Restringindo agora o campo para condições especiais de circulação, como é o caso de vias exclusivas para ônibus, Gardner et al (1991) promoveu um estudo sobre o desempenho destas mesmas vias em países em desenvolvimento. O resultado como é de se esperar, foi que as paradas de ônibus eram, em sua maioria, o grande limitante da capacidade e velocidade dos sistemas avaliados.

Para solucionar esta questão, Castilho (1997) resume as melhorias possíveis em dois grupos: um posicionamento adequado e otimizado dos pontos, e a implantação de políticas especiais de operação de ônibus. Atualmente, uma corrente de estudo avalia também o grau de influência que um número elevado de linhas atendendo a um mesmo ponto e/ou corredor como um todo pode ter.

Pode-se ainda estabelecer aqui duas variáveis-chave relacionadas ao desempenho: tempo e velocidade. Diretamente relacionadas, a primeira variável diz respeito aos tempos em movimento, parado em semáforos, além dos tempos de embarque/desembarque, e espera para entrada no ponto. Em linhas que utilizam baias -Figura 7- nas paradas, o tempo de reingresso no fluxo também pode ser incluído nesta conta. Por outro lado, a velocidade, resultante da relação distância percorrida e tempo de percurso, é uma das grandes expressões de desempenho avaliada e difundida pela mídia atualmente.

Figura 7-Esquema de faixa segregada com uso de baias em pontos de parada.



Fonte: Elaboração própria

A título de exemplo, a velocidade típica estimada para sistemas BRT varia entre 27 e 48 km/h, segundo o *National BRT Institute*. No Brasil, a SPTrans ao implantar corredores de ônibus definiu a velocidade meta como 20 km/h nos horários de pico em 2003.

Entretanto, até o final de 2014 os dados fornecidos pela empresa retornavam uma velocidade média de apenas 15 km/h (apenas 70% da meta estabelecida) para o trecho

próximo a parada crítica. Tratando especificamente do corredor *Campo Limpo – Rebouças – Centro* a média girou em torno de 11,5 km/h para os mesmos dados estudados, menos de 60% da velocidade ideal e quase 43% do valor mínimo definido como padrão internacional para sistemas BRT. Importante ressaltar que o corredor Rebouças – Campo Limpo apresenta operacionalmente características ainda muito distantes de um BRT.

Uma vez que a distância percorrida por uma linha é sempre constante, uma menor velocidade implica em maior tempo de viagem, decorrente do tráfego em geral e de interferências semáforos, pontos de parada – quando em vias priorizadas/exclusivas.

Quando os mesmos padrões de velocidade são observados repetidamente, pode-se concluir que há algo recorrente, influenciando no desempenho. Sendo estes padrões muito baixos, um estudo da operação é interessante para se avaliar soluções locais. Mantidos os tempos semaforicos, não havendo acidentes e outras intempéries do gênero, o único elemento que resta observar são os pontos de parada, uma vez que estando sobrecarregados, eles funcionam como um limitante ao corredor.

Figura 8 - Mapa de calor obtido por meio dos dados de GPS de 2013 dos ônibus que operam no corredor.



Fonte: Elaboração própria através dos dados de GPS do sistema SIM da SPtrans do dia 27 de agosto de 2013.

O mapa de calor da figura 8 mostra os dados de GPS das linhas que passaram pelo corredor no dia 27 de agosto de 2013. Ele foi obtido a partir da síntese dos dados de movimentação por GPS de cada veículo pertencente às linhas de ônibus existentes no

corredor Rebouças para um dia rotineiro de 2013 que se adequasse as condições do período estudado neste trabalho. Isso inclui dizer que a escolha do dia foi feita para uma tomada de dados durante a semana regular, na mesma hora-pico e durante a última semana do mês escolhido, tentando regularizar o comportamento e estabelecer comparações entre o que foi observado na consolidação de dados e aquilo que foi observado na pesquisa que deu suporte a este trabalho de conclusão de curso.

No mapa, os tons em vermelho e amarelo indicam uma grande densidade de pontos GPS, enquanto que os tons em verde apontam uma baixa densidade. Isto significa que os veículos ficaram muito tempo parados nos locais de grande densidade. Como pontos de alta densidade destacam-se grandes cruzamentos, com presença de ônibus nas duas vias, tais como Avenida Rebouças x Faria Lima e a Avenida Rebouças x Avenida Brasil. Há ainda grande lentidão, expressa pela alta densidade, em parte da Rua da Consolação e também na Avenida Eusébio Matoso (trecho estudado). Nota-se que não há ocorrência de semáforos na Avenida Eusébio Matoso entre o ponto de estudo e o cruzamento na Faria Lima. Desta forma conclui-se que o ponto de ônibus do local é o principal responsável pela lentidão no entorno.

Algumas concentrações localizadas entre cruzamentos e fora da região de estudo, tais como nas proximidades da Estação Fradique Coutinho do Metro (não implantada até 2013), não foram investigadas as causas de lentidão. Essas concentrações podem ser resultado de espera semafórica, de uma elevada demanda no respectivo ponto de ônibus, além de outros fatores.

3.3. Avaliação por modelagem

3.3.1. O uso de modelos e simulação nos processos de tomada de decisão

De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), um modelo é uma representação simplificada de parte da realidade com foco em certos aspectos considerados relevantes, para uma determinada análise ou ponto de vista, podendo constituir tanto um modelo físico quanto abstrato. Modelos abstratos baseiam-se em equações matemáticas para compreender e prever o comportamento da realidade. Eles são amplamente empregados no

planejamento e análise de sistemas de transportes, uma vez que a análise envolvendo todos os fatores e condicionantes seria extremamente complexa.

Segundo Portugal (2005), a conjuntura econômica atual em constante mutação e acirrada concorrência envolvendo problemas de grande intensidade enfrentados tanto pelo Poder Público quanto pelas Empresas têm reforçado o uso de modelos no processo de decisão. A técnica de modelagem vem sendo empregada de forma crescente não só pelo aumento de complexidade dos problemas, mas devido também ao aumento da disponibilidade de recursos computacionais. Para ser útil o modelo deve balancear duas características conflitantes: ele deve representar bem a realidade e ao mesmo tempo ser simples, de modo que o seu entendimento e manipulação sejam viáveis a quem o utiliza (Poyares, 2000).

A palavra simulação é derivada do latim "*simulatus*" cujo significado é imitar, assim a simulação pode ser entendida como a imitação de uma situação real através do uso de modelos. A simulação envolve o estabelecimento de um modelo do sistema em estudo, em que todos os componentes são definidos e o modo que variam durante o tempo e se afetam é especificado com exatidão. O modelo é então simulado e seu comportamento observado. Os valores obtidos são comparados com os observados na realidade, se houver uma correspondência próxima, então o modelo é uma boa representação da realidade (Paul e Balmer, 1985).

As funções da técnica de simulação podem abranger a avaliação do desempenho de um sistema quando comparado a critérios específicos, a comparação entre diversos sistemas e cenários possíveis, a previsão do desempenho de um sistema dadas certas condições, a análise de sensibilidade do sistema frente aos fatores envolvidos, a otimização de um sistema, ou seja, a escolha da combinação de fatores que maximiza o seu funcionamento (Oliveira, 1988).

O funcionamento e a interação entre os elementos do modelo de simulação podem seguir dois métodos: Determinístico e Estocástico. No determinístico todas as variáveis não contêm um fator de aleatoriedade, ou seja, elas são definidas em termos matemáticos com precisão e exatidão: onde e quando o evento ocorre, sua duração, etc (Portugal, 2005). Assim pode-se afirmar que um conjunto de dados de entrada produzirá sempre os mesmos

resultados de saída. Já no método estocástico possíveis variações podem ocorrer com as variáveis que são consideradas aleatórias obedecendo a leis estatísticas de distribuições predeterminadas. (Portugal, 2005). Nesse método o modelo contém uma ou mais variáveis aleatórias cujo papel será representado através de amostras (Saliby, 1989). Desse modo, os resultados desse método não serão exatos, mas sim estatísticos. Em problemas de transporte são geralmente utilizados os métodos estocásticos, devido a sua melhor representação da realidade.

3.3.2. O uso de simulação no planejamento de transportes e engenharia de tráfego

Diante da complexidade do sistema de tráfego e transporte público, cuja oferta e demanda envolvem inúmeras variáveis, a técnica de simulação tem-se consolidado como importante ferramenta de análise de desempenho e impacto das diversas políticas e estratégias de controle de tráfego e planejamento de transportes (Portugal, 2005). Para Saliby (1989), questões envolvendo o transporte público tais como a operação da frota de ônibus, metrô ou trem são um dos principais alvos do estudo com a técnica de simulação. Segundo Poyares (2000) com a simulação podem-se analisar vários cenários e antecipar os impactos positivos e negativos de uma determinada alternativa. Já Ortúzar e Willumsen (2011) ressaltam que se deve considerar o contexto econômico e técnico do tomador de decisão para avaliar o uso da modelagem na avaliação do problema.

Para a simulação de tráfego e transporte público, podem-se contemplar três tipos de abordagem de acordo com o nível de detalhamento e abrangência da simulação: Macroscópica, Mesoscópica e Microscópica (Poyares, 2000; TRB, 2000).

Na abordagem Macroscópica o fluxo de tráfego é concebido como um fluido e a individualidade dos veículos e usuários é desprezada (Portugal, 2005). Esse tipo de escala é mais utilizado no planejamento de grandes áreas com enfoque direcionado a decisões de longo prazo e pouco detalhadas como, por exemplo, no planejamento das linhas de transporte público de uma cidade.

Já na abordagem Microscópica busca-se tratar cada veículo e usuário de forma individualizada, detalhando-se melhor o comportamento do sistema. Pelo seu alto nível de detalhes, tal abordagem mostra-se viável geralmente apenas para áreas mais reduzidas como é o caso de interseções específicas.

A abordagem Mesoscópica engloba um termo intermediário entre a Macro e Micro em relação ao nível de detalhamento e realismo. Usualmente nessa abordagem os veículos são agrupados como pelotões. Usa-se essa abordagem principalmente na avaliação semafórica, podendo algumas vezes ser classificada como microscópica.

3.3.3. Calibração do modelo e verificação dos dados

Como já mencionado anteriormente, para que o modelo desempenhe a função de uma boa ferramenta de avaliação é preciso que ele represente de maneira satisfatória a realidade, sendo necessário que diversos parâmetros sejam calibrados (Hourdakakis *et al.*, 2003). Usualmente, constrói-se o modelo e comparam-se os resultados da simulação com o observado na realidade. Quando esses valores estão suficientemente próximos considera-se que o modelo está calibrado.

Robinson (2007) cita as dificuldades de validar o modelo. Muitas vezes há faltas de dados ou mesmo quando se trata de um modelo preditivo ⁴ pode-se não existir uma situação de comparação.

No presente estudo usar-se-á os dados de uma pesquisa realizada, um vídeo (filmado na mesma data e hora da coleta de dados), e observações de campo para calibrar o modelo da configuração atual. A partir dessa rede calibrada, os mesmos parâmetros serão empregados tanto na construção do modelo retrospectivo do cenário, sem faixa de ultrapassagem, quanto nas alternativas de intervenção que serão analisadas para o ponto de ônibus em estudo mais futuramente.

⁴ Baseado em prerrogativas matemáticas, modelos preditivos quando aplicados a um volume de dados são capazes de identificar padrões implícitos e fazer uma previsão de comportamento. Existem tanto modelos supervisionados como os não supervisionados, o primeiro em uma fase de treinamento na qual avalia dados de entrada e saída até identificar padrões associados. O segundo avalia apenas os dados de entrada e tem como função descobrir relações entre eles.

3.4. Escolha do Software de Simulação

Desenvolvidos desde a década de 60, hoje existem diversos softwares de simulação disponíveis no mercado tais como o VISSIM, CORSIN, TRANSCAD, EMME/2, SUMO, etc. Cada um apresenta características particulares que lhes proporcionam vantagens e desvantagens para cada objetivo de simulação.

Para a escolha de um software de simulação devem-se considerar os seguintes critérios (TRB, 2000):

- **Tamanho da rede:** muitos softwares apresentam limitação no tamanho da rede de simulação.
- **Representação da rede:** relacionado a capacidade do modelo em representar geometricamente a rede
- **Representação de tráfego:** modelos microscópicos têm habilidade de simular movimentos sofisticados dos veículos, permitindo uma análise complexa do tráfego, sendo que os modelos macros não possuem tal detalhamento.
- **Operação de tráfego:** o modelo deve ser capaz de simular operações reais de tráfego como rampas, restrições e canalizações de tráfego, operações de transporte público, atividades de estacionamento, etc.
- **Controle de tráfego:** para interseções urbanas devem incluir semáforos, controle de velocidade, etc.
- **Output do modelo:** deve-se verificar se a forma de apresentar os resultados do modelo é adequada ao objetivo de estudo
- **Disponibilidade de dados:** deve-se verificar se os dados disponíveis para o estudo são compatíveis com os dados exigidos para alimentação e validação do modelo;
- **Facilidade de uso:** verificar se o software possui uma interface amigável com o usuário, de fácil entendimento e manuseio.

- **Recursos necessários:** devem-se avaliar os recursos computacionais necessários para o funcionamento do modelo além do seu custo.

3.4.1. Tipos de Software disponíveis

Com base na vasta gama de softwares voltados à simulação existentes no mercado, buscou-se realizar um levantamento de alguns que apresentassem relevância tanto no âmbito acadêmico como profissional. Essa análise foi feita à luz dos critérios apresentados no item 3.4 e apresenta-se sob a forma de tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1- Comparação entre alguns dos softwares de simulação de tráfego disponíveis na atualidade.

Empresa	Software	Tam. da rede	Representação da rede	Representação do tráfego	Operação de tráfego	Controle de tráfego	Output do modelo	Disponibilidade de dados	Recursos Necessários	Diferenciais:
PTV	Vissim	Micro	Movimentação e interação veicular detalhados	Tráfego urbano em redes e vias expressas	Permite analisar o tráfego, operações de ônibus e pedestres, considerando a configuração das faixas de tráfego, a composição do tráfego, os semáforos, as paradas de ônibus entre outros.	É capaz de modelar interseções e ultrapassagens com regras de prioridade, sinais semafóricos, faixas exclusivas de ônibus.	Resultados sobre tempo de viagem e atrasos para cada segmento da rede: Avaliação de volumes, tempo de viagem, atraso, formação de filas, tempo de espera, densidade de fluxo, entre outros.	Resultados obtidos através de um txt ao final da simulação. Requer tratamento da informação para a obtenção dos parâmetros de interesse	Software pago, desenvolvido na Alemanha	Modelo de comportamento psicofísico do motorista. Interação entre pedestres e forças de atração/repulsão entre usuários
	Vissum	Macro	Formação de macro redes com ruas(links), cruzamentos(nós) e áreas. Visualização ampla e com ferramentas GIS	Sem representação detalhada. Os sentidos de fluxo podem ser observados dentro da rede construída.	Integração da oferta de transporte público e privado na rede. Construção de sistemas e Modelagem de sistemas e modos de transporte, além de classes de uso.	Não aborda o controle de tráfego detalhado	Inclui cálculo de demanda com modelos consolidados, como o modelo de 4 etapas. Capaz de realizar análises e relatórios estatísticos com base na comparação de cenários, redes de fluxo e acidentes, busca do menor caminho na rede, análises ambientais (como ruídos e emissões).	Interface com o usuário intuitiva. Relatórios e análises são output do modelo.	Software pago, desenvolvido na Alemanha	Produt mapas de calor para representação de fluxo temporal
Calliper	Transmodeler	Híbrido	Representação em 2 ou 3 dimensões. Nível de detalhamento elevado na escala microscópica.	Simulação de redes urbanas e de auto-estradas/rodovias mistas, podendo ser aplicado a áreas geográficas específicas (centros urbanos, corredores rodoviários, circuitos e redes circulares).	Análise de tráfego multimodal, atendendo o tráfego privado, transporte público (tanto por ônibus como ferrovias). Semáforos, estacionamentos e pedágios e outras variantes de um sistema de transporte representados. Considera a velocidade por cada link da rede e leva em conta o sentido da via. Porém não consegue analisar operações semafóricas ou interseções	Permite controle de tráfego semafórico para intervalos pré-determinados bem como o uso de semáforos atuados. Análise do uso de velocidade variável no sistema, bem como o uso de mensagens eletrônicas e restrições de tráfego.	Dentre os resultados possíveis, destacam-se a apresentação de um panorama completo e preciso das filas formadas, além mapas de fluxo/refluxo, e um monitoramento de detalhes do transporte público dentro da própria simulação.	Relatórios e resultados são gerados sob a forma de gráficos, histogramas, mapas temáticos e análises estatísticas.	Software pago, desenvolvido nos EUA.	Presença de recursos avançados, incluindo suporte para Sistemas Inteligentes de Transporte.
	TransCad	Macro	Rede macro, formada por links, nós e áreas. Não considera interação veicular detalhada. A simulação ocorre de forma determinística	Não há representação de tráfego, indica apenas os volumes nas vias		Não aborda o controle de tráfego detalhado	Gráficos de carregamento, Embarques e desembarques por pontos, Transferência modal, tempo de viagem para pares OD, alocação por link, rotarização, entre outros	Resultados obtidos por meio de tabelas que são abertas através da própria interface do software. Pode apresentar alguns resultados em mapas.	Software pago, desenvolvido nos EUA	Por ser um SIG permite gerar mapas desenvolvidos georreferenciando informações.

(Continuação)

Empresa	Software	Tamanho da rede	Representação da rede	Representação do tráfego	Operação de tráfego	Controle de tráfego	Output do modelo	Disponibilidade de dados	Recursos Necessários	Diferenciais:
INRO			Comumente associado a simulações mesoscópicas, com o tamanho da rede a ser calibrada. Representação de vias, interseções e áreas com muitas opções de rotas.	Simulação dinâmica com representação simplificada de tráfego. Sentidos, velocidades e fluxos podem ser percebidos na interface.	Baseado em escolhas modais e numa projeção do número de viagens, o software estima o fluxo de tráfego e a velocidade em cada link da rede através do equilíbrio estático e de curvas de fluxo de velocidade definidas pelo operador.	Inclui representação em rede realista com detalhamento das interseções, pontos de parada e sinalização horizontal; A edição da rede é mais representativa e flexível; permite importação de mapas online do ArcGIS;	Gera um modelo dinâmico de rotas buscando refletir a tomada de decisão de motoristas do tráfego individual. Usa aprendizado acumulado e adaptativo ao longo de toda a simulação.	Os resultados das simulações são apresentados como animações e gráficos de séries temporais. Os dados disponibilizados são majoritariamente representações visuais das condições de tráfego dinâmicas, desde a visão individual e localizados.	Software pago, desenvolvido no Canadá	Interatividade e dinamismo e realocação de fluxo. Modelo representativo da tomada de decisão do usuário.
	Emme	Macro	Semelhante ao Transcad voltado para a associação de redes multimodais integradas, além de ajustes e cálculos de demanda, transporte público, caminho de tráfego, etc.	Não há representação dinâmica de tráfego.		Não aborda o controle de tráfego.	Além de trabalhar com previsões de demanda variadas, procedimentos repetitivos e macros podem ser aplicados. Gráficos de saída são também facilmente obtidos.	Relatórios e resultados são gerados sob a forma de gráficos, histogramas, mapas temáticos e análises estatísticas.	Software pago, desenvolvido no Canadá	Não trabalha por meio de SIG, mas permite a importação para estudo e análise na simulação.
Mc Trans			Rede detalhada, incluindo redes urbanas semaforizadas bem como rodovias e vias expressas	Tráfego urbano, sendo cada veículo representado individualmente	Permite analisar interações entre o veículo e semaforos, geometria da via e comportamento do motorista	Capaz de modelar interseções semaforizadas.	Resultados estatísticos sobre velocidade e tempo de viagem estão disponíveis em algumas versões, contudo na versão trafvui não há arquivos de saída.	Resultados na forma de arquivo de texto	Software pago, desenvolvido nos EUA	Apresenta interface simplificada e é composto por um simulador de tráfego urbano (NETSIM) e um simulador de fluxo livre (FRESIM)
	HCS 2010	Micro	Usa a interface do CORSIM	Usa a interface do CORSIM	Permite analisar cruzamentos, rotatórias, semaforos e nível de serviço, de acordo com o manual HCM 2010	Capaz de modelar interseções semaforizadas.	Tempos semaforicos, nível de serviço, volume e velocidade para diversos modais, incluindo carros, ciclistas e pedestres	Resultados na forma de arquivo de texto	Software pago, desenvolvido nos EUA	Apresenta cálculos e metodologia igual ao abordado no HCM 2010
	TRANSYT-7F	Micro	Usa a interface do CORSIM	Usa a interface do CORSIM	Permite analisar interseções semaforizadas	Permite otimizar e analisar tempos semaforicos	Tempos semaforicos e programação semaforica	Resultados na forma de arquivo de texto	Software pago, desenvolvido nos EUA	Mais específico para o tratamento de tempos semaforicos e sua otimização
ITS/DLR	SUMO	Micro	Voltado para a análise de micro regiões, aborda a operação mista e explícita, com veículos, pedestres e transporte público.	Simplificada e em janela sem profundidade. A movimentação veicular não é suave e fluida.	Além de permitir interseções semaforizadas, permite a investigação de rotas coletivas e sua influência na escolha autonoma. Proporciona também a avaliação da emissão de poluentes.	Permite a análise do desempenho de semaforos, tanto por algoritmos interativos como por temporização.	O arquivo de saída apresenta um conjunto de informações variadas a respeito da simulação, como o estado da rede, o estado de emissão, tempos e sentido de viagem, etc.	A interface é extremamente simplificada e voltada para a usabilidade. Os dados são acessíveis e há um forum de discussões e FAQ para a comunidade.	SUMO é um software livre e de código aberto disponível no mercado desde 2001	

Empresa	Software	Tamanho da rede	Representação da rede	Representação do tráfego	Operação de tráfego	Controle de tráfego	Output do modelo	Disponibilidade de dados	Recursos Necessários	Diferenciais:
Modelística	TRANUS	Macro	<p>Rede macro, formada por links, nós e áreas. Não considera interação veicular detalhada. A simulação ocorre de forma determinística. Permite a integração do sistema de transporte com outros sistemas urbanos, como o uso e ocupação do solo. Permitindo simular algo semelhante ao TOD (transit oriented development).</p>	<p>Não há representação de tráfego, indica apenas os volumes nas vias</p>	<p>Considera a velocidade por cada link da rede e leva em conta o sentido da via. Porém não consegue analisar operações semaforicas ou interseções.</p>	<p>Não aborda o controle de tráfego detalhado</p>	<p>Por tratar de diversos sistemas integrados, tem uma interface mais complexa de se manusear. Requer maior dados de entrada. Carregamento das vias, volumes de viagens para pares Origem e Destino, uso e ocupação do solo na região, tempo de viagem, entre outros</p>	<p>Dentre os possíveis resultados, destaca-se a disponibilização uma estimativa de matrizes analíticas de origem-destino das viagens a um custo reduzido através do uso de uma pequena amostra na calibração de um modelo integrado de localização e transportes. O modelo de usos do solo produz como resultado a localização das atividades, os consumos de espaço e os valores da renda imobiliária.</p>	<p>O software tem um tipo de licença gratuita, disponível para download. Foi desenvolvido na Venezuela</p>	<p>Seu principal diferencial é a inclusão do uso e ocupação do solo no modelo. Assim, é possível considerar na simulação o efeito do transporte no uso do solo e vice versa.</p>

Fonte: Elaboração própria através do levantamento de informações pertinentes à cada software. Maiores detalhes ver Bibliografia.

3.4.2. Funcionamento do software escolhido

O VISSIM é um modelo microscópico de simulação desenvolvido na Alemanha para modelar o tráfego urbano em redes e vias expressas. Esse programa permite analisar o tráfego e as operações de ônibus, considerando a configuração das faixas de tráfego, a composição do tráfego, os semáforos, as paradas de ônibus entre outros. Fornece resultados sobre tempo de viagem e atrasos para cada segmento da rede. É capaz de modelar interseções e ultrapassagens com regras de prioridade, sinais semaforicos, faixas exclusivas de ônibus. Seus dados de saída podem incluir avaliação de volumes, tempo de viagem, atraso, formação de filas, tempo de espera, densidade de fluxo, entre outros. (Poyares, 2000; Maiolino e Portugal, 2001).

O VISSIM consiste, internamente, de duas partes diferentes:

- **Simulador de tráfego:** é o modelo de microssimulação de fluxo de tráfego, incluindo a dinâmica sequencial dos veículos e a lógica de mudança de faixa.
- **Gerador de status:** é o software detector das informações geradas pelo simulador de tráfego em intervalos de tempo (1/10 de segundo). Ele determina o status para cada intervalo de tempo e retorna a informação para o simulador de tráfego.

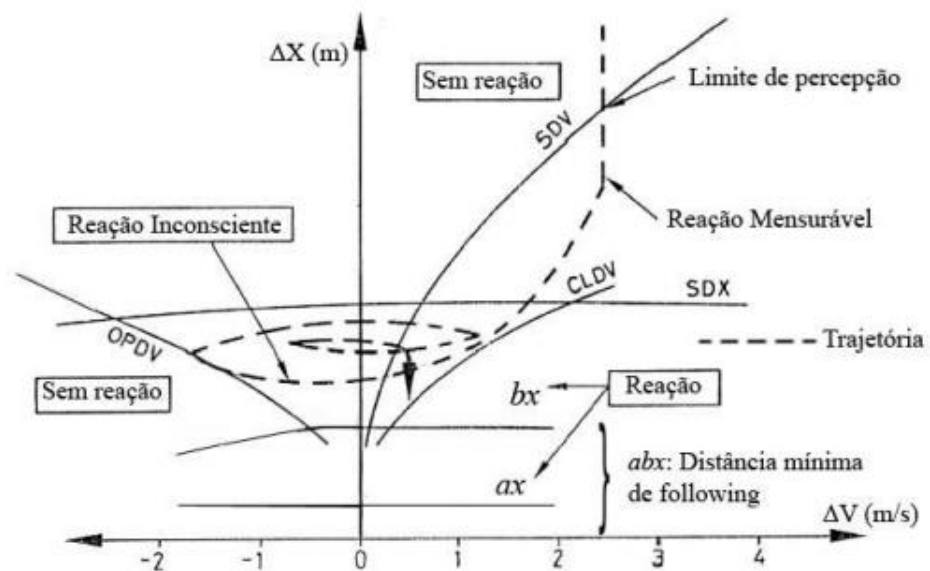
3.4.2.1. Simulação de tráfego

Em contraste com modelos menos complexos de simulação que utilizam velocidades constantes e uma lógica determinista de sequência de veículos, optou-se utilizar o modelo de comportamento psicofísico do motorista desenvolvido por Wiedemann em 1974 e disponível no software Vissim. O conceito básico desse modelo é que o motorista de um veículo que se move mais rapidamente começa a desacelerar a partir do momento que ele percebe um veículo se movendo mais lentamente dentro do seu limiar de percepção. Como ele não consegue determinar a velocidade exata desse veículo, a sua velocidade irá cair até que ele

passa a acelerar novamente a partir de outra percepção no seu limiar. Isso resulta em um processo iterativo de aceleração e desaceleração.

O modelo de Wiedemann é um modelo de *car-following* que representa os movimentos longitudinais do fluxo de tráfego, exercendo influência sobre variáveis como densidade e velocidade. Vale destacar ainda que o VISSIM possui um outro modelo de Wiedemann mais recente 1999 e voltado para estradas, o que escapa ao escopo deste estudo. A Figura 9 ilustra o funcionamento do modelo psicofísico descrito:

Figura 9 - Gráfico de funcionamento do modelo de *car following* de Wiedemann.



Fonte: Lacerda e Neto 2005

Nesse gráfico (Figura 9) a ordenada representa a distância entre o veículo seguidor e o veículo líder (“veículo seguido”) enquanto o eixo das abscissas representa a diferença de velocidade entre esses veículos. Quando o veículo líder encontra-se em velocidade constante e o veículo seguidor também, porém com uma velocidade superior ao do veículo seguido, à distância ΔX entre os 2 veículos se reduz enquanto a diferença de velocidades se mantém constante. A partir do momento quando o veículo seguidor notar a presença do veículo líder, ele passará a reagir, reduzindo lentamente a sua velocidade, de forma que ΔX continua caindo, mas com velocidade menor, ao passo que ΔV não é mais constante. Esse limite de

percepção do veículo a sua frente (veículo líder) é representado na figura pela linha SDV – *Selective Vehicle Detection*. O limite SDV impõe aos motoristas alguma ação de aceleração ou desaceleração, portanto são comumente chamados de pontos de ação (*action points*). O veículo seguidor continua diminuindo sua velocidade até que sua velocidade fique menor que a do veículo líder. Ao perceber que o espaçamento para o veículo da frente começa a aumentar, o veículo seguidor retorna a acelerar próximo ao ponto de ação OPDV - *Opening Difference in Velocity*. A partir deste ponto, o módulo de ΔV começa a diminuir, mas o ΔX ainda aumenta, pois a velocidade do veículo seguidor ainda é menor que a do seu líder. Quando o veículo seguidor possuir velocidade maior do que o líder, ou seja, quando ΔV se torna positivo novamente, ΔX recomeça a diminuir, e o motorista continua a acelerar até chegar ao ponto de ação CLDV - *Closing Difference in Velocity*, quando ele então retira o pé do acelerador. A partir deste ponto, o veículo seguidor ainda se aproxima do veículo líder (ΔX diminui), pois o ΔV ainda é positivo. Em seguida, o espaçamento começa a aumentar novamente quando ΔV se torna negativo, e o motorista reagirá no ponto de ação OPDV novamente. Este comportamento oscilatório se repete, caracterizando o regime de *following* (Lacerda e Castro Neto, 2015).

A distância mínima entre veículos nesse modelo é composta por uma parcela representando a distância entre os veículos, quando estáticos, e uma parcela de segurança. A primeira, denotada pelo termo ax é dada por:

$$AX = L + AX_{add} + rndl(I) \times AX_{mult}$$

Onde:

- ax : distância entre os veículos quando parados em fila [m].
- L : comprimento do veículo líder [m].
- ax_{add} : fator aditivo de ax [m].
- ax_{mult} : fator multiplicativo de ax [m].
- $rndl[I]$: variável aleatória de distribuição normal

AX_{mult} e AX_{add} são parâmetros de calibração.

Já a parcela de segurança é dada por:

$$BX = (BX_{add} + BX_{mult} \times rndl(I)) \times \sqrt{v}$$

Onde:

- bx: distância de segurança [m].
- bx_add: fator aditivo de bx;
- bx_mult: fator multiplicativo de bx;
- v: velocidade do líder enquanto houver aproximação dos veículos, e do veículo seguidor enquanto houver distanciamento [m/s].

bx_mult é um parâmetro de calibração e rndl(I) como dito anteriormente é uma variável aleatória de distribuição normal.

Assim, para esse modelo a distância entre veículos depende da geometria dos veículos e de sua velocidade. Nota-se que para velocidades altas a distância mínima é maior, necessitando de maior área viária – menor capacidade da via. Os valores de SDV, OPDV e CLDV são função da distância entre veículos, sua geometria e de parâmetros de calibração. Para comportamento em áreas urbanas o VISSIM permite alterar os parâmetros de calibração dessas variáveis, visando moldar o comportamento do motorista na cidade. Importante notar que geralmente as opções default do programa relacionam-se a parâmetros observados na Alemanha, país onde o *software* foi desenvolvido, e, portanto, muitas vezes apresentam diferenças em relação ao comportamento do motorista brasileiro.

Além do modelo de *car-following*, o VISSIM ainda utiliza-se de modelo de troca de faixas – *lane change*- para estimar o comportamento dos veículos. Semelhante ao modelo de *car following*, o modelo de troca de faixas leva em conta variáveis aleatórias e tempos e espaços mínimos para a manobra ocorrer. Nas versões mais atuais do programa é permitido ainda calibrar parâmetros referentes à interação lateral entre veículos, permitindo, por exemplo, que motos andem entre os veículos.

O VISSIM ainda permite considerar capacidades de aceleração e desaceleração dos veículos, considerando dois valores: o valor máximo (*maximum*) que corresponderia a situações de emergência onde o motorista acionaria a maior capacidade possível do veículo,

e o valor desejado (*desired*) que representa o valor usualmente adotado pelo motorista para operações normais.

Figura 10- Valores padrão do VISSIM para ônibus.

Maximum acceleration:	3: Bus (1.24 m/s ² , 250.00 km/h)	▼
Desired acceleration:	3: Bus (1.24 m/s ² , 250.00 km/h)	▼
Maximum deceleration:	3: Bus (-7.50 m/s ² , -5.10 m/s ²)	▼
Desired deceleration:	3: Bus (-0.85 m/s ² , -0.85 m/s ²)	▼

Fonte: VISSIM 8.

3.4.2.2. Simulação de pedestres

Assim como parâmetros de simulação de tráfego o VISSIM permite de forma semelhante modelar o comportamento de pedestres e multidões, possuindo ou não interação com os veículos. No caso do transporte público a interação entre o viajante e o veículo torna-se especialmente importante.

O VISSIM adota para a movimentação de pedestres o *Social Force Model*, desenvolvido por Helbing e Molnár. De acordo com esse modelo o movimento do pedestre é resultado da ação de “*social forces*”, forças que não são diretamente exercidas pelo meio, mas são resultados da interação entre o desejo de locomoção do indivíduo e o ambiente.

De forma pragmática o comportamento dos pedestres pode ser classificado em três níveis hierárquicos (Hoogendoorn et al., 2002):

- **Nível estratégico:** o pedestre planeja a sua viagem, levantando uma lista de destinos.
- **Nível tático:** o pedestre escolhe a rota entre sua origem e destino.

- **Nível operacional:** movimentos realizados no momento dentro da rota, tais como desvio de obstáculos e outros pedestres, por exemplo.

Na simulação do VISSIM o nível estratégico e parte do tático ficam mais a cargo do *input* realizado, cabendo ao modelo do software a determinação dos movimentos do nível operacional, principalmente, e do nível tático.

No modelo de Helbing três componentes principais descrevem as forças atuantes sobre os pedestres: a aceleração para manter uma velocidade desejada de locomoção, a influência de repulsão de obstáculos e até mesmo outros pedestres e os polos de atração. De acordo com esse modelo as forças atuantes sobre a decisão dos pedestres podem ser descritas, simplificadamente, por:

Equação 1- Forças atuantes na decisão do pedestre

$$\vec{F}_\alpha(t) = \vec{F}_\alpha^0 + \sum_\beta \vec{F}_{\alpha\beta} + \sum_B \vec{F}_{\alpha B} + \sum_i \vec{F}_{\alpha i}$$

O termo \vec{F}_α^0 refere-se a aceleração para manter a velocidade de movimento, o termo $\sum_\beta \vec{F}_{\alpha\beta}$ refere-se as forças de repulsão entre pedestres, $\sum_B \vec{F}_{\alpha B}$ são as forças provocadas por repulsão a objetos e obstáculos e $\sum_i \vec{F}_{\alpha i}$ refere-se a força de atração entre pedestres ou mesmo objetos. Assim, o modelo de forças sociais é dado por:

Equação 2- Modelo de forças sociais

$$\frac{d\vec{w}_\alpha}{dt} = \vec{F}_\alpha(t) + \text{flutuações}$$

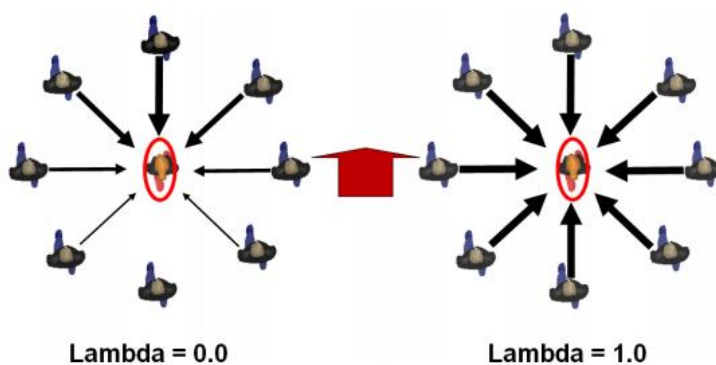
As flutuações buscam levar em conta variações aleatórias no movimento dos pedestres em situações onde mais de um comportamento é possível, como por exemplo, no caso de desvios de obstáculos pela direita ou pela esquerda. Deve-se considerar ainda que o pedestre possui um limite máximo de velocidade de movimento.

Associado a essa teoria geral de movimento de pedestres o VISSIM permite a alteração de alguns parâmetros no modelo. A seguir serão listados e explicados esses parâmetros de comportamento dos pedestres, que configuram o modelo dos pedestres no programa (*Walking Behavior*).

- **Tau (τ):** Tau representa a inércia do pedestre em reagir as variações de velocidade e direção devido aos obstáculos do caminho. De maneira resumida, pode-se dizer que o aumento de Tau gera três efeitos preponderantes:
 - Em grupos de pedestres similares, o aumento do parâmetro gera uma redução na aceleração dos indivíduos. Isto ocasiona diferentes tempos de chegada para cada pedestre.
 - Havendo uma maior inércia de reação entre os pedestres, menor será a densidade deles diante de locais e caminhos estreitos, como gargalos, portas, etc.
 - Em cantos curvas e contornos, o aumento do parâmetro gera também um aumento no raio da trajetória de movimentação do pedestre.

- **Lambda_mean:** define o desequilíbrio entre a influência do que ocorre atrás do pedestre frente ao que ocorre em seu campo de visão. Quanto maior o valor de lambda, maior a influência do que ocorre atrás do pedestre.

Figura 11-Exemplo do efeito de tau sobre as forças de interação entre pedestres.



Fonte: Manual VISSIM.

- **A_soc_isotropic/B_isotropic:** governam a intensidade e alcance das interações entre pedestres e obstáculos. Quanto maior o seu valor,

maior será a intensidade dessa força, fazendo com que pedestres mantenham uma maior distância entre si e outros obstáculos, reduzindo o volume que passa por uma seção de estrangulamento por exemplo.

- **A_soc_mean/B_soc_mean** definem o alcance e a intensidade das forças entre pedestres. Tanto o aumento de A_soc_mean como B_soc_mean levam a um aumento do Headway.
- **VD:** considera a velocidade relativa entre dois pedestres para o cálculo das distâncias entre eles. O aumento de VD em um fluxo de pedestres faz com que o fluxo oposto a eles os evite com mais intensidade.
- **Noise:** Quanto maior esse parâmetro, maior a parcela de forças aleatórias adicionadas no cálculo das forças sociais se o pedestre se manter abaixo de sua velocidade desejada por um certo intervalo de tempo.
- **React to n:** Determina quantos pedestres influenciarão no cálculo das forças sociais de outro pedestre. Por exemplo: Se n for 3, então para cada pedestre serão considerados a influência dos 3 outros pedestres mais próximos dele. Diminuir n implica em aumentar a densidade e incita os pedestres a agirem de maneira nervosa.
- **Queue order:** Determina o comportamento das filas. Quanto maior o valor do parâmetro, mais reta a fila tende a ficar.
- **Side_preference:** Esse parâmetro define qual lado o pedestre escolhe para desviar momentaneamente quando encontra um outro pedestre no fluxo contrário.
- **Grid_size:** Esse parâmetro define a máxima distância que um pedestre pode estar de outro para que ele influencie seu comportamento. Assim mesmo que no parâmetro n sejam definidos 3 pedestres, se todos os 3 tiverem a uma distância do pedestre

analisado superior ao valor do *grid size* então eles não influenciarão no movimento do pedestre em questão.

- **Routing_obstacle_dist:** Atua na escolha da rota do pedestre (nível tático), fazendo com que, por exemplo, o pedestre prefira caminhos menos estreitos (menores obstáculos).
- **Cell_size:** Define a distância entre pontos de controle para cálculo das distâncias para uma rota desejada. Assim quanto maior o número de controles, maior serão os pontos em que o programa avaliará a distância que será percorrida pelo pedestre, permitindo uma escolha de rota mais complexa. Atua no nível tático.
- **Parâmetros dinâmicos:** Regulam como os cálculos de perda de tempo e velocidade serão abordados e influenciarão na decisão do pedestre durante a sua rota. Também definem o ângulo máximo de desvio do pedestre ao trocar de rota. Atuam mais sobre o nível operacional.

Sobre a interface entre pedestres e transporte público o manual do VISSIM faz algumas considerações:

- **Waiting area:** para o pedestre ficar esperando a sua linha é preciso definir uma área com esse fim. Para isso é preciso editar a área e selecionar a opção de usá-la para o transporte público (*PT usage*). Todo ponto de ônibus deve ter pelo menos uma *waiting area*.
- **Platform edge:** Semelhante a área de espera para embarque, essa área funciona como área de desembarque para os passageiros que descem dos veículos.
- Para cada ponto é possível definir as portas de embarque e desembarque do veículo (traseiras, dianteiras, central ou mais próxima).
- O padrão do VISSIM define que os embarques e desembarques ocorrem por todas as portas do veículo e que os passageiros que

embarcam devem esperar primeiro todos os desembarques. Sabe-se que usualmente esse fato não ocorre, deve-se alterar para que embarques e desembarques ocorram simultaneamente por portas distintas.

- O VISSIM mede a ocupação do veículo, assim se sua capacidade é atingida não ocorrem mais embarques, sendo que o passageiro retorna para a área de espera onde aguarda o próximo veículo.
- Se não ocorrerem nenhum embarque no período de 3 segundos, o veículo segue viagem.

3.5. Considerações Finais

Conforme levantado, as políticas públicas relacionadas ao transporte no Brasil apresentam um histórico de estímulo ao tráfego privado e terceirização do transporte público. Ao longo dos anos, empresas responsáveis por tal tarefa puderam então oferecer serviços de confiabilidade média e certos padrões de conforto, mas este aspecto também gerou o que Vasconcellos (2010) chama de concentração de frota.

Por outro lado, o crescimento da malha de transporte público coletivo desde a década de 60 também não priorizou a integração e mobilidade, de forma que o crescimento de corredores foi muito lento desde então. Atualmente, com a responsabilidade sobre o TPCU (Transporte Público Coletivo Urbano) cabendo aos municípios, nota-se um entrave em grandes metrópoles: permitir o crescimento do tráfego e a livre ação de empresas terceirizadas responsáveis pelo transporte, ou investir em novas soluções para otimizar o transporte público.

Para se avaliar uma boa solução em transporte, optou-se pelo estudo de corredores, devido a sua considerável capacidade de transporte, além de visibilidade recente. Como analisar um corredor inteiro seria algo além do escopo de um único ano, este trabalho caracterizou o impacto que pequenos elementos, como pontos de ônibus, têm em todo o seu

entorno. Especificamente, foi estudado o ponto de ônibus do Eldorado, localizado no corredor da Avenida Rebouças, em São Paulo.

Uma vez que o objeto escolhido para estudo foi algo específico e pontual, a área de análise foi extremamente sintética, permitindo o uso de ferramentas como a microsimulação para avaliar a realidade. Desta forma, as variáveis tempo de espera e tamanho da fila mostraram-se as mais expressivas.

Como entrada (*input*) para a microsimulação aqui proposta, utilizaram-se os dados de duas pesquisas fornecidas, uma de embarques e desembarques e outra de frequência e ocupação visual (FOV). Os dados processados serviram de entrada para a calibração das condições atuais no modelo elaborado e para a reconstituição do passado, quando ainda não havia faixa de ultrapassagem. Devido à disponibilidade e maior interesse por parte dos alunos em relação ao seu funcionamento, o software escolhido para realizar essa microsimulação foi o VISSIM, produzido pela PTV.

4. Desenvolvimento: Aplicação

4.1. Área de estudo

O ponto estudado localiza-se no corredor Rebouças, na avenida Eusébio Mattoso em Pinheiros. Conforme já mencionado o ponto localiza-se em uma área comercial, próximo a estações de outros modais, como as estações Faria Lima e Pinheiros do metrô e a estação Hebraica-Rebouças da CPTM, conforme já apresentado na Figura 6.

Em agosto de 2015 o ponto de ônibus passou por modificações físicas e operacionais no sentido Centro - Bairro a fim de aperfeiçoar o seu desempenho. As modificações consistiram na inclusão de mais uma faixa para uso exclusivo do transporte coletivo e na modificação da estrutura física do ponto de ônibus. A primeira permitiu que a faixa adicional fosse utilizada como faixa de ultrapassagem para os ônibus, enquanto que a segunda proporcionou a divisão do ponto de ônibus em duas paradas. Os serviços até então operados no ponto foram divididos em 2 pontos de parada, cada uma com aproximadamente 40 metros de comprimento e 20 metros de distância entre si.

Figura 12-Vista aérea do ponto antes e depois das modificações.



Fonte: Elaboração própria com base em imagens de satélite retirados do Google Earth.

As modificações visavam melhorar o desempenho do ponto no período tarde, uma vez que ocorria formação de filas de ônibus.

Figura 13 - O ponto de ônibus em sua configuração sem faixa de ultrapassagem.



Fonte: Manual BRT.

Figura 14 - O ponto de ônibus com a faixa de ultrapassagem.



Fonte: Acervo próprio.

Neste estudo avalia-se a eficiência dessa solução implantada através do uso do software de microsimulação. Para tanto foi elaborado um levantamento de dados à respeito do ponto de ônibus nas condições atuais (pós modificação) com base em duas pesquisas realizadas e informações da SPTrans. Na sequência, recria-se o ponto de ônibus no simulador, visando a elaboração de um modelo. Este será alimentado e calibrado com os dados

levantados, construindo assim a situação atual no *software*. Posteriormente será construído no simulador o ponto de ônibus em sua configuração antiga (sem faixa de ultrapassagem) e com os mesmos dados de alimentação uma nova rodada será simulada, permitindo-se comparar o desempenho do ponto de ônibus nas duas configurações. Numa terceira etapa novas propostas para melhorar o desempenho do ponto de ônibus serão realizadas, ao passo que novos cenários poderão ser testados, verificando o impacto de cada modificação no desempenho do ponto de ônibus.

4.2. Levantamento de dados

Neste tópico, faz-se um breve descritivo do levantamento de dados utilizados neste estudo. No item 4.2.1 serão apresentadas as informações pertinentes à SPTrans, no item 4.2.2 serão apresentados os dados levantados com base na pesquisa de campo realizada. Finalmente, no item 4.2.3 serão apresentados os dados de movimentação por GPS do município.

4.2.1. Levantamento de linhas atuando no ponto – SPTrans

Inicialmente é preciso levantar todas as linhas que passam pelo ponto de ônibus em estudo antes e depois da implantação da faixa de ultrapassagem. De acordo com o site da SPTrans, as linhas que passam pelo ponto em cada uma de suas paradas e sua frequência no período de estudo, 17:30-18:30 são mostradas na Tabela 2:

Tabela 2-Linhas que passam pelo ponto Parada Eldorado

Parada	Linha	Frequência tabela Hora Pico tarde
1	702U-10	5
1	715M-10	6
1	7411-10	4
1	7458-10	4
1	7545-10	7
1	7545-21	2
1	778R-10	4
1	7903-10	3

Parada	Linha	Frequência tabela Hora Pico tarde
1	809V-10	5
1	8705-10	7
1	8705-51	0
1	8707-10	4
2	702C-10	5
2	6250-10	2
2	775P-10	2
2	809P-10	12
2	857P-10	6
2	857A-10	4
2	857R-10	6
2	8700-10	16
2	8700-22	2
2	8700-23	0

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da SPtrans.

4.2.2. Levantamentos de campo

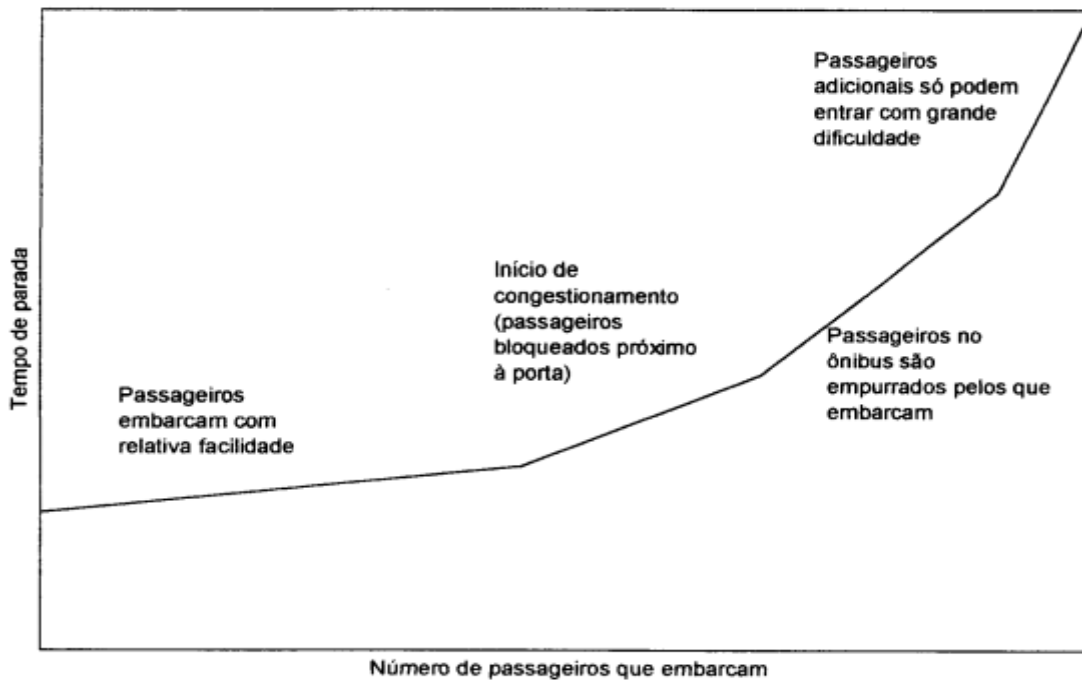
Para a construção do modelo no software ainda é preciso levantar mais dados para sua alimentação. Como objetiva-se avaliar os efeitos da faixa de ultrapassagem sobre a capacidade do ponto, é necessário levantar o tempo de parada de cada veículo no ponto, também conhecido como “*dwell time*”, ou seja, o tempo no qual o elemento veículo do sistema de corredor permanece parado no ponto (HCM,2010).

O tempo de parada no veículo é composto pelo “tempo morto” e o “tempo dependente do passageiro”. Sendo que o “tempo morto” pode incluir o tempo entre as rodas do veículo pararem e suas portas abrirem para permitir a entrada dos passageiros, o tempo associado com a caminhada dos passageiros até a porta do veículo e o tempo entre a entrada do último passageiro e o início do movimento das rodas do veículo. O “tempo dependente do passageiro” é o tempo relacionado ao tempo de embarque de cada passageiro e a eficiência do método de pagamento do sistema (Gardner, et al).

Ainda de acordo com o estudo de Gardner e pesquisas realizadas, quanto maior o número de pessoas que deseja embarcar em relação ao espaço disponível dentro do veículo maior o tempo que cada passageiro precisa para adentrar o veículo, ocasionando, em pontos de parada muito movimentados, a formação de filas para embarque, as quais muitas vezes acabam não fluindo, impedindo que o veículo prossiga viagem. De acordo com TRL/ODA

(1993), a partir de um momento a restrição de espaço físico no ônibus dificulta o embarque de passageiros, de modo que o tempo de parada do veículo deixa de ser uma relação direta com o número de passageiros que embarca, conforme ilustra qualitativamente a Figura 15:

Figura 15-Tempo de parada x número de embarques.



Fonte: TRL/ODA (1993)

Para avaliar o tempo de parada do veículo no ponto em estudo optou-se por utilizar os dados de uma pesquisa realizada por uma consultoria de transportes no local, no dia 3 de setembro de 2015, entre 17:30 e 18:30. Os dados dessa pesquisa foram gentilmente cedidos a esse trabalho. Antes de apresentar o resultado dessa pesquisa, será explicado sucintamente o método de execução e expor o formato do seu banco de dados gerado.

Importante ressaltar que existem outras maneiras de obter tais dados. Discutiu-se, por exemplo, o uso de dados de GPS dos veículos ou do sistema de bilhetagem das linhas para estimar o tempo de parada. Entretanto tais dados exigiriam um maior esforço de processamento, de forma que o acesso à pesquisa realizada se mostrou mais rápido e compatível com o objeto de estudo e cronograma disponível. O modelo proposto de análise será sistêmico e poderá ser reaplicado para novos dados de entrada. Assim caso deseje-se

refinar ainda mais os dados de entrada, pode-se alimentar o modelo com esses novos dados. Por uma limitação de cronograma e escopo de trabalho, nesse estudo foi usado como dados de entrada a pesquisa fornecida, a qual será melhor explicada a seguir.

4.2.2.1. Amostragem

Foram realizadas duas pesquisas no dia 3 de setembro de 2015, entre 17:30 e 18:30: uma pesquisa de Frequência e Ocupação Visual (F.O.V.) de todos os ônibus que passaram pelo ponto de parada estudado e uma pesquisa de Embarque e Desembarque cronometrada no ponto de estudo. Assim, será explicado brevemente o método de cada uma delas.

4.2.2.1.1. Pesquisa de Frequência e Ocupação Visual (F.O.V.)

Nessa pesquisa buscou-se anotar todos os veículos que passaram pelo ponto de parada do ônibus e sentido em estudo durante o período de 1 hora no horário de pico tarde (17h30min-18h30min). Para isso, dois pesquisadores foram posicionados em um ponto estratégico logo após o ponto de parada, em relação ao sentido de fluxo. Para cada veículo que passava pela seção os pesquisadores anotaram sua linha e uma faixa de ocupação atribuída visualmente de acordo com seis níveis de ocupação pré-estabelecidos:

Tabela 3- Níveis de ocupação para a pesquisa FOV

Nível	Categoria
A	Poucos sentados
B	Alguns sentados
C	Todos sentados
D	Alguns em pé
E	Capacidade nominal
F	Superlotado

Fonte: Elaboração própria com base na classificação proposta na pesquisa F.O.V.

Vale destacar também que usualmente os níveis de ocupação presentes em pesquisas de frequência e ocupação visual buscam associar ou classificar a ocupação do veículo com base em parâmetros qualitativos, principalmente para as faixas extremas como nas classificações A, B, E e F. Conforme indica a Tabela 3, essa descrição de faixas requer

visualização e interpretação do pesquisador no momento da captação de dados, sendo portanto altamente subjetiva e resultado também de sua experiência prévia.

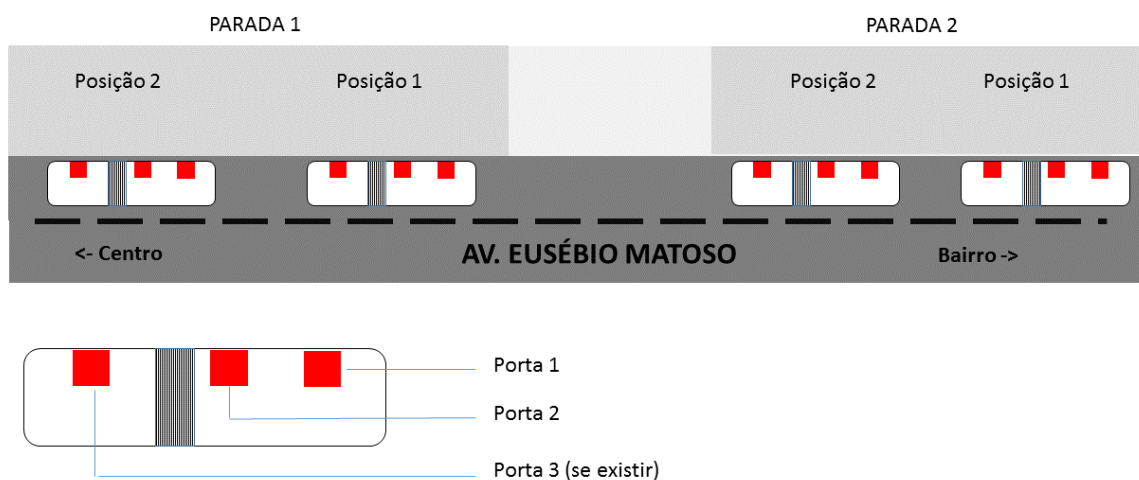
Uma vez feita esta breve consideração e de posse dos dados da FOV é possível determinar a frequência efetiva da linha e estimar a sua ocupação. Cruzando-se os dados da FOV com o da pesquisa de embarque e desembarque, por exemplo, é possível tentar estabelecer uma relação entre tempo de embarque dos passageiros com nível de ocupação do veículo.

4.2.2.1.2. Pesquisa de Embarque e Desembarque cronometrada

Nessa pesquisa o objetivo principal era medir o tempo de parada do veículo no ponto e a demanda existente em cada linha. Sendo assim, foram cronometrados os tempos e número de embarques e desembarques ocorridos para cada veículo que passou pelo ponto.

De modo a registrar a movimentação em todas as portas de cada veículo, distribuíram-se pesquisadores ao longo de suas portas. Essa pesquisa foi realizada no mesmo dia e período da pesquisa FOV, de maneira que os seus dados puderam ser cruzados. A codificação da porta e parada de cada pesquisador segue a Figura 16.

Figura 16 - Ilustração da codificação das posições de paradas e portas dos ônibus para a identificação na pesquisa.



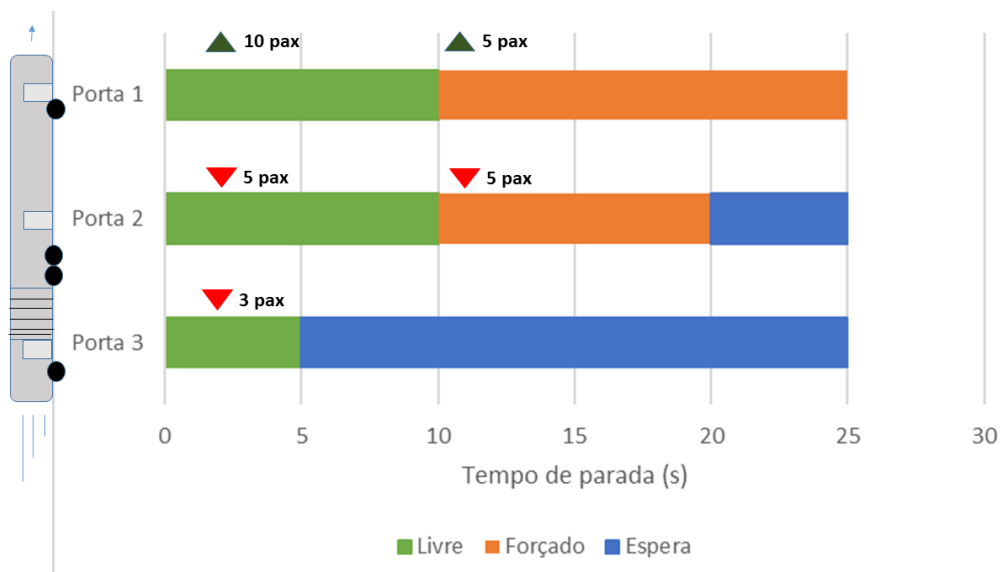
Fonte: Elaboração própria.

O tempo de parada do veículo no ponto de ônibus e o número de embarques e desembarques foram medidos, como já mencionado, em cada uma das portas do veículo. Para um maior detalhamento, esse tempo foi classificado em 3 categorias.

- **Tempo livre:** Os Embarque/desembarques ocorrem de maneira fluída, sem formação de filas na porta do ônibus.
- **Tempo forçado:** Embarques ocorrem de forma forçada, há formação de filas pois embarque/desembarque não são imediatos.
- **Tempo de espera:** não há ocorrência de embarques/desembarques, contudo o veículo continua esperando no ponto de ônibus.

Assim para um dado veículo com três portas pode-se ter a situação, por exemplo, mostrada na Figura 17.

Figura 17- Exemplo dos tempos e números de embarque e desembarque para um veículo avaliado.



Fonte: Elaboração própria com base na consolidação dos dados da pesquisa.

Para esse exemplo, tem-se um total de 15 embarques no veículo dos quais 5 ocorreram em condições de fila. O total de desembarque foi de 13 passageiros e o tempo total de parada foi de 25 segundos.

4.2.2.1.3. Vídeo

No mesmo dia e horário da realização da pesquisa filmou-se o ponto de parada do shopping Eldorado a partir de um edifício localizado no entorno. O vídeo também foi fornecido e será usado como uma ferramenta de calibração do modelo.

4.2.2.2. Formato do banco de dados

As Tabela 4 e 5 a seguir ilustram o formato do banco de dados obtidos para cada uma dessas pesquisas realizadas.

Tabela 4-Formato do banco de dados da pesquisa F.O.V.

Ano	Mês	Dia	Ponto	Sentido	H	M	Veículo	Linha	Ocupação Frente	Ocupação Atrás
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	30	Pad	702U	C	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	31	Pad	8700-22	C	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	31	Pad	7411	B	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	32	Art	809P-10	B	C
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	32	Pad	857-A	C	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	33	Pad	8707-10	D	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	34	Pad	775P-10	D	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	34	Pad	7545-10	D	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	36	Art	8700-10	E	E
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	37	Art	809-10	B	C
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	38	Art	8705-10	D	C
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	38	Pad	8700-10	D	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	38	Pad	8707	D	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	40	Pad	7545-10	E	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	40	Pad	702U-10	C	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	41	Pad	7903-10	D	
2015	9	3	Eldorado	Bairro	17	42	Pad	857A-10	E	

Fonte: Elaboração própria com base nos formulários obtidos para a pesquisa F.O.V.

Como mostrado na Tabela 4, as primeiras colunas do Banco de dados referem-se à data e localização da pesquisa. O tempo foi registrado em duas colunas (H para hora e M para minutos) com precisão de minutos. Na coluna Veículo registra-se o tipo de ônibus: “Pad” para padrão e “Art” para veículos articulados. Na coluna Linha anota-se o código da linha do veículo que passou conforme é identificado no letreiro de cada ônibus. “Ocupação frente” refere-se à classificação de nível de ocupação do ônibus. Quando se trata de um veículo articulado, essa coluna refere-se à ocupação da primeira composição. “Ocupação Atrás” foi preenchida apenas quando se tratava de um veículo articulado, indicando a ocupação da segunda composição. A classificação do nível de ocupação é preenchida por uma letra, cuja categoria é explicada na Tabela 3 já apresentada.

Conforme explicado, tem-se, por exemplo, para a primeira linha da Tabela 4 a indicação que um veículo padrão da linha 702U deixou o ponto de ônibus às 17 horas e 30 minutos com quase todos os assentos ocupados (nível C de ocupação).

Tabela 6-Formato do banco de dados da pesquisa de embarque e desembarque cronometrado.

Ano	Mês	Dia	Ponto	Sentido	Parada	Posição	Horário (hora)	Horário (min)	Ponto	Linha	Veículo	Tempo Início (min)	Tempo Início (seg)	Tempo Livre (min)	Tempo Livre (seg)	Tempo Forçado (min)	Tempo Forçado (seg)	Tempo Espera (min)	Tempo Espera (seg)	Desembarque Livre		Desembarque Forçado		Embarque e Espera		Obs		
																				Tempo Livre	Tempo Forçado	Tempo Livre	Tempo Forçado	Tempo Livre	Tempo Forçado		Tempo Livre	Tempo Forçado
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	857A-30	Pad	4	4	9	4	14		4	24	1	0	0	0	0	0	0		
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	870A-22	Pad	6	4	6	20			6	27	14	0	0	0	0	0	0	0	
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	775A-10	Pad	7	55	8	5			8	18	5	0	0	0	0	0	0	0	
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	870A-30	Art	10	3	10	15			10	31	9	0	0	0	0	0	0	0	
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	809A-10	Art	11	25	11	32			12	3	1	0	0	0	0	0	0	0	
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	870A-30	Art	12	20	12	36			12	41	6	0	0	0	0	0	0	0	
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	702C-10	Pad	14	13	14	24			14	40	10	0	0	0	0	0	0	0	
2015	9	3	El Dorado	Barro	2	1	17	29	2	857A-30	Pad	15	28	15	34	15	39	16	32	1	0	1	0	0	0	0	0	

Fonte: Elaboração própria com base nos formulários obtidos para a pesquisa de embarque e desembarque cronometrados.

As primeiras colunas referem-se à data e localização da pesquisa e o horário do registro. Para a identificação da coleta de dados utilizaram-se códigos para identificar a porta, posição e parada do veículo dentro do ponto de ônibus.

Para cada parada, posição de estacionamento e porta dos veículos foi dado um código numérico que é identificado no banco de dados da pesquisa.

Além dessas identificações foi registrada a linha identificada no letreiro do veículo, o tipo de veículo (articulado ou padrão). “Tempo de início” é o momento que o ônibus para no ponto, com precisão de segundos. “Tempo livre” registra o tempo no qual o veículo está parado e ocorrem embarques ou desembarques pela porta estuda de forma fluída, sem obstruções. “Tempo forçado” refere-se ao tempo que ocorrem formação de filas para embarques e os passageiros têm dificuldade para conseguir entrar no veículo. “Tempo de espera” indica o tempo que a porta pesquisada continuou aberta, mas não ocorrem nela embarques ou desembarques. Isso indica que outra porta do ônibus ainda está sendo utilizada ou que por algum motivo o veículo continua parado mesmo não ocorrendo mais movimentação de passageiros.

Na primeira linha da tabela 6, por exemplo, pode-se ler que o veículo da linha 857A-10 chegou no instante 4 minutos e 9 segundos na parada 2, posição 1. De acordo com o pesquisador localizado na frente da porta 2 desse veículo, o fluxo de desembarque dessa porta permaneceu em tempo livre até 4 minutos e 14 segundos, ocorrendo um desembarque nesse período. Ainda de acordo com o pesquisador, essa porta permaneceu aberta até 4 minutos e 24 segundos. Isso indica que durante 5 segundos ocorreu o desembarque de forma fluída e o ônibus ficou parado ainda por mais 10 segundos. Para saber se ocorreram movimentações em outras portas durante esses 10 segundos é preciso cruzar os dados dos outros pesquisadores.

4.2.2.3. Processamento dos dados

Para o processamento dos dados foi necessário inicialmente atribuir para cada linha registrada na pesquisa FOV um código único de identificação (ID). Foi preciso também percorrer os bancos de dados procurando possíveis erros de registro dos pesquisadores, tais como erro no registro do código da linha. Esse procedimento foi realizado verificando-se na

tabela da SPTrans as linhas que passam pelo ponto e cruzando resultados dos diversos pesquisadores, buscando-se identificar os equívocos.

Na sequência foi preciso agregar os dados dos diversos pesquisadores na pesquisa de Embarque e Desembarque. Como para uma dada posição de parada do ônibus havia mais de um pesquisador (um para cada porta do veículo) foi preciso criar um código para a linha para que se soubesse que se tratava do mesmo veículo. Por exemplo, para um veículo da linha 8700-10 que chega no ponto em um dado horário, no banco de dados da pesquisa aparecerá o registro dessa linha para o pesquisador A, que estava na primeira porta, pesquisador B na porta intermediária e pesquisador C, o qual estava na última porta. Assim adota-se um código comum para esses registros para que todos saibam que se trata do mesmo veículo.

Desta forma, é possível agrupar os dados de embarque e desembarque que cada um dos três pesquisadores registrou e comparar os tempos que cada um verificou. Na análise dos tempos de paradas encontram-se pequenas variações no tempo de parada registrado, esta variação se deve principalmente ao tempo de reação de cada pesquisador para registrar o cronometro.

Agrupados e verificados os dados de cada pesquisa, correlacionou-se os dados das duas pesquisas. Para isso, para cada código adotado para o veículo na pesquisa de Embarque e Desembarque procurou-se o seu correspondente na pesquisa FOV, correlacionando o código com o ID da pesquisa FOV.

Terminadas essas etapas de processamento foi possível extrair as análises da pesquisa, cujos principais resultados são apresentados no item a seguir.

4.2.2.4. Resultados

Nesse item serão apresentados alguns resultados obtidos através do processamento das duas pesquisas de campo.

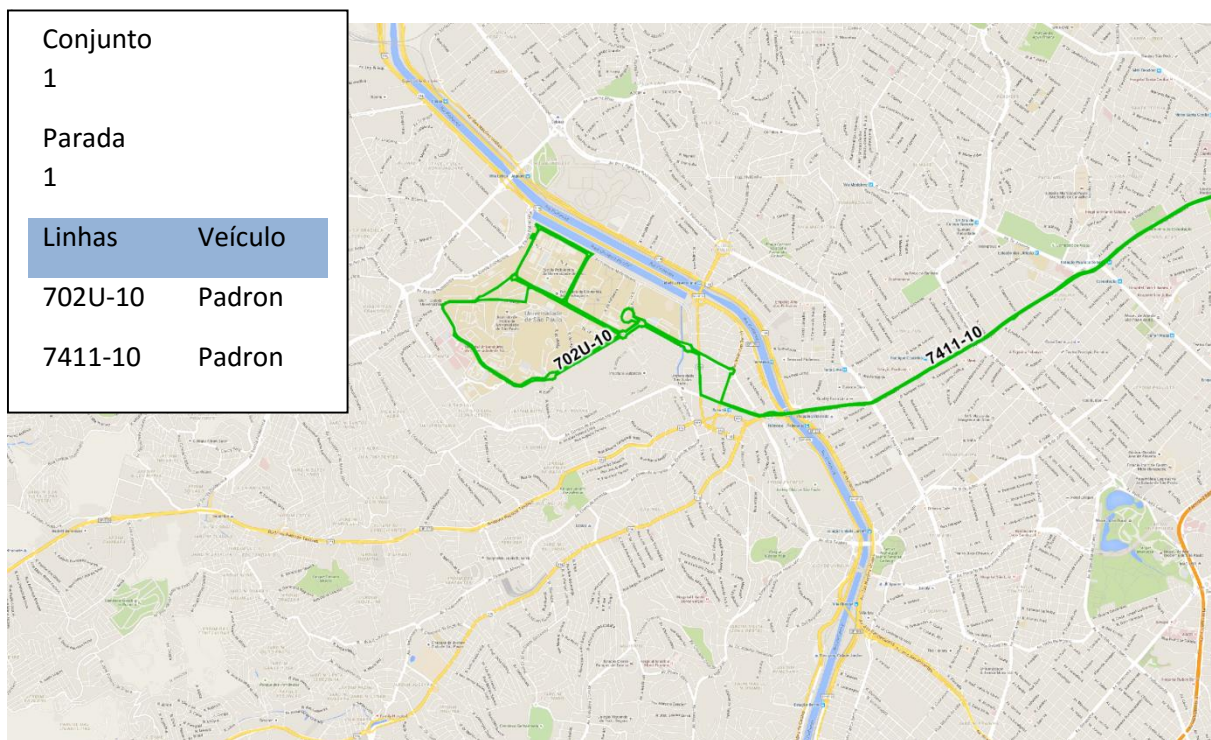
Para uma melhor compreensão e apresentação de alguns dos resultados, as linhas foram agrupadas de acordo com o seu destino. Trata-se de uma simplificação na estruturação do problema que se mostra necessária, uma vez que se fossem utilizados todos os resultados

individuais, devido a existência de um grande número de linhas no ponto, tratar-se-ia de uma análise longa e de pouca visualização. Além disso, no modelo será utilizada a mesma simplificação como hipótese para construção dos cenários.

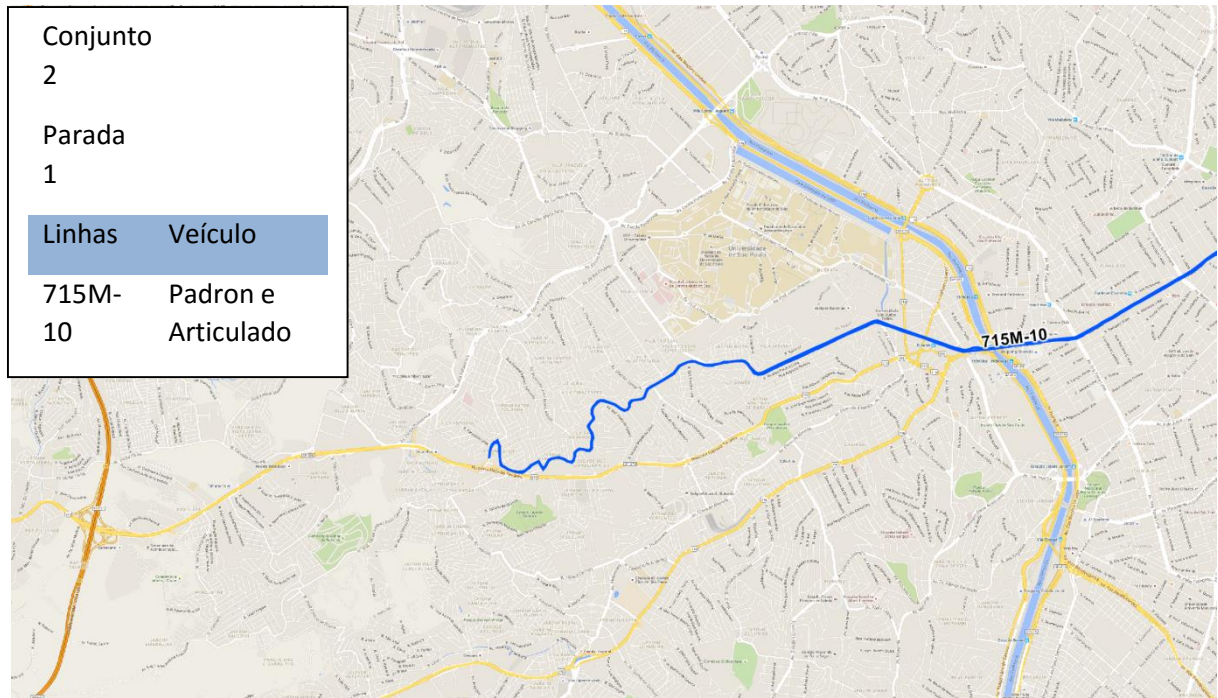
Como critério de agrupamento utilizou-se o destino de cada uma das linhas. Por possuírem áreas de atendimento semelhantes algumas linhas apresentaram comportamentos de demanda semelhantes. Por tal critério conseguiu-se agrupar as linhas em 10 conjuntos, apresentados nas Figura 18 a 27:

Grupo 1:

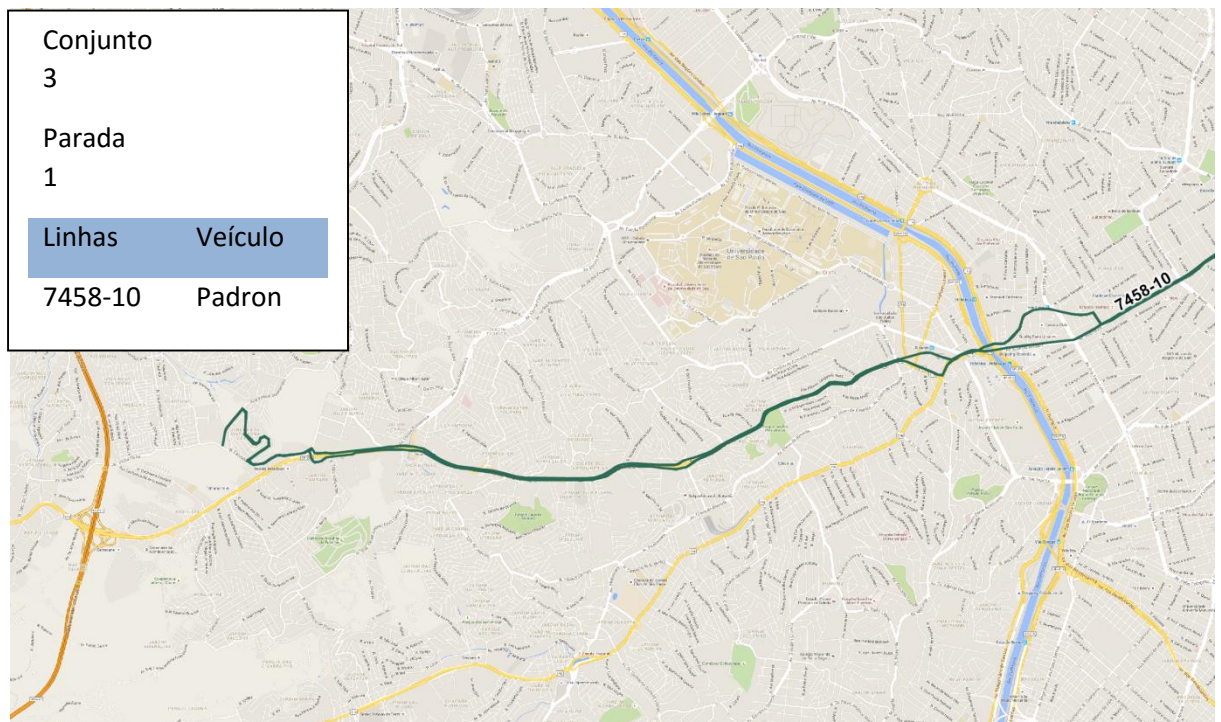
Figura 18- Grupo 1-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans.

Grupo 2:**Figura 19- Grupo 2-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

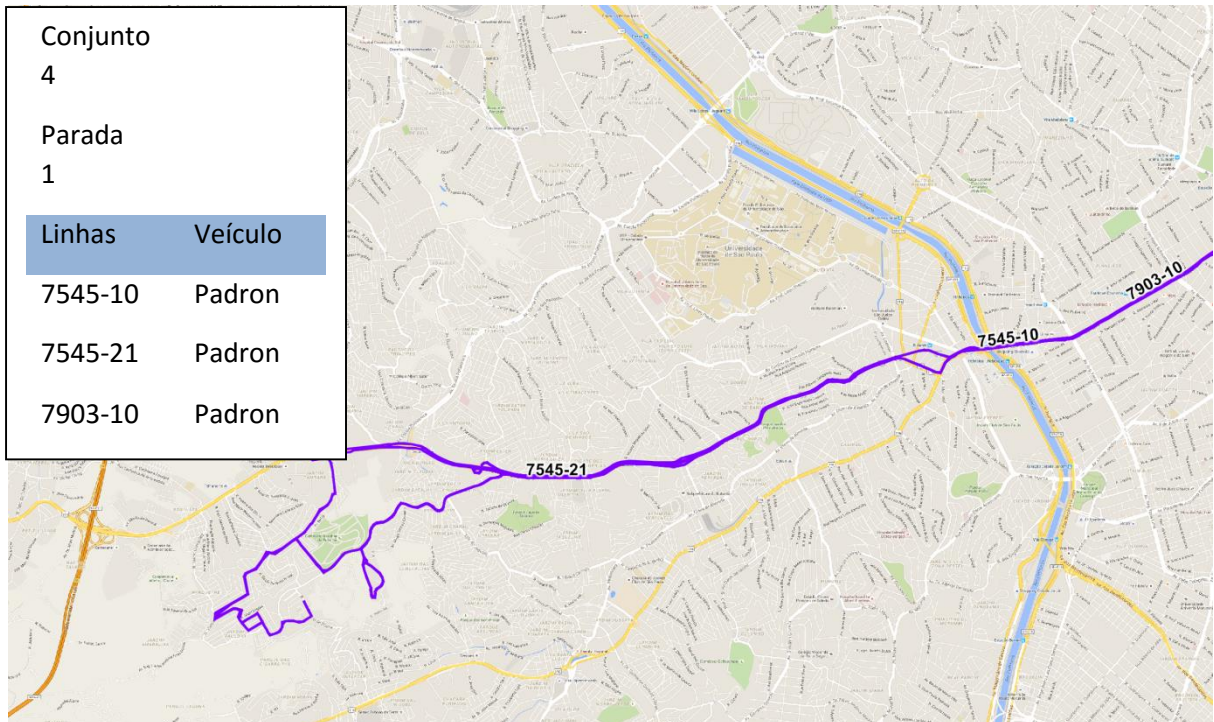
*Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans.

Grupo 3:**Figura 20- Grupo 3-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans.

Grupo 4

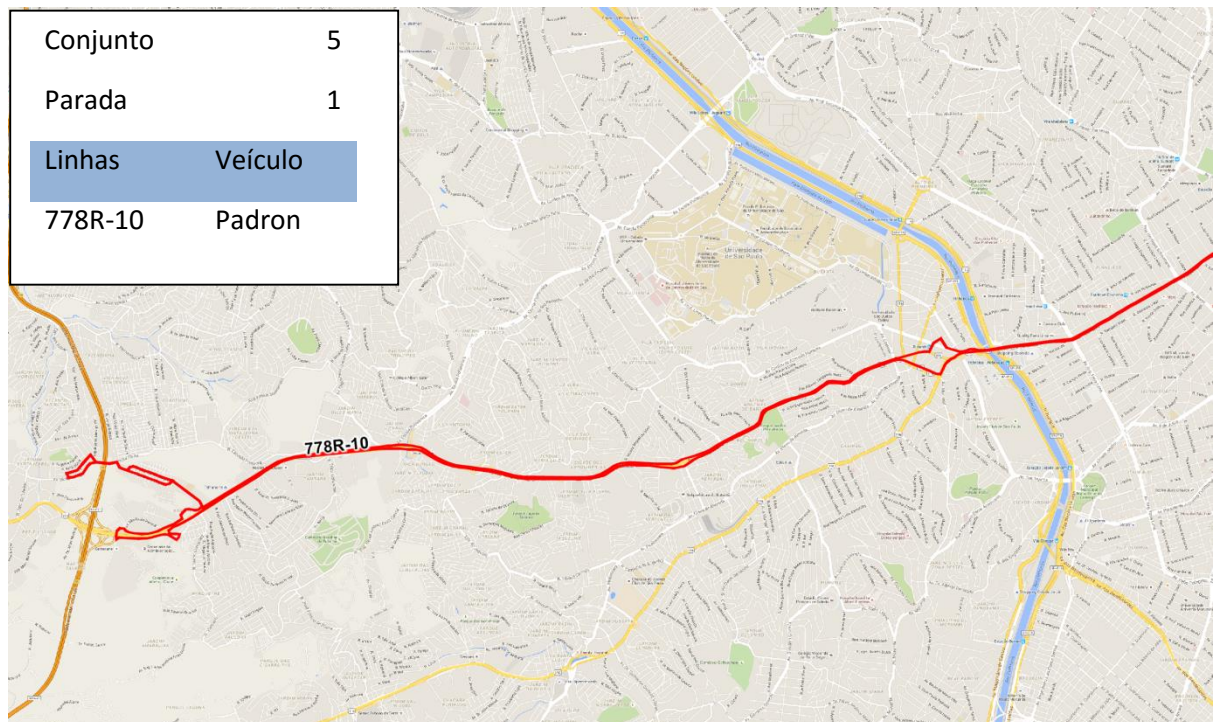
Figura 21- Grupo 4-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.



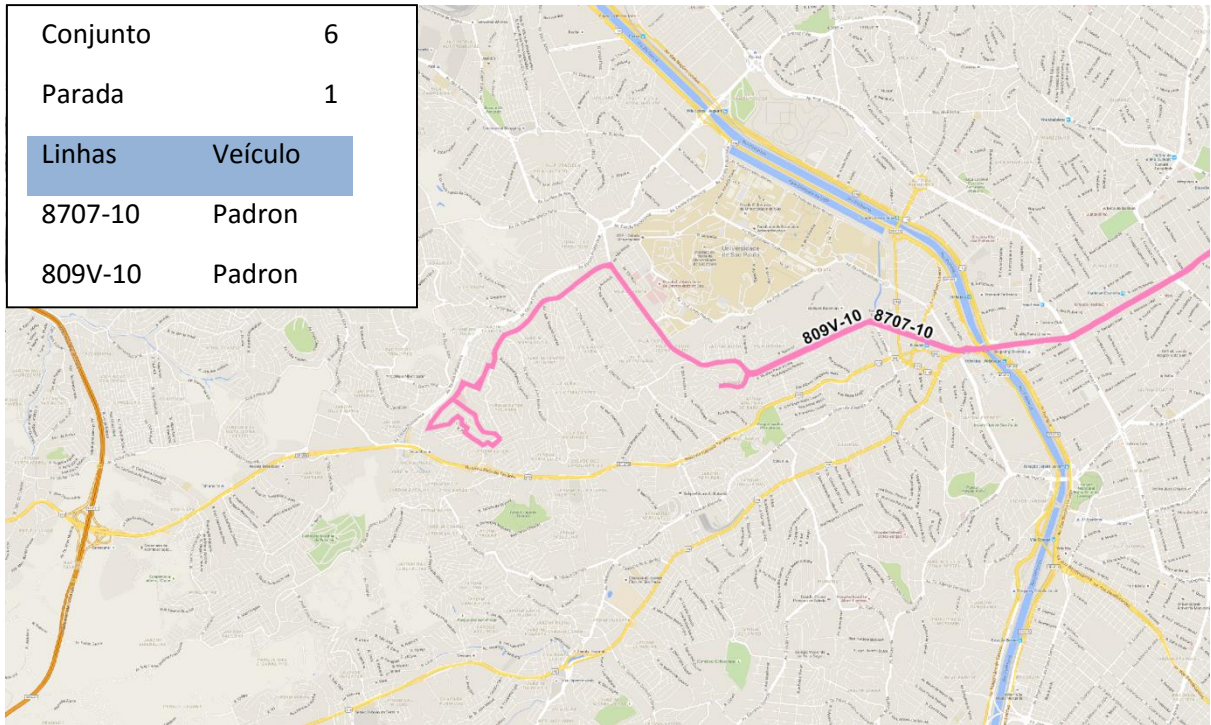
*Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans.

Grupo 5:

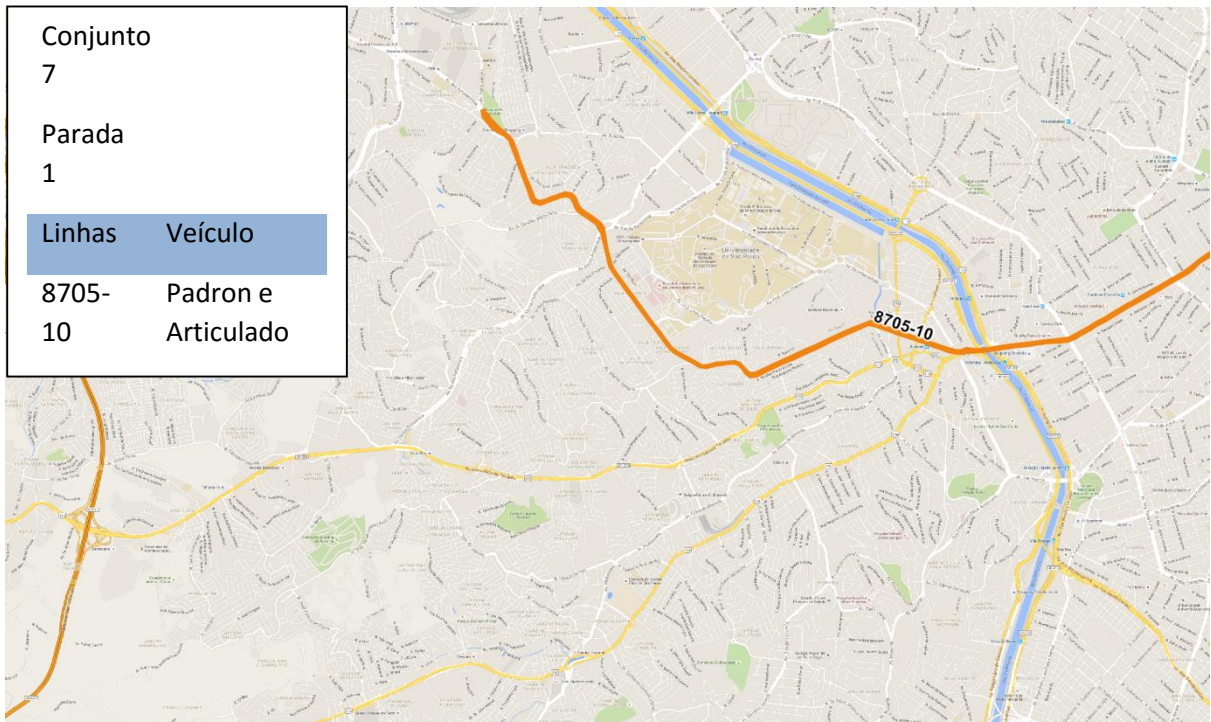
Figura 22- Grupo 5-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.



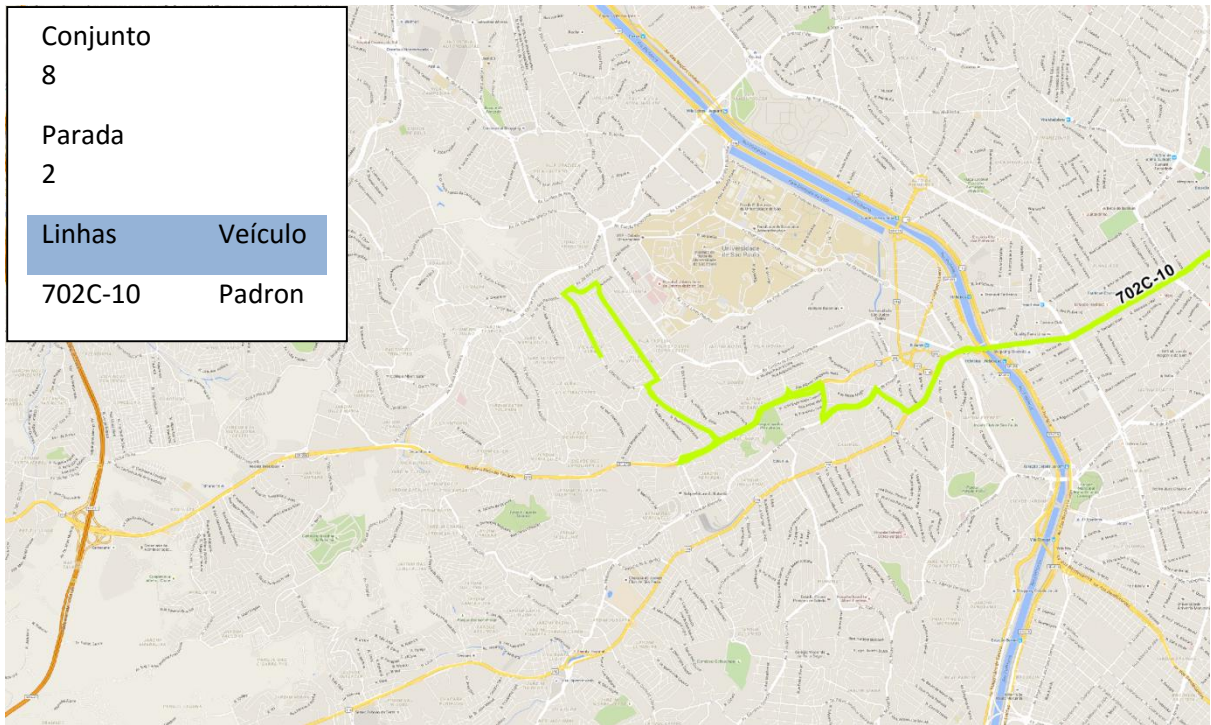
*Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans.

Grupo 6:**Figura 23- Grupo 6-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

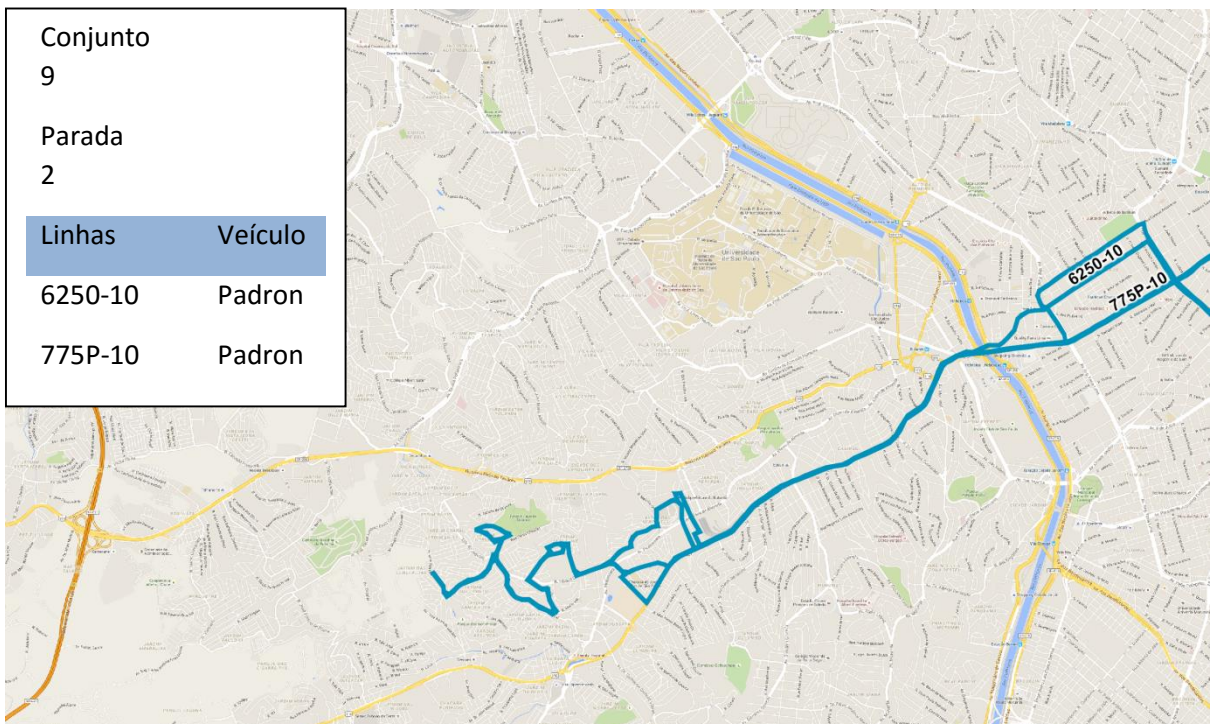
*Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans

Grupo 7:**Figura 24- Grupo 7-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

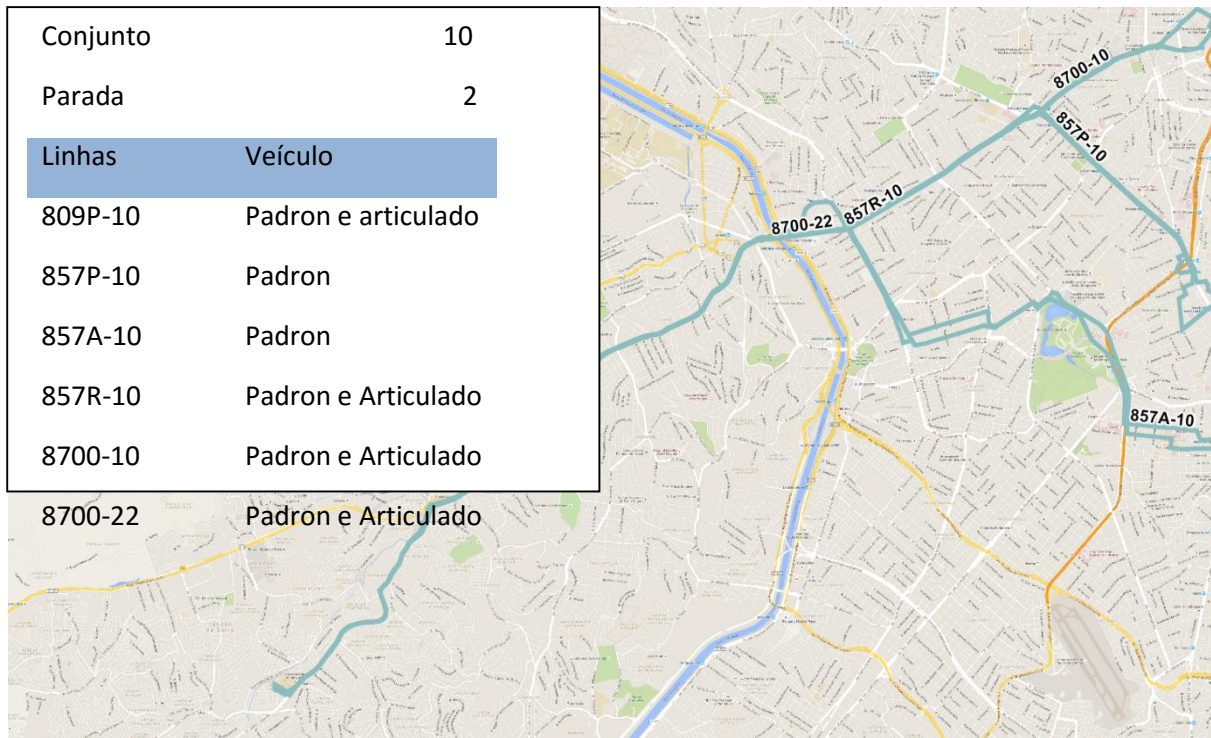
Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans

Grupo 8:**Figura 25- Grupo 8-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans

Grupo 9:**Figura 26- Grupo 9-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans.

Grupo 10:**Figura 27- Grupo 10-Percurso, ponto de parada linhas e veículo tipo observados.**

*Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SPtrans

Assim, parte dos resultados será apresentada e avaliada no formato agregado (grupos de linhas). Resultados mais simples e diretos serão mostrados a nível desagregado (linhas).

4.2.2.4.1. Comparação entre frequências

A

Tabela 7 mostra a variação entre a frequência programada de acordo com o site da SPTrans e a frequência registrada pela pesquisa FOV realizada.

Tabela 7-Varição entre a frequência programada (SPTrans) e a frequência registrada pela pesquisa FOV.

Parada	Linha	Frequência SPTrans	Frequência Registrada
1	702U-10	5	7
1	715M-10	6	6
1	7411-10	4	5

Parada	Linha	Frequência SPTrans	Frequência Registrada
1	7458-10	4	2
1	7545-10	7	13
1	7545-21	2	1
1	778R-10	4	5
1	7903-10	3	4
1	809V-10	5	5
1	8705-10	7	6
1	8705-51	0	0
1	8707-10	4	6
2	702C-10	5	6
2	6250-10	2	3
2	775P-10	2	3
2	809P-10	12	13
2	857P-10	6	7
2	857A-10	4	6
2	857R-10	6	5
2	8700-10	16	17
2	8700-22	2	3
2	8700-23	0	0

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da SPTrans e na pesquisa sobre e desce e FOV obtida com a Logit (2015).

Como o próprio site da SPTrans informa os horários programados poderão divergir do realizado em função de fatores externos, como, por exemplo, o trânsito. Os pesquisadores da FOV podem também ter deixado de anotar algum registro ou anotado o código da linha de maneira errônea.

4.2.2.4.2. Tipo de veículo

A pesquisa FOV dividia a tecnologia veicular das linhas em 2 categorias: Padron e Articulado. Com base nos processamentos realizados os tipos de ônibus para cada linha são fornecidos na tabela 8

Tabela 8 - Tipo de veículo por linha.

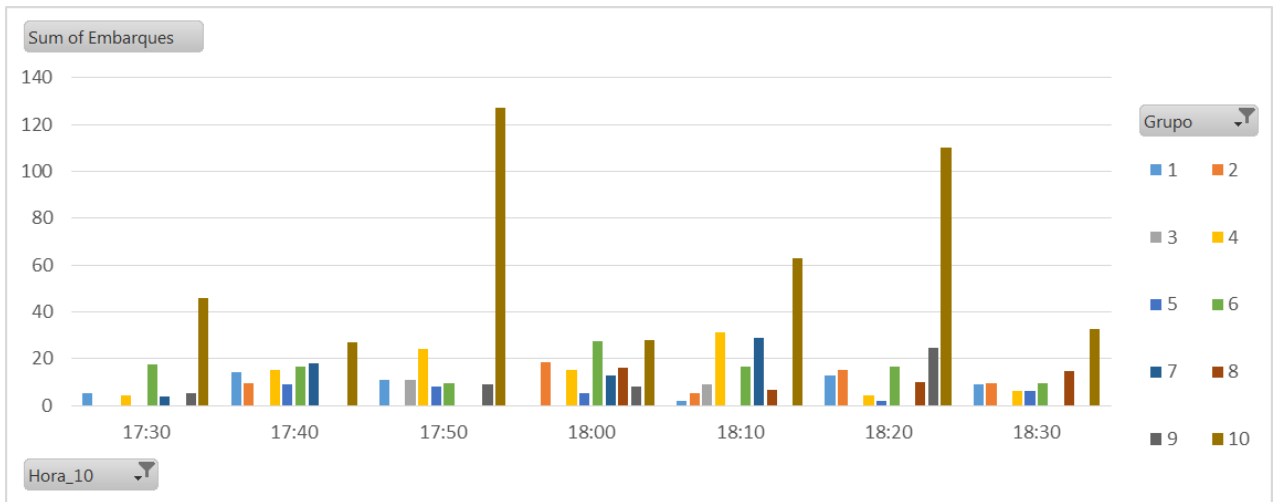
Linha	Articulado	Padron
702U-10		
7411-10		
715M-10		
7458-10		
7545-10		
7545-21		
7903-10		
778R-10		
809V-10		
8707-10		
8705-10		
702C-10		
6250-10		
775P-10		
809P-10		
857A-10		
857P-10		
857R-10		
8700-10		
8700-22		
8700-23		

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das pesquisas realizadas.

4.2.2.4.3. Total de embarques

O total de embarques por grupo de linhas é apresentado no gráfico da Figura 28. Os embarques foram agrupados a cada 10 minutos (“Hora_10”, na legenda). O valor total de embarques será utilizado como um valor de entrada para o modelo.

Figura 28 - Total de embarques em cada grupo por período.



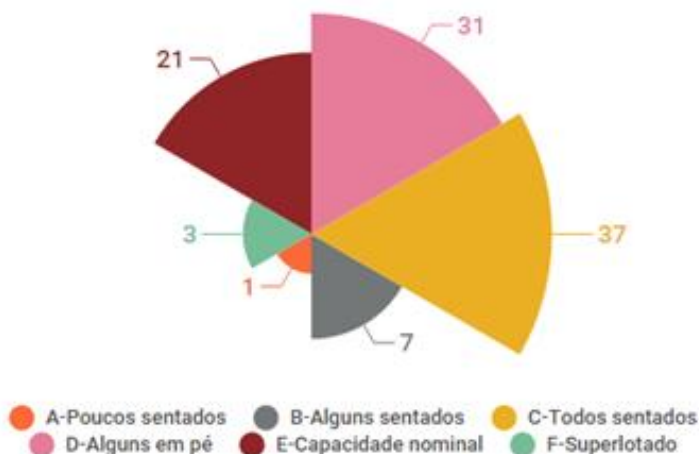
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados observados na pesquisa.

4.2.2.4.4. Ocupação

Para estabelecer a ocupação dos ônibus remete-se aos resultados do processamento da pesquisa FOV. Por meio dessa pesquisa obtêm-se a ocupação do veículo antes de chegar no ponto de ônibus, tal ocupação é uma aproximação, conforme já mencionado no item 4.2.2.1.1

Considerando-se todos os veículos registrados na FOV, os níveis de ocupação foram distribuídos conforme a Figura 29.

Figura 29 - Nível de ocupação dos veículos de acordo com a Pesquisa FOV (em%)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa F.O.V.

Conforme indica a Figura 29, a maioria dos veículos que chegam à parada Eldorado encontra-se medianamente ocupada (faixas C-Todos sentados, D-Alguns em pé e E-Capacidade Nominal da classificação proposta pela pesquisa). As faixas extremas A e F somam apenas 4% dos veículos que chegam, indicando genericamente que as condições de operação não devem se encontrar sub e sobredimensionadas para este trecho.

Para transformar a classificação em um valor numérico foi preciso associar cada chave a uma quantidade de pessoas. Para estimar esse número precisou-se determinar a capacidade de cada tipo de ônibus indicado na pesquisa. Depois para cada nível de classificação de ocupação da pesquisa associou-se um percentual sobre a capacidade total do veículo.

Tabela 9 - Ocupação percentual para cada nível da pesquisa.

Nível	Categoria	Ocupação (%)
A	Poucos sentados	20% sentados
B	Alguns sentados	50 % sentados
C	Todos sentados	100% sentados
D	Alguns em pé	100% sentados + 50% em pé
E	Capacidade nominal	100% sentados + 100% em pé
F	Superlotado	100% sentados + 105% em pé

Fonte: análise própria.

A ocupação de um ônibus apresenta duas vertentes: a capacidade de viajantes sentados (não foram considerados motoristas e cobradores nessa análise) mais a capacidade de pessoas que ficam em pé.

O número de passageiros sentados depende do tipo de veículo e do layout interno. Sendo assim, veículos de modelos iguais podem apresentar pequena variação no seu número de assentos. Nessa análise, para os veículos categorizados como “articulados” pela pesquisa adotou-se os veículos “superarticulados” de piso rebaixado, que é o tipo de articulado usualmente empregado no corredor Rebouças – Campo Limpo. Como base para estudo, usou-se o modelo “O 500 UDA”, da Mercedes Benz. Para o ônibus Padron, pesquisaram-se modelos da Mercedes Benz, Volkswagen e Volvo.

Os ônibus “superarticulados” são uma alternativa intermediária entre ônibus articulados e biarticulados em termos de capacidade e tamanho, podendo chegar a 23 metros. Tal modelo de ônibus possui aproximadamente 56 assentos em seu chassi. Já o ônibus Padron conta, de acordo com a Artesp, com cerca de 32 assentos.

Para estimar o número de pessoas que podem viajar em pé buscou-se a área disponível em função da densidade adotada pela SPTrans.

Tabela 10 - Capacidade máxima de passageiros por metro quadrado.

TIPO DE ÔNIBUS	CAPACIDADE MÁXIMA DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS EM PÉ POR METRO QUADRADO
MINIÔNIBUS	4
BÁSICO	6
PADRON	6
ARTICULADO	6
BIARTICULADO	6

Fonte: SPTrans e Prefeitura de São Paulo.

Com base na área total aproximada de cada veículo, área assentos (assentos mais área de acomodação), área não ocupável (motorista, cobrador, portas, etc), estimou-se a área disponível para passageiros em pé.

Tabela 11 - Cálculo para estimar passageiros em pé para cada veículo

	Articulado	Padron
Área total (m ²)	57	32
Área não ocupável (m ²)	8	7
Área assentos (m ²)	30	17
Área ocupável (m ²)	19	8
Pax em pé	114	48

Fonte: Análise própria com base em sites de fabricantes de chassi e manuais técnicos.

Com esses resultados chegou-se numa estimativa de cerca de 170 passageiros para ônibus articulados e 80 passageiros para ônibus Padron. Esses resultados mostraram-se coerentes com informações apresentadas em notícias do portal da prefeitura de São Paulo.

Aplicando-se as faixas de ocupação por classe da pesquisa da Tabela 9, resultam os valores de ocupação apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Estimativa da ocupação de cada veículo com base na FOV.

Nível	Articulado			Padron		
	Sentados	Em pé	Total	Sentados	Em pé	Total
A	12	0	12	7	0	7
B	28	0	28	16	0	16
C	56	0	56	32	0	32
D	56	57	113	32	24	56
E	56	114	170	32	48	80
F	56	126	182	32	53	85

Fonte: Análise Própria com base na pesquisa.

A ocupação média dos veículos, antes da passagem pelo ponto de cada linha é apresentada na

Tabela 13 e foi obtida por meio do cruzamento dos dados da pesquisa Embarque e Desembarque e da FOV. A representação gráfica destes resultados encontra-se disponível na Figura 29, já apresentada.

Tabela 13 - Ocupação média dos veículos ao chegarem no ponto.

Grupo	Ocupação média
1	35
2	45
3	65
4	56
5	53
6	48
7	111
8	38
9	62
10	95

Fonte: Elaboração própria com base no cruzamento de dados da pesquisa.

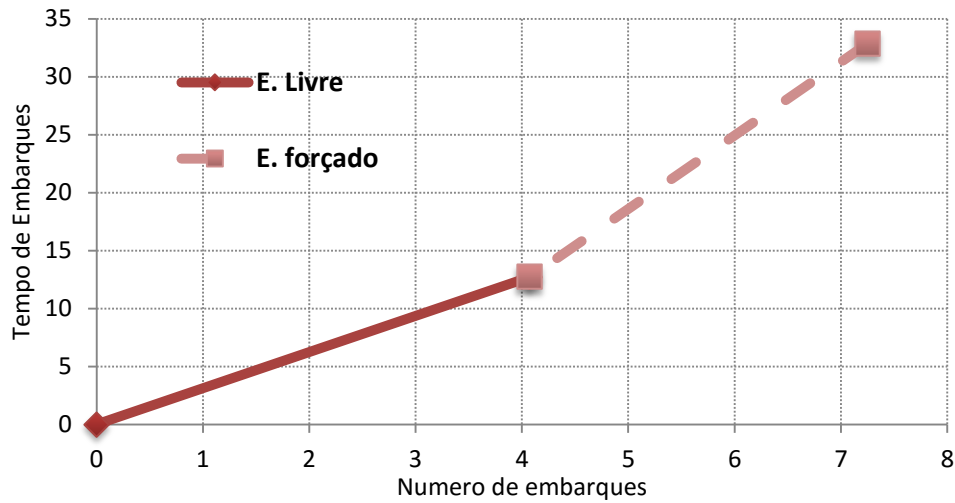
4.2.2.4.5. Tempo de parada

Dados relacionados ao tempo de embarque médio no veículo de acordo com o número médio de embarques dentro do ônibus são apresentados no gráfico da Figura 30. Nesse gráfico a série *E. Livre* indica uma média do nº de passageiros que embarcaram de forma fluída, ou seja, embarcaram durante o “tempo livre”. Já a série *E. forçado* representa a média do nº de passageiros que embarcaram quando já havia ocorrido formação de fila para embarque, “tempo travado” ou acumulado. Trata-se da média da soma aritmética simples dos tempos de embarque livre e tempo de embarque forçado.

Diante da multiplicidade de entradas e tomadas de tempo de cada linha, compreendeu-se que a composição de um gráfico por entrada ou linha registrada seria excessivamente custosa. Além disso, essa abordagem traria consigo especificidades próprias de cada veículo e do seu instante avaliado, sem contribuir para a construção de um parâmetro genérico do ponto de análise.

Sendo assim, optou-se por avaliar as médias de tempo e embarque na hora pico, uma vez que tal resultado poderá servir como suporte e para definição de pontos críticos dentro de um corredor em uma mesma faixa de horário os resultados podem ser observados na Figura 30. Concluiu-se então que para a parada Eldorado do corredor Rebouças, sentido centro-bairro na hora-pico, os embarques livre e forçado consomem aproximadamente 3s/pax e 6s/pax respectivamente.

Figura 30 - Relação entre tempo de embarque e número de embarques.



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados observados na pesquisa.

Assim como na literatura a relação entre tempo médio de embarque e número médio de passageiros embarcando muda conforme a lotação do veículo (ver Figura 15). Quanto mais cheio o ônibus se encontra, maior tempo o passageiro necessita para embarcar no veículo.

Uma análise dos tempos de parada levou a conclusão que a primeira porta do veículo sempre apresentava valor nulo ou o menor valor dentre as portas quanto ao tempo de espera, conforme observado na Tabela 14. O que indica que a porta 1 de cada veículo representava o tempo crítico de parada do veículo no ponto, uma vez que a ausência do tempo de parada indica que durante todo o tempo de parada do veículo ocorreram embarques e desembarques por essa porta.

Isso mostra que para esse ponto e sentido estudados, no pico tarde, os embarques são mais críticos do que os desembarques. A Tabela 14 ilustra um pouco dessa análise:

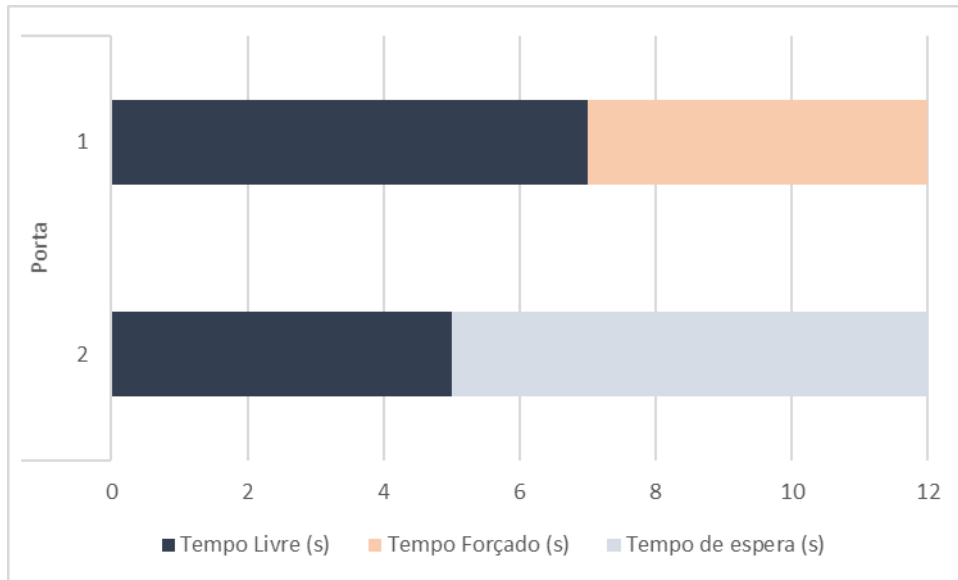
Tabela 14-Tempos de parada em função das portas utilizadas para embarque e desembarque

Average of	Tempo de espera (s)	Porta					Gargalo
Cod linha	fov_id	1	2	3	23 Minimo		
A0	5	0	10			0 embarque	
A1	12	0	16	29		0 embarque	
A2	10	7	31	28		7 embarque	
A3	7	10	13			10 embarque	
A4	2	0	7			0 embarque	
A5	22	21	5			5 desembarque	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa sobe e desce e FOV obtida com a Logit (2015).

Se analisarmos o caso do veículo A0 pesquisado quanto aos tempos de cada uma de suas portas, tem-se o gráfico da Figura 31.

Figura 31 - Tempos de espera, livre e forçado para cada porta do veículo A0 da pesquisa



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa sobre e desce e FOV obtida com a Logit(2015).

Para esse mesmo veículo têm-se os registros de embarques e desembarques mostrados na Tabela 15:

Tabela 15 - Embarques e desembarques por porta do veículo A0

Porta	Veículo	Desemba Embarqu		Desemba Embarqu		Desemba Embarqu	
		rque e Livre	e Livre	rque e Forçado	e Forçado	rque e Espera	e Espera
2	Pad	1	0	0	0	0	0
1	Pad	0	3	0	1	0	0

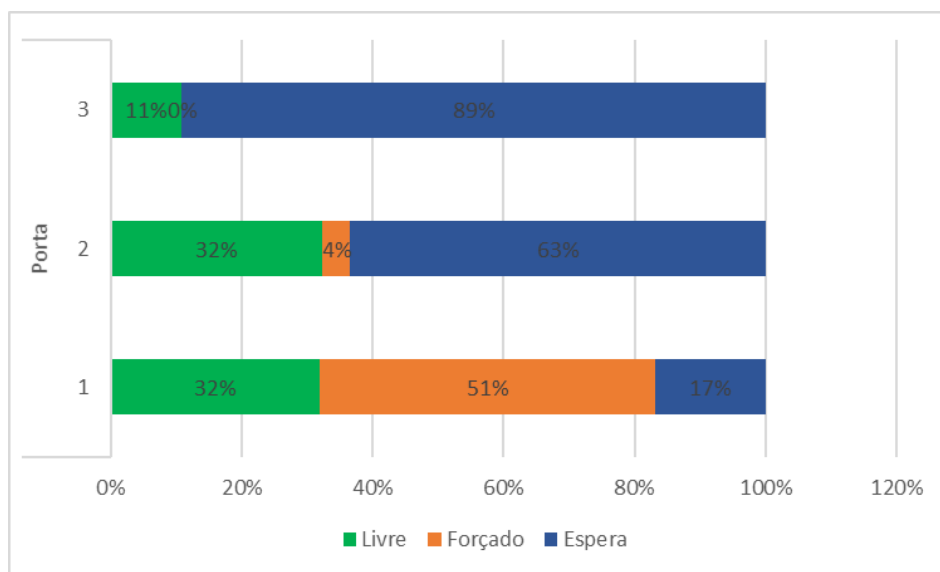
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa sobre e desce e FOV obtida com a Logit (2015).

Correlacionando os dados da Figura 31 e da Tabela 15 percebe-se que o ônibus A0 ficou parado no ponto de ônibus por cerca de 12 segundos, sendo que na porta 1 ocorreram 4 embarques, demorando cerca de 12 segundos, enquanto na porta 2 ocorreu apenas um

desembarque, o qual demorou 5 segundos, enquanto os outros 7 segundos a porta 2 ficou “esperando” os embarques da porta 1.

Do total de veículos pesquisados, 88% apresentaram como gargalo a porta 1, local de embarques e 12% apresentaram como gargalo a porta 2 ou 3, locais de desembarque. É importante mencionar que no caso do desembarque ser fator crítico, a alta ocupação do ônibus dificulta a saída dos passageiros uma vez que restringe a sua locomoção. Um resumo dos resultados consolidados é apresentado na Figura 32.

Figura 32 - Gráfico com o percentual dos tempos por porta do veículo.



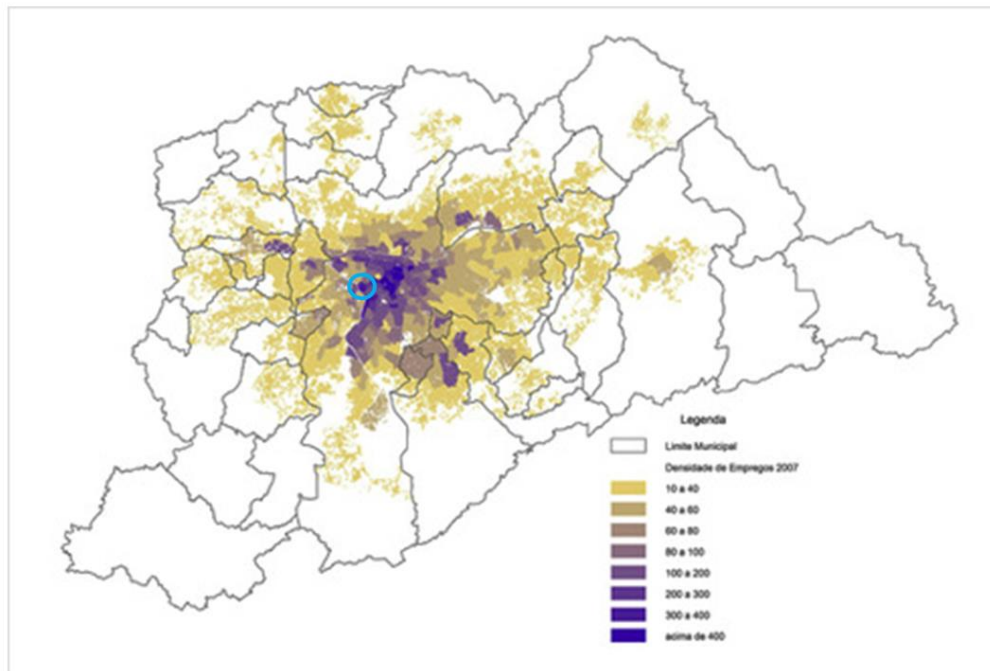
Fonte: Análise própria com base no processamento da pesquisa.

A Figura 32 reafirma o gargalo formado pelos embarques, uma vez que as portas 2 e 3 (locais de desembarque) encontraram-se na maioria dos casos esperando pela porta 1, que permaneceu quase todo tempo com fluxo forçado de viajantes.

O resultado mostra-se coerente, pois o ponto está localizado em uma região comercial, com muitos empregos. Assim sendo, espera-se que no período tarde a maioria dos trabalhadores saia dessa região com destino às suas casas, situadas geralmente em áreas mais afastadas.

O mapa da figura 33 mostra a concentração de empregos em São Paulo. A região de estudo, circulada em azul, apresenta grande número de empregos, o que comprova sua vocação comercial.

Figura 33- Mapa de concentração de empregos em São Paulo.



Fonte: Pesquisa OD metro 2007.

4.2.3. Levantamento de informação do GPS

Foram avaliados pontos de GPS das linhas que operam no corredor Rebouças. Especificamente, buscou-se estimar a velocidade encontrada no trecho do corredor escolhido. Para isso, escolheram-se os dados de GPS disponibilizados do dia 28 de agosto de 2014 (antes da implantação da faixa de ultrapassagem). Para essa data, foram realizados os seguintes filtros no banco de dados:

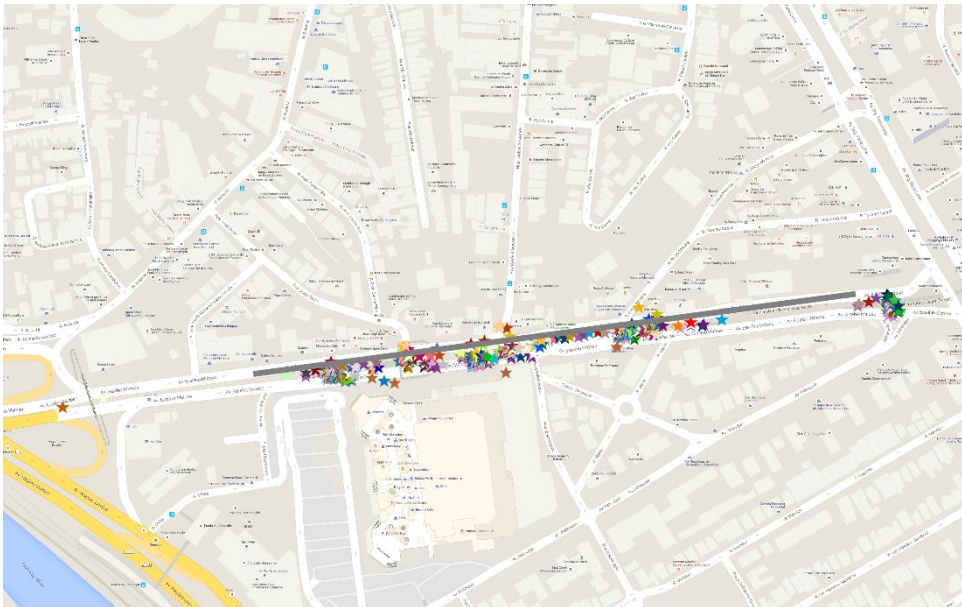
- Linhas: selecionadas apenas linhas que passavam pelo corredor Campo Limpo – Rebouças, mais especificamente as linhas que paravam no ponto de ônibus Eldorado.
- Período: filtrado apenas dados situados entre 17h:30 minutos e 18:30.
- Sentido: considerados dados apenas no sentido Bairro-Centro.

Após a realização dos filtros, plotou-se tais dados em um SIG, selecionando apenas os pontos próximo da região de interesse, na Avenida Eusébio Matoso entre a ponte Eusébio Matoso e a Avenida Faria Lima.

Com o auxílio do SIG, separaram-se os dados GPS de acordo com a viagem, para isso adotou-se a hipótese que dentro do período de uma hora cada veículo só passaria pelo trecho escolhido uma vez, ou seja, cada veículo corresponderia a uma viagem.

Por fim, buscou-se um trecho da via estudada e buscou-se correlacionar pontos de GPS para o início e fim do trecho dentro de uma viagem.

Figura 34 - Pontos de GPS plotados no SIG.



Fonte: Elaboração própria.

Após esse processamento, restaram 15 viagens das linhas 7545, 7411 e 8700 das quais foi possível calcular uma velocidade média de 14,7 km/h no trecho estudado. É importante salientar que muitos dados de GPS apresentaram problema, como falta de registro de algum campo ou coordenadas incorretas e tais dados foram descartados.

4.3. Avaliação de impacto no tráfego geral

Antes do início de uma análise aprofundada a respeito do transporte público, concluiu-se que uma avaliação do tráfego geral seria necessária. Em um primeiro momento pelo simples fato de o estudo ser direcionado a uma via já consolidada: A Av. Rebouças que interliga a Av. Paulista e a região central com a Marginal Pinheiros tem pelo menos 100 anos de implantação, desembocando na Av. Eusébio Matoso, onde o gabarito de tráfego já não apresenta potencial de expansão. Em segundo plano, vale destacar e relembrar o já dito anteriormente em 1.1, toda e qualquer mudança operacional requer embasamento e aprovação de existir na ótica do gestor público: desta forma, alterar a operação de uma região consolidada necessita de fundamentação e ganhos de curto a longo prazo, mensurando-se assim a insatisfação de todas as partes.

Até 2015, a Avenida Eusébio Matoso possuía aproximadamente 12m de largura no sentido Centro-Bairro. Desses 12 m, aproximadamente três eram destinados à operação do corredor de ônibus. Outros 9 metros alocavam três faixas comuns, sendo direcionados para a recepção do tráfego comum, como automóveis, motos e ônibus intermunicipais. Até então, a operação era usualmente contínua (salvo acontecimentos eventuais) e apresentava problemas de gargalo no horário de pico nas proximidades da ponte Eusébio Matoso (ligação entre Pinheiros e Butantã).

Com a implantação da faixa de ultrapassagem para o transporte público em 2015, o arranjo da via foi reformulado e a demanda horária do tráfego restante teve de se redistribuir, em apenas 2 faixas. Como consequência, espera-se que o desempenho do corredor tenha sido otimizado, como será estudado em 4.8. Em contrapartida o tráfego geral também se tornou mais precário no trecho, com consequente avanço do gargalo, anteriormente situado na ponte Eusébio Matoso, para as imediações da R. Cardeal Arcoverde e da parada Eldorado.

O vídeo gravado no mesmo dia da realização das pesquisas no ponto de ônibus permitiu a contagem aproximada do total de veículos que passaram pelo trecho nas faixas de tráfego geral.

Veículos	50'	50'
	2 faixas	aprox. 1 faixa
carros	2033	1016.5
motos	1737	868.5
ônibus/70%	69.3	34.65
caminhões/30%	29.7	14.85
	3869	1934.5

Fonte: Contagem própria do volume de tráfego observado no vídeo.

Como o vídeo tem apenas 50 minutos de duração, foi preciso expandir os resultados para um período de 1 hora. A contagem veicular teve enfoque em carros e motos, enquanto que caminhões, caminhonetes, ônibus fretados e intermunicipais foram contados num único grupo. A proporção entre ônibus e caminhões presente nas Tabela 16 a 18 foi adotada à partir de informações da própria CET.

Tabela 17 - Estimativa do volume de veículos passando pelas vias de tráfego geral.

Veículos	em v/h	em v/h/fx
	2 faixas	aprox. 1 faixa
carros	2439.6	1219.8
motos	2084.4	1042.2
ônibus/70%	83.16	41.58
caminhões/30%	35.64	17.82
Total	4642.8	2321.4

Fonte: Análise própria.

Assim, utilizando-se as taxas de ocupação média para cada tipo de veículo, foi possível estimar o volume de passageiros transportados no trecho durante o período de 1 hora nas faixas de tráfego misto.

Tabela 18 - Estimativas de passageiros no período de uma hora.

	Tx. de ocup. capital	TotalHora-pico	Pax
carros	1.4	2439.6	3415.4
motos	1.1	2084.4	2292.8
ônibus/70%	72	83.16	5987.5
caminhões/30%	1.4	35.64	49.9
			11745.7

Fonte: Análise própria. Taxa de ocupação CET (2014).

Pode-se perceber que o volume de passageiros em trânsito nas faixas de tráfego geral não é desprezível, incluindo também passageiros de transporte público em linhas intermunicipais. Para todos esses passageiros o tempo de viagem foi afetado negativamente com a retirada de uma faixa de circulação. Por falta de dados e ferramentas, não foi possível estimar deterministicamente a intensidade da piora para esses viajantes. Entretanto, conforme já mencionado, o VISSIM é capaz de medir tempo de viagem e atraso, portanto, uma simulação simplificada envolvendo o tráfego geral também foi realizada e será apresentada no item 4.7.

Os resultados das simulações envolvendo o tráfego misto servirão de comparação com os cenários envolvendo o corredor de ônibus. Espera-se que comparações e análises similares a que foi realizada nesse estudo auxiliem tomadores de decisão e gestores públicos a debater e dialogar com a sociedade, buscando os caminhos que desejam seguir.

4.4. Construção do modelo no software

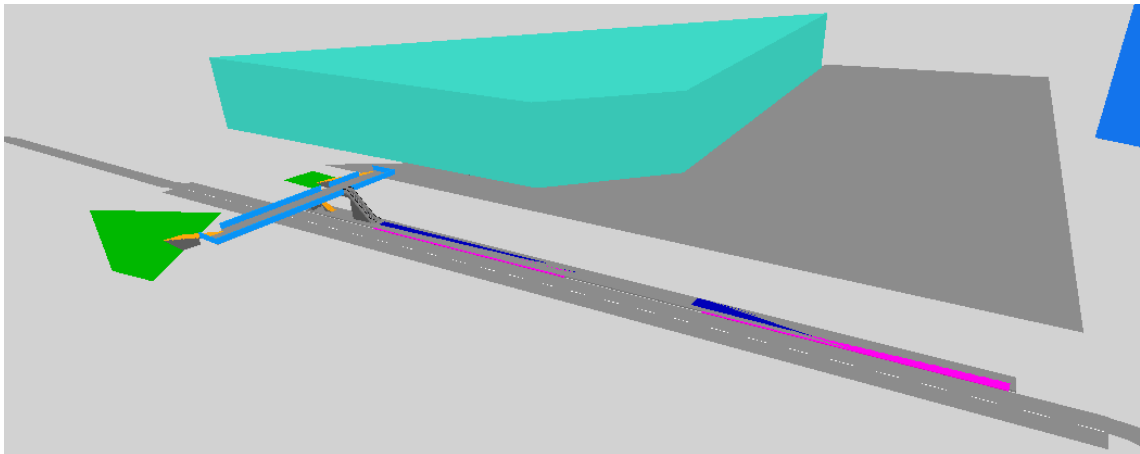
4.4.1. Construção da rede

Este item abordará de forma sintética algumas ferramentas de construção da rede no VISSIM, tendo como base de exemplo medidas adotadas na elaboração das redes desenvolvidas no estudo e mostrando algumas ferramentas disponíveis no software.

Para todas as simulações 4 redes principais foram desenvolvidas, 2 relacionadas ao tráfego do corredor de ônibus e 2 relacionadas ao tráfego geral. A primeira rede desenvolvida foi a de tráfego exclusivo para ônibus na configuração atual, ela será melhor detalhada no

item 4.5 . A partir dessa primeira rede, realizaram-se alterações para se obter uma rede referente a configuração anterior do ponto de ônibus, a qual será abordada no item 4.6. As duas redes para tráfego geral serão tratadas no item 4.7.

Figura 35 – Rede construída para fluxo do corredor visão 3D.



Fonte: Elaboração própria no software VISSIM 8.

4.4.1.1. Desenho dos *links* e das *áreas*

Para representar as vias no programa são utilizados links. Cada link possui atributos que caracterizam geometricamente a via, tais como número de faixas e largura. Ainda precisa-se para cada link determinar o *display type* para mostrar como o link aparecerá na interface do programa e nível, para indicar a cota do link (caso existam viadutos por exemplo). Os links desenhados no programa são unidirecionais e determinados pelo sentido de desenho.

Para simular pedestres é preciso desenhar áreas no VISSIM. As áreas servirão para o tráfego dos pedestres e para embarque e desembarque nas suas respectivas linhas, além de áreas de espera.

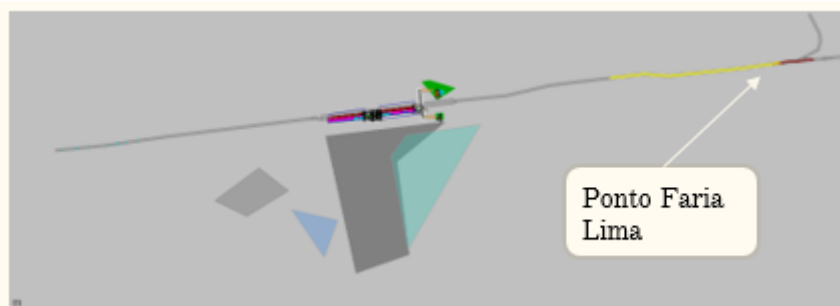
4.4.1.2. Pontos de parada

Para que a linha de transporte público pare, permitindo o embarque e desembarque de passageiros é preciso desenhar pontos de parada. Foram desenhados 2 pontos de paradas representando o ponto de ônibus do Eldorado, cada um correspondendo a uma parada do ponto. O ponto mais a Leste, representa a parada 1 e receberá as linhas do grupo 1 a 7. O ponto mais a Oeste simula o ponto de parada 2 e por ele passarão as linhas dos grupos 8,9 e 10.

Inicialmente desenhou-se apenas 2 pontos de parada na rede e distribuiu-se os embarques de cada linha de cada um dos pontos de acordo com uma proporção entre o volume de passageiros desse ponto. Contudo, a aplicação dessa proporção é feita pelo VISSIM apenas no momento de chegada do veículo ao ponto, de forma que considere apenas o volume de viajantes esperando naquele momento e não a demanda total ao longo da hora simulada. Dessa forma, linhas com menores demandas acabaram recebendo ainda menos embarques do que deveriam, causando distorções nos resultados. Assim, optou-se por desenhar na rede um ponto de ônibus para cada grupo de linhas, desenhando-os sobrepostos quando representavam na realidade a mesma parada.

Para inserir uma variabilidade no horário de chegada dos veículos no ponto devido a atrasos recorrentes dos tempos de paradas em pontos e semáforos anteriores ao ponto estudado, criou-se um terceiro ponto de parada fictício antes do ponto estudado. Para esse ponto de parada foi adotada uma distribuição aleatória de tempo de parada para os ônibus, de modo que cada veículo possuía um tempo distinto de parada, simulando a aleatoriedade para cada chegada.

Figura 36 - Rede construída com o ponto de parada auxiliar da Faria Lima.



Fonte: elaboração própria.

4.4.1.3. Tempo de parada do veículo no ponto:

O VISSIM apresenta três possíveis métodos de cálculo para estimar o tempo de parada do ônibus no ponto. No primeiro método escolhe-se uma distribuição normal do tempo de parada com base em uma média e desvio padrão. No segundo impõe-se uma distribuição empírica no tempo de parada de cada linha. No terceiro método calcula-se o tempo de parada de acordo com o número de embarques e desembarques de passageiros.

Nesse estudo utilizou-se o terceiro método, assim os tempos de embarque e desembarque por passageiros foram obtidos através do processamento das pesquisas e tais valores utilizados no programa. Portanto, calculou-se o tempo médio de embarque e desembarque de cada passageiro por tipo de veículo, conforme ilustra a Tabela 19:

Tabela 19 - Tempo médio de embarque e desembarque em função do veículo.

Tipo de veículo	Unidade	Tempo de Embarque	Tempo de Desembarque
Padron	s/pax	5,1	1,80
Articulado	s/pax	3,2	1,75

Fonte: Elaborada pelo grupo com os dados da pesquisa

Os resultados se mostraram dentro das faixas indicadas pelo Transit Quality and Capacity Service Manual, conforme indica a Tabela 20:

Tabela 20 - Tempo médio de embarque por passageiros de acordo com o método de cobrança.

Situation	Average Passenger Service Time (s/p)	
	Observed Range	Suggested Default
BOARDING		
No fare payment	1.75–2.5	1.75
Visual inspection (paper transfer/flash pass/mobile phone)	1.6–2.6	2.0
Single ticket or token into farebox	2.9–5.1	3.0
Exact change into farebox	3.1–8.4	4.5
Mechanical ticket validator	3.5–4.0	4.0
Magnetic stripe card	3.7–6.5	5.0
Smart card	2.5–3.2	2.75
ALIGHTING		
Front door	1.4–3.6	2.5
Rear door	1.2–2.2	1.75
Rear door with smart card check-out	3.4–4.0	3.5

Sources: Jaiswal (2), TCQSM 2nd Edition (5), Milkovits (6), Diaz and Hinebaugh (7), additional research for the TCQSM 2nd and 3rd Editions.

Note: Add 0.5 s/p to boarding times when standees are present. Add 0.5 s/p for non-level boarding (1.0 s/p for motor coaches).

Fonte: Transit Quality and Capacity Service Manual.

De acordo com a Tabela 20, o tempo observado de embarque para sistemas com cartões magnéticos ou *smart card* varia dentro de um intervalo de 2,5 a 6,5 segundos por passageiro enquanto o tempo de desembarque para portas traseiras fica entre 1,2 e 2,2 segundos por passageiro. Infelizmente, a fonte não mostra mais detalhes sobre o tipo de cobrança, não especificando, por exemplo, se o sistema *smart card* representa um sistema totalmente independente de cobrança manual. O tempo de embarque mostra-se ligeiramente alto, porém nota-se que em São Paulo apesar de o bilhete único representar um sistema de *smart card*, nem todos os usuários possuem tal bilhete, sendo possível o pagamento manual, que exige verificação do valor e devolução de troco, o que pode provocar maior tempo de embarque. Além disso, a localização do ponto de controle de acesso, pode apresentar diferença entre São Paulo e o considerado no *Transit Quality and Capacity Service Manual*.

Dessa forma os valores de tempo de embarque e desembarque por passageiros foram obtidos a partir dos dados da pesquisa.

4.4.1.4. Veículos

Para inserir os veículos na rede é necessário definir as rotas que eles realizarão dentro da rede durante a microssimulação. A ferramenta *Vehicle Routes* possibilita a criação de rotas e a ferramenta *Vehicle Inputs* cria as entradas de veículos na rede (volumes).

O VISSIM utiliza um conceito hierárquico para definir as informações sobre os veículos em diferentes níveis de aplicação:

- *Vehicle type*: grupo de veículos com características técnicas e comportamento físico dos motoristas similares. Exemplos: *car* (carro), *HGV* (caminhão), *bus* (ônibus), etc.
- *Vehicle class*: combinação de um ou mais *vehicle types*. Essas classes são utilizadas para vários elementos da rede: definição de velocidades; definição de rotas, avaliação de performance na simulação, entre outros.

Na simulação serão utilizados 2 tipos de veículos: Padron e Articulado.

Para o veículo Padron foi considerado um modelo de 13 metros de comprimento e para o articulado foi considerado um modelo de aproximadamente 19 metros.

4.4.1.5. Comportamento do motorista

Nas simulações relacionadas ao tráfego exclusivo no corredor de ônibus e no ponto de ônibus não foram alterados parâmetros referentes ao comportamento do motorista envolvendo distâncias mínimas e condições para ultrapassagem.

4.4.1.6. Controle de Velocidade

O controle da velocidade nos trechos da rede VISSIM pode ser feito a partir da inserção de dois componentes: *Reduced Speed Areas* e *Desired Speed Decisions*. O primeiro promove uma mudança temporária da velocidade em uma área definida, ou seja, a partir do momento que o veículo entra na *Reduced Speed Area* ele passa a desacelerar para sair da área com a velocidade definida. Mas ao sair da área ele volta a acelerar para voltar para a velocidade anterior. O segundo promove uma mudança permanente na velocidade, o veículo acelera ou desacelera a partir do momento que ele passa pelo elemento e pode ser usado em caso em que há uma alteração da velocidade permitida na via.

Nessa simulação foi considerado que na situação de corredor livre os ônibus trafegam com velocidade de aproximadamente 50km/h e serão criadas áreas de redução de velocidade na chegada ao ponto, para tentar simular uma situação não ideal de velocidade dos veículos.

4.4.1.7. Rotas de Transporte Público

Foram criadas 10 linhas de transporte público para a simulação conforme agrupamento definido previamente.

4.4.1.8. Áreas de conflito

Nos cruzamentos e intersecções de vias, onde há sobreposição de links e que não contam com semaforização eletrônica é preciso definir condições de prioridade para os veículos, de forma a impedir que dois veículos ocupem a mesma área simultaneamente.

Para isso, utiliza-se a função *Conflict Areas*, pode-se escolher entre 3 opções para cada conflito: prioridade do primeiro em relação ao segundo; prioridade do segundo em relação ao primeiro; e sem prioridade, ou seja, o veículo que chegar primeiro tem a prioridade do movimento. Para casos em que se necessite de configurações mais específicas de prioridade pode-se utilizar a função *Priority Rules*.

4.4.1.9. Pedestres

É preciso criar áreas de origens para os pedestres, indicando o seu volume horário. A partir do seu volume horário é possível determinar se eles surgirão aleatoriamente ao longo dessa hora ou se estarão mais ou menos concentrados ao longo desse intervalo de tempo.

Além disso, é preciso determinar rotas para todos os pedestres na simulação. Os viajantes que embarcarão nas linhas determinadas apresentarão como origem o próprio ponto de parada e destino as plataformas de embarque. Os passageiros que desembarcam dos ônibus terão como origem as plataformas e destinos as áreas anexas a plataforma.

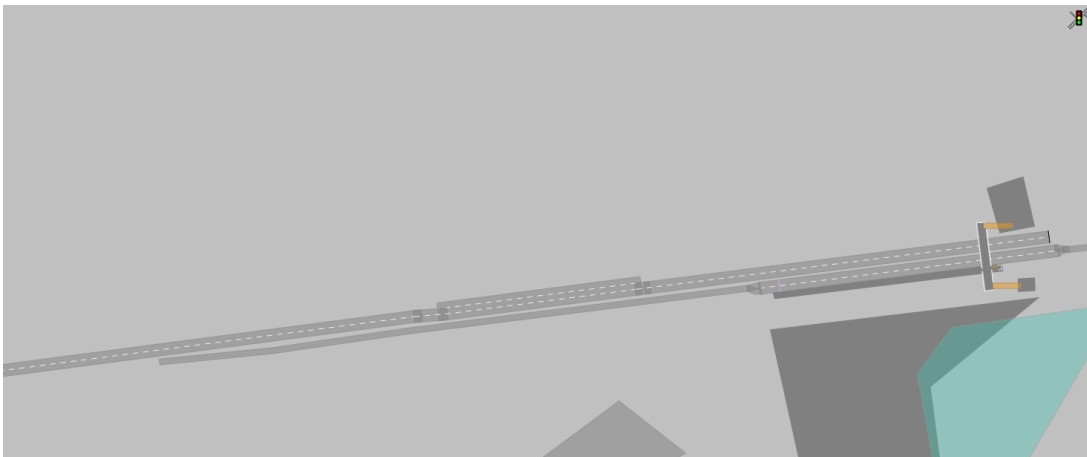
De acordo com o manual do VISSIM é possível desenhar uma única área de embarque e para todos os pedestres que tem destino essa área dividir proporcionalmente os embarques entre as rotas de transporte público que passam na área de embarque. Por exemplo, poderia ser possível dizer que chegam 100 pedestres na área de embarque e 20% se destinam a linha 1 e 80% a linha 2, sendo esperado então 20 embarques na linha 1 e 80 na linha 2. Contudo, conforme mencionado no item 4.4.1.2, tal proporção não funcionou muito bem e então, como alternativa, foram desenhadas uma área de embarque para cada linha, mesmo que muitas ficassem espacialmente sobrepostas, e para cada área de embarque criada é criado um *input* de pedestre.

4.4.2. Construção da rede para tráfego geral

Como já mencionado no item 0 as alterações na configuração viária afetam também o fluxo geral, ou seja, fora das faixas exclusivas de ônibus.

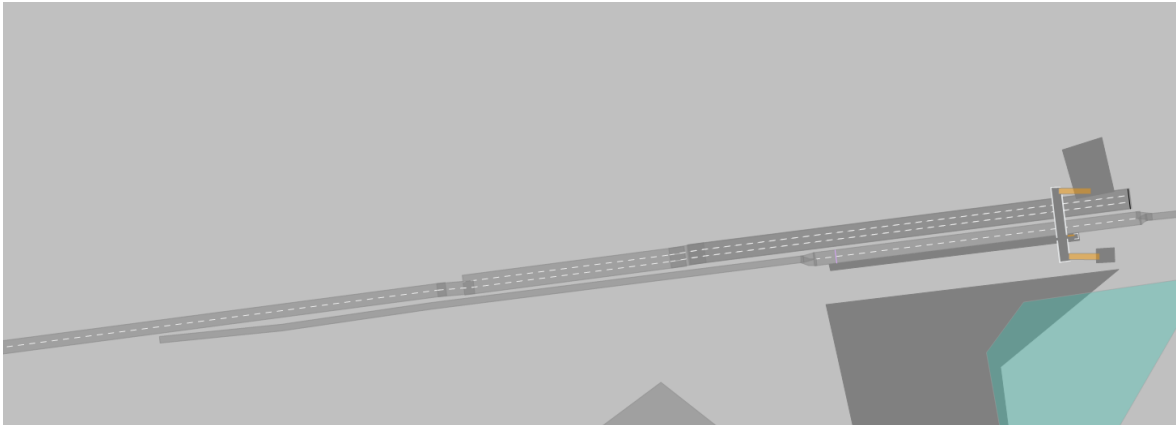
Uma simulação para o caso do tráfego geral também foi realizada, através de uma rede diferente das simulações por ônibus, uma vez que os dois tráfegos não se misturam na área de estudo. Essa simulação foi desenvolvida de forma mais simplificada e visa apenas fornecer uma pequena visão dos efeitos sobre o fluxo geral. Serão rodadas duas simulações: uma para a configuração com faixa de ultrapassagem exclusiva para ônibus (configuração A) e outra para a configuração sem tal faixa (configuração B). A diferença entre cada uma das redes será apenas o número de faixas disponível para o tráfego geral.

Figura 37 - Rede tráfego geral configuração A.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 38 - Rede tráfego geral configuração B.

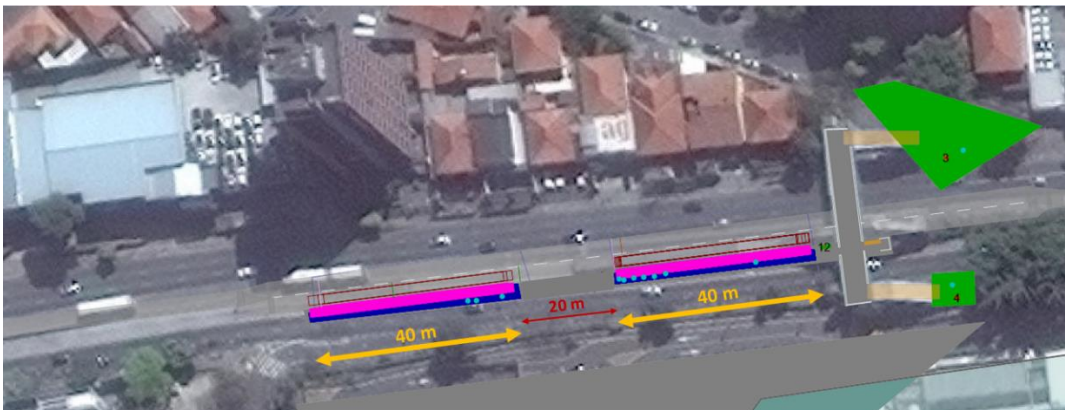


Fonte: Elaboração própria.

4.5. Configuração A: Situação atual

Na primeira etapa da modelagem foi construída a situação atual do ponto de ônibus, ou seja, com uma faixa de ultrapassagem e dois pontos de parada.

Figura 39 - Cenário construído visão 2D com medidas aproximadas.



Fonte Elaboração própria no software VISSIM 8.

4.5.1. Calibração dos parâmetros e dados de entrada

Alguns parâmetros foram alterados no programa visando buscar a representação da situação observada em campo e no vídeo da pesquisa. Especialmente, destacam-se as regras

de prioridade, que tiveram que ser inseridas para tornar a operação com a faixa de ultrapassagem mais realista.

- **Demandas de viajantes**

No VISSIM os volumes de pedestres são alimentados com um volume horário que o programa gera durante um intervalo de tempo específico da simulação. Os pedestres são gerados de forma aleatória e contínua ao longo da simulação em uma área específica da rede e devem possuir uma rota.

Alimentou-se o programa com o total de embarques registrados na pesquisa para cada grupo de linhas. Como a pesquisa foi feita dentro de uma hora e desejava-se simular aproximadamente o mesmo período de tempo no software, considerou-se esse valor já como o volume horário.

- **Tempo de simulação**

Como se desejava estudar uma hora de simulação o período total simulado foi levemente maior do que uma hora (uma hora e quinze minutos). Para que todos os pedestres e veículos gerados no software pudessem entrar na rede, passar pelo ponto estudado e sair da rede. Ou seja, como a rede construída é maior do que a estudada é preciso que o tempo de simulação seja levemente maior.

- ***Late boarding possible***

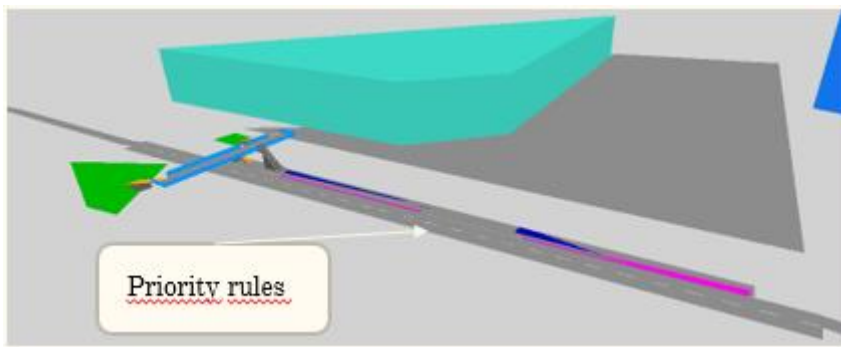
Inicialmente muitos viajantes não estavam conseguindo embarcar, foi preciso habilitar a opção *late boarding possible*. Nessa opção o veículo que se encontra parado no ponto de ônibus espera todos os seus passageiros que já se encontram na plataforma embarcar antes de deixar a o ponto de parada, caso contrário o software limita o tempo máximo na

plataforma, o que é adequado apenas para sistemas não saturados, não representando bem a realidade do ponto estudado.

- **Priority rules**

Para fazer com que os veículos da parada 2 aguardassem a liberação de sua área de parada na segunda faixa, não comprometendo a parada 1 foi preciso usar regras de prioridade.

Figura 40 - Visão geral do modelo no VISSIM.



Fonte: Elaboração própria.

As *priority rules* garantem que os veículos realizem movimentos semelhantes ao ocorrido na realidade, caso contrário os veículos podem realizar manobras incoerentes com a operação real. Por exemplo, os veículos que precisam parar na parada 2 devem aguardar na faixa de ultrapassagem caso a parada 2 já se encontre ocupada, se tal veículo aguardar na faixa comum pode barrar o fluxo dos veículos da parada 1, comprometendo a operação do ponto de ônibus.

4.5.2. Resultados Obtidos

Conforme já mencionado, o VISSIM trabalha com resultados probabilísticos, portanto, cada vez que se simulam com uma semente distinta os resultados podem apresentar leves distinções, mesmo que os dados de entrada não se alterem. Nesse trabalho foram simuladas 5 rodadas com sementes distintas e o resultado final considerado foi uma média aritmética

dessas 5 rodadas. Cada rodada recebeu um código s1, s2, s3, s4, s5 em função da nova semente.

- Frequência gerada no modelo versus frequência observada na pesquisa:

Para a frequência não foram registradas variações em cada uma das rodadas, conforme ilustra a Tabela 21.

Tabela 21 - Resultados para cada rodada da frequência registrada por linha.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	11	11	11	11	11	11	0
2	7	7	7	7	7	7	0
3	2	2	2	2	2	2	0
4	17	17	17	17	17	17	0
5	6	6	6	6	6	6	0
6	10	10	10	10	10	10	0
7	5	5	5	5	5	5	0
8	6	6	6	6	6	6	0
9	6	6	6	6	6	6	0
10	48	48	48	48	48	48	0

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e do modelo.

Ocorreram pequenas variações nas frequências observadas e modeladas, sobretudo para maiores frequências. A existência de variação é esperada uma vez que o modelo foi alimentado com base na tabela programada da SPTrans que muitas vezes, como observado no próprio site da empresa, não é o que ocorre na prática. Mesmo a observação em campo em dias diferentes resultaria em resultados levemente diferentes, daí a necessidade de introduzir parâmetros estatísticos para estabelecer certa variabilidade no modelo.

Tabela 22 - Frequência da pesquisa versus frequência modelada.

Grupo	Frequência Pesquisa	Frequência Modelo	Variação %
1	12	11	-8%
2	6	7	17%
3	2	2	0%
4	18	17	-6%
5	5	6	20%

Grupo	Frequência Pesquisa	Frequência Modelo	Variação %
6	11	10	-9%
7	6	5	-17%
8	6	6	0%
9	6	6	0%
10	52	48	-8%
TOTAL	124	118	-5%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e do modelo.

Considerou-se, que por não se tratar de uma grande variação, conforme visto na Tabela 22, tal diferença não representa um problema grave no modelo construído.

- Comparação do número de embarques e desembarques totais entre o modelo de simulação e o observado na pesquisa

O número de embarques sofreu pequena variação ao longo de cada rodada da simulação.

Tabela 23 - Número de embarques por grupo de linha em cada uma das rodadas.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	63	58	57	78	42	60	13
2	60	45	51	40	74	54	13
3	43	27	32	31	41	35	7
4	88	86	80	88	90	86	4
5	16	14	25	29	28	22	7
6	114	69	106	93	111	99	18
7	49	39	58	71	47	53	12
8	70	74	66	83	82	75	7
9	63	49	45	70	63	58	11
10	370	359	388	381	415	383	21

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e do modelo.

O número de desembarques, por depender da ocupação inicial do veículo, a qual é informada pelo programador, não sofreu variações ao longo das rodadas.

Tabela 24 - Número de desembarques por grupo de linha em cada uma das rodadas.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	99	99	99	99	99	99	0
2	54	54	54	54	54	54	0
3	28	28	28	28	28	28	0
4	153	153	153	153	153	153	0
5	45	45	45	45	45	45	0
6	27	27	27	27	27	27	0
7	50	50	50	50	50	50	0
8	75	75	75	75	75	75	0
9	18	18	18	18	18	18	0
10	287	273	287	287	287	284	6

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e do modelo.

Com a premissa de que o resultado final é dado pela média entre dos resultados das 5 rodadas é possível comparar o resultado da modelagem do cenário atual com os dados obtidos em campo.

Tabela 25 - Número de embarques e desembarques.

Grupo	Pesquisa		Modelo		Variação	
	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques
1	54	103	60	99	11%	-4%
2	58	47	54	54	-7%	16%
3	20	27	35	28	75%	4%
4	99	148	86	153	-13%	3%
5	30	49	22	45	-27%	-8%
6	113	42	99	27	-12%	-35%
7	64	69	53	50	-17%	-28%
8	48	76	75	75	56%	-2%
9	47	11	58	18	23%	59%
10	433	287	383	284	-12%	-1%
TOTAL	966	859	925	833	-4%	-3%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e do modelo.

De maneira geral, observa-se um menor número de embarques no modelo do que na pesquisa (966 na pesquisa contra 925 no modelo, uma diferença percentual de 4%). Comparando a soma de embarques de todos os grupos a variação não foi alta, contudo quando se analisa grupo a grupo alguns resultados apresentaram variações altas. Apesar dos

esforços na tentativa de minimizar variações nos resultados do modelo e da pesquisa, não foi possível obter baixa variação para todos os grupos. A variação foi relativamente maior para menores valores absolutos de embarques e desembarques, isso é esperado uma vez que resultados atrelados a variáveis aleatórias apresentam melhor confiabilidade para um maior número de dados, enquanto que para pequenas amostras a parcela da aleatoriedade pode trazer maior impacto. Tirando tal constatação, não foi encontrado nenhum outro motivo aparente para a variação observada.

A variação no número de embarques e desembarques apresenta reflexos nos valores de tempo médio de espera do veículo no ponto. Isto ocorre porque tal tempo é função do número de pessoas embarcando e desembarcando. Para efeito de comparação entre cenários, as duas situações que serão avaliadas estarão suscetíveis às mesmas incertezas, o que não invalida o resultado da comparação.

- Tempo médio de espera do ônibus no ponto:

Com os resultados da simulação foi possível calcular o tempo médio de parada de cada veículo no ponto. Os resultados também apresentaram pequenas variações de acordo com as rodadas da simulação devido ao fator de aleatoriedade.

Tabela 26 - Tempo médio de parada calculado para cada rodada.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	00:00:19	00:00:19	00:00:20	00:00:23	00:00:18	00:00:20	00:00:02
2	00:00:23	00:00:21	00:00:21	00:00:21	00:00:30	00:00:23	00:00:04
3	00:00:48	00:00:22	00:00:37	00:00:29	00:00:35	00:00:35	00:00:10
4	00:00:20	00:00:18	00:00:20	00:00:19	00:00:20	00:00:20	00:00:01
5	00:00:15	00:00:17	00:00:17	00:00:18	00:00:23	00:00:18	00:00:03
6	00:00:29	00:00:21	00:00:25	00:00:25	00:00:29	00:00:26	00:00:03
7	00:00:26	00:00:25	00:00:28	00:00:31	00:00:22	00:00:26	00:00:03
8	00:00:28	00:00:34	00:00:28	00:00:38	00:00:37	00:00:33	00:00:05
9	00:00:21	00:00:20	00:00:20	00:00:25	00:00:22	00:00:22	00:00:02
10	00:00:25	00:00:25	00:00:25	00:00:25	00:00:27	00:00:26	00:00:01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e do modelo.

Considerando como valor final a média dos resultados obtidos, tem-se:

Tabela 27 -Tempo médio de parada do ônibus no ponto (em segundos).

Grupo	Tempo médio de parada
1	00:00:20
2	00:00:23
3	00:00:35
4	00:00:20
5	00:00:18
6	00:00:26
7	00:00:26
8	00:00:33
9	00:00:22
10	00:00:26
Média	00:00:25

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Como já mencionado, esse tempo de parada depende do número de embarques e desembarques e também da disponibilidade de faixa livre para o veículo prosseguir. Tais resultados se mostram coerentes com o manual de BRT de 2008 que apresenta como faixa média de tempo de parada para o horário de pico um intervalo entre 20 e 40 segundos.

Tabela 28 - Intervalos típicos para um sistema BRT.

Fator	Intervalo típico
Capacidade de veículo, ônibus padrão	60 – 75 passageiros
Capacidade de veículo, ônibus articulado	140 – 170 passageiros
Capacidade de veículo, ônibus biarticulado	240 – 270 passageiros
Fator de ocupação, horário de pico	0.80 – 0.90
Fator de ocupação, horário fora de pico	0.65 – 0.80
Headways por baía de parada, horário de pico	1 – 3 minutos
Headways por baía de parada, horário fora de pico	4 – 8 minutos
Tempo de parada, horário de pico	20 – 40 seconds
Tempo de parada, horário fora de pico	17 – 30 seconds
Número de baias de parada	1 – 5

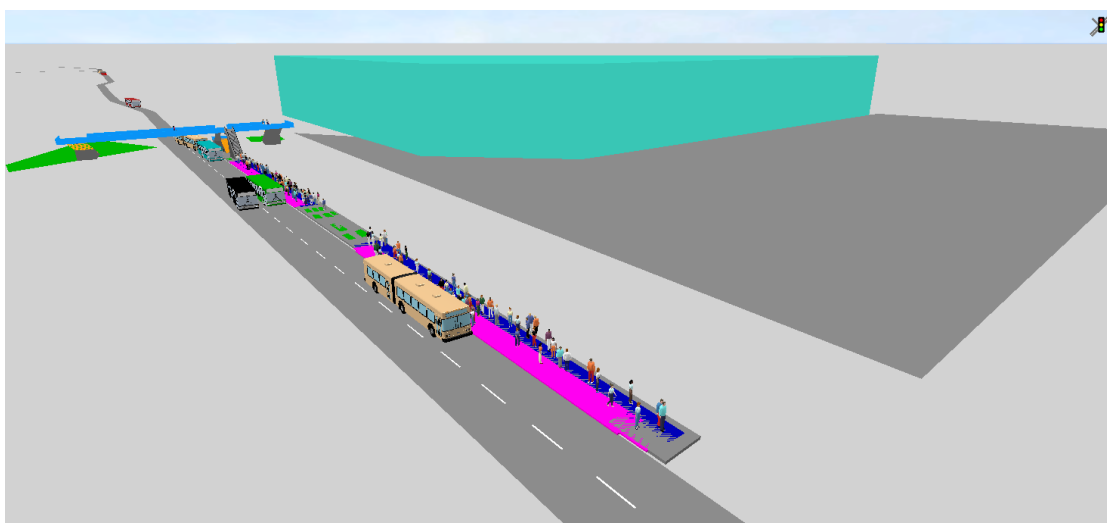
Fonte: Manual BRT.

Os resultados desse cenário com faixa de ultrapassagem serão comparados com o do outro cenário, sem faixa de ultrapassagem, para avaliar o desempenho das configurações.

- Uso da faixa de ultrapassagem

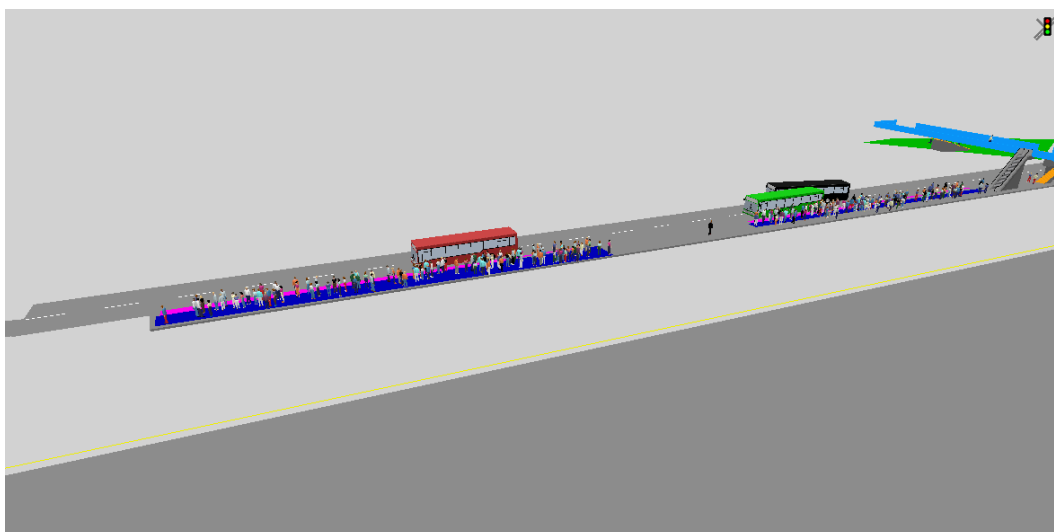
Dos 118 veículos que passaram pelo ponto na simulação, 43 utilizaram a faixa de ultrapassagem, ou seja, 37% do total. Tal dado mostra a importância dessa faixa para uma melhor operação do ponto.

Figura 41 - Imagem da simulação da configuração A.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 42 - Simulação da configuração A sobre outra visão.



Fonte: Elaboração própria.

- Velocidade média e tempo médio de viagem.

A velocidade média verificada no modelo para os ônibus ao longo de toda a rede foi de 18 km/h. O tempo médio de viagem do veículo na rede foi de 228 segundos.

4.5.3. Considerações sobre a configuração A

O modelo da situação atual apresentou pequenas variações quanto aos resultados obtidos no software em relação aos obtidos por meio das pesquisas. Contudo, tais variações são consequências principalmente do detalhamento e da pequena amostra dos dados da pesquisa, o que torna seus resultados mais suscetíveis a variações estatísticas.

Além disso, o VISSIM apresentou limitações na modelagem do problema, como problemas no embarque dos viajantes, cuja distribuição ao longo dos grupos de linhas não se mostrou adequada.

Mesmo assim, considerou-se que os resultados foram satisfatórios para o escopo deste estudo, e com os mesmos parâmetros utilizados será construída a configuração B, cuja simulação representa o ponto de ônibus em sua configuração sem faixa de ultrapassagem.

4.6. Configuração B: ausência da faixa de ultrapassagem

A configuração B simula a antiga situação do ponto estudado, ou seja, o ponto sem a sua faixa de ultrapassagem. Além da nova faixa exclusiva, o ponto também não contava com 2 paradas. Todas as linhas paravam na mesma plataforma, que por sua vez era levemente mais extensa do que a parada 1 atual.

4.6.1. Modificações na rede

Não foram alterados parâmetros do modelo, uma vez que estes eram os *inputs* para a análise. Realizaram-se, porém, alterações na estrutura da rede. Eliminou-se a faixa de ultrapassagem do ponto e extinguiu-se a parada 2, concentrando os *route stops* dos 10 grupos na parada 1, que possui aproximadamente 40 metros de extensão.

4.6.2. Resultados Obtidos:

Assim como na configuração A, na configuração B também foram simuladas 5 rodadas, cada uma com uma semente distinta, para poder avaliar o resultado de forma aleatória.

- Frequência gerada no modelo versus frequência observada na pesquisa:

Os resultados de frequência por linha não apresentaram variação entre as rodadas.

Tabela 29 - Resultados de frequência para as 5 rodadas da configuração B.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	11	11	11	11	11	11	0
2	7	7	7	7	7	7	0
3	2	2	2	2	2	2	0
4	17	17	17	17	17	17	0
5	6	6	6	6	6	6	0
6	10	10	10	10	10	10	0
7	5	5	5	5	5	5	0
8	6	6	6	6	6	6	0
9	6	6	6	6	6	6	0
10	48	48	48	48	48	48	0

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo e da pesquisa.

Comparando-se a configuração A com a configuração B notou-se que as frequências totais, dentro do período de 1 hora estudado, não se alteraram.

Tabela 30 - Frequência do modelo e frequência observada na pesquisa.

Grupo	Frequência Configuração A	Frequência Configuração B	Variação %
1	11	11	0%
2	7	7	0%
3	2	2	0%
4	17	17	0%
5	6	6	0%
6	10	10	0%
7	5	5	0%
8	6	6	0%
9	6	6	0%
10	48	48	0%
TOTAL	118	118	0%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo e da pesquisa.

Caso a fila formada pela ausência da faixa de ultrapassagem fosse exageradamente grande, poderia causar o impedimento da passagem de algum veículo durante o período de simulação, contudo tal fato não se concretizou. As filas formadas não foram suficientemente grandes para impedir a passagem de algum ônibus, de modo que as frequências totais no período não foram alteradas.

- Número de embarques e desembarques

Tabela 31 - Número de embarques para cada rodada da configuração B.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	38	22	16	35	23	27	9
2	26	23	17	27	24	23	4
3	16	12	11	13	17	14	3
4	64	62	47	67	58	60	8
5	8	11	16	16	15	13	4
6	75	33	67	52	34	52	19
7	38	22	31	32	24	29	6
8	34	30	32	31	37	33	3
9	20	16	39	36	25	27	10
10	385	389	377	373	410	387	14

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo e da pesquisa.

O número de desembarques sofreu pouca variação ao longo das rodadas.

Tabela 32 - Número de desembarques em cada rodada da configuração B.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	99	99	99	99	99	99	0
2	54	54	54	54	54	54	0
3	28	28	28	28	28	28	0
4	153	153	153	144	153	151	4
5	45	45	45	45	45	45	0
6	27	27	27	27	27	27	0
7	50	50	50	50	50	50	0
8	77	77	75	60	76	73	7
9	18	18	18	18	18	18	0
10	220	220	220	215	220	219	2

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo e da pesquisa.

Considerando como valor final a média dos resultados obtidos, pôde-se então comparar as duas configurações.

Tabela 33 - Número de embarques e desembarques.

Grupo	Configuração A		Configuração B		Variação	
	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques
1	60	99	27	99	-55%	0%
2	54	54	23	54	-57%	0%
3	35	28	14	28	-61%	0%
4	86	153	60	151	-31%	-1%
5	22	45	13	45	-40%	0%
6	99	27	52	27	-47%	0%
7	53	50	29	50	-45%	0%
8	75	75	33	73	-56%	-3%
9	58	18	27	18	-53%	0%
10	383	284	387	219	1%	-23%
TOTAL	925	833	665	764	-28%	-8%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo e da pesquisa.

Nota-se que ocorreu uma variação principalmente entre os embarques. Tal fato é resultado da mudança da configuração do ponto. A ausência da faixa de ultrapassagem diminui a capacidade do ponto de ônibus, diminuindo sua movimentação e prejudicando o seu desempenho. A perda de fluidez no ponto de ônibus leva a um maior acúmulo de passageiros na plataforma de embarque. Sabe-se que os movimentos de pedestres são regidos pelo modelo de forças sociais do VISSIM, o qual considera forças de repulsão entre pedestres. Assim, uma hipótese elaborada é que o grande acúmulo de pedestres na plataforma de embarque dificulta a locomoção nessa área, prejudicando os embarques nos veículos. Sabe-se que na realidade, plataformas muito cheias também provocam dificuldades de embarque, ocasionando muitos obstáculos a quem deseja embarcar em um veículo específico. Contudo, como a calibração de parâmetros de pedestres não foi detalhadamente estudada nesse trabalho, pode existir uma distorção entre a sensibilidade do pedestre a essa multidão na realidade e no modelo desenvolvido.

- Tempo médio de espera do ônibus no ponto:

Com os resultados da simulação foi possível calcular o tempo médio de parada do veículo no ponto.

Tabela 34 - Tempo médio de parada para cada uma das rodadas.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	00:01:43	00:01:41	00:01:42	00:01:48	00:01:45	00:01:44	00:00:03
2	00:01:36	00:01:33	00:01:31	00:01:41	00:01:34	00:01:35	00:00:04
3	00:01:59	00:01:51	00:01:59	00:01:56	00:01:56	00:01:56	00:00:03
4	00:01:46	00:01:46	00:01:46	00:01:41	00:01:51	00:01:46	00:00:04
5	00:01:28	00:01:27	00:01:31	00:01:50	00:01:30	00:01:33	00:00:09
6	00:01:42	00:01:47	00:01:41	00:01:53	00:01:48	00:01:46	00:00:05
7	00:01:55	00:01:32	00:01:56	00:01:53	00:01:36	00:01:46	00:00:12
8	00:01:53	00:01:51	00:01:56	00:01:48	00:01:56	00:01:53	00:00:03
9	00:01:53	00:01:53	00:01:54	00:02:06	00:01:56	00:01:56	00:00:05
10	00:01:53	00:01:52	00:01:53	00:01:52	00:01:54	00:01:53	00:00:01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo e da pesquisa.

Considerando como valor final a média dos resultados obtidos, tem-se:

Tabela 35 - Tempo média de parada do veículo no ponto na configuração B.

Grupo	Tempo médio de parada
1	00:01:44
2	00:01:35
3	00:01:56
4	00:01:46
5	00:01:33
6	00:01:46
7	00:01:46
8	00:01:53
9	00:01:56
10	00:01:53

Média 00:01:47

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Sem a possibilidade de ultrapassagem os veículos precisam aguardar o veículo em sua frente desocupar o ponto de parada, aumentando o tempo de parada, conforme mostra a Tabela 36.

Tabela 36 - Comparação entre o tempo médio de parada do veículo no ponto.

Grupo	Configuração A	Configuração B	variação
	Tempo médio de parada	Tempo médio de parada	
1	00:00:20	00:01:44	-81%
2	00:00:23	00:01:35	-76%
3	00:00:35	00:01:56	-70%
4	00:00:20	00:01:46	-82%
5	00:00:18	00:01:33	-81%
6	00:00:26	00:01:46	-76%
7	00:00:26	00:01:46	-75%
8	00:00:33	00:01:53	-71%
9	00:00:22	00:01:56	-81%
10	00:00:26	00:01:53	-77%
Total	00:00:25	00:01:47	-77%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

- Velocidade média e tempo médio de viagem.

A velocidade média resultante do modelo para a configuração B foi de 13,2 km/h. Comparando esse resultado com a estimativa de velocidade feita através dos dados de GPS de 14,7, resulta numa diferença de cerca de 11%.

O tempo médio de viagem dos ônibus na rede foi de 306 segundos.

Tabela 37 - Variação entre a velocidade média do modelo e dos dados de GPS.

	Dados GPS	Configuração B	Variação
Velocidade média no trecho (km/h)	14.7	13.2	11%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 38 - Variação na velocidade média entre a configuração A e B.

	Configuração A	Configuração B	Variação
Velocidade média no trecho (km/h)	18	13.2	36%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

A variação no valor encontrado entre o modelo e os dados de GPS pode ser devido a problemas de calibração. Porém, é preciso lembrar que foi analisado apenas um dia de dados GPS sendo preciso, para estudos mais profundos, uma análise de uma amostra maior de dados.

Importante ressaltar que o tempo de parada no ponto de ônibus é apenas uma parcela do tempo total de viagem do veículo na rede do modelo, por isso uma redução de mais de 70% no tempo de parada não implica num aumento de velocidade de mesma magnitude.

4.6.3. Considerações sobre a configuração B.

A configuração B mostrou que ocorreu um aumento significativo no tempo de parada dos veículos no ponto de ônibus em função da ausência da faixa de ultrapassagem. Os valores absolutos podem sofrer distorções devido ao modelo, contudo para efeito de comparação, tais distorções são minimizadas, uma vez que os mesmos parâmetros foram usados nas duas configurações simuladas.

A piora no tempo de parada, a diminuição no número de embarques e a piora na velocidade são indicadores da perda de eficiência da parada de ônibus sem a faixa exclusiva de ultrapassagem. O tempo de parada não cresce de forma linear, conforme discutido no item 4.2, de forma que quando a demanda é superior à oferta, o tempo de parada do veículo cresce exponencialmente, podendo ocasionar filas de veículos. Relatos apontam que em alguns dias no local do estudo a fila se estendia desde o ponto de ônibus da Eusébio Matoso até a Avenida Faria Lima, uma distância de cerca de 700 metros.

4.7. Simulação do tráfego geral

Duas simulações simplificadas do tráfego geral foram realizadas. Para tentar obter o impacto sobre o fluxo geral devido à redução de uma faixa para a circulação, duas redes foram construídas e a única diferença entre elas é o número de faixas de circulação, os parâmetros

de comportamento de direção (*driving behaviour*), composição de veículos, rotas de veículos e volume serão mantidos.

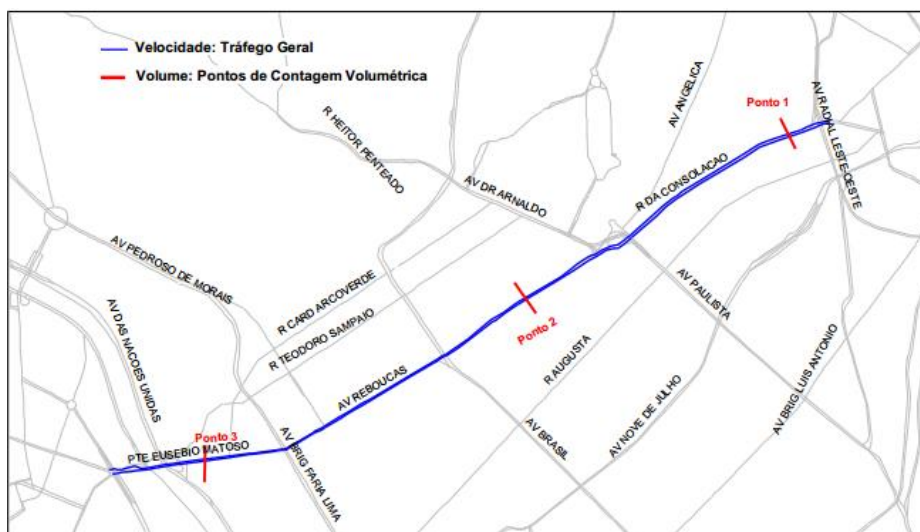
4.7.1. Hipóteses e parâmetros

Os parâmetros de comportamento de direção de motoristas foram mantidos na configuração *default* do *software*, com exceção de um parâmetro:

- *Average Standstill Distance*: define a distância média entre dois veículos. Na configuração default do programa tal distância é distribuída através de uma média de 2 metros e desvio padrão de 0,3 metros. A média da distribuição foi alterada para apenas 1 metro, tentando representar melhor o motorista brasileiro.

O volume de veículos inseridos no modelo será retirado da pesquisa de monitoração da fluidez da CET, realizada em 2013. Nesse relatório são apresentados resultados de contagem e medição de velocidade realizados em algumas vias de São Paulo. Nota-se que o ponto 3 do corredor Rebouças coincide justamente com a área de estudo.

Figura 43 - Pontos de contagem veicular para o eixo da avenida Rebouças.



Fonte: Pesquisa de Monitoração da Fluidez – CET, 2013.

Os valores obtidos no ponto 3 dessa pesquisa são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 - Resultados da contagem veicular no ponto 3.

Ponto 3 Av. Eusébio Matoso, entre R. Cardeal Arcoverde e Av. das Nações Unidas

Pico Manhã								Pico Tarde									
Hora	Auto	Ônibus		Caminhões	Motos	Volume Total		FHP	Hora	Auto	Ônibus		Caminhões	Motos	Volume Total		FHP
		Urb	Fret			Simp.	Equiv.				Urb	Fret			Simp.	Equiv.	
07:00 - 08:00	4.180	220	4	3	563	4.970	5.197		17:00 - 18:00	3.604	124	4	8	1.851	5.591	5.727	
07:15 - 08:15	4.093	251	2	9	577	4.932	5.194		17:15 - 18:15	3.601	139	5	7	1.944	5.696	5.847	
07:30 - 08:30	3.997	255	2	9	612	4.875	5.141		17:30 - 18:30	3.958	173	7	9	2.095	6.242	6.431	
07:45 - 08:45	4.007	270	1	12	667	4.957	5.240	0,88	17:45 - 18:45	3.845	179	9	12	2.101	6.146	6.346	
08:00 - 09:00	3.843	272	2	11	628	4.756	5.041		18:00 - 19:00	3.900	214	13	11	2.045	6.183	6.421	
08:15 - 09:15	3.723	256	2	7	637	4.625	4.890		18:15 - 19:15	4.119	236	15	12	1.906	6.288	6.551	0,85
08:30 - 09:30	3.724	277	2	11	667	4.681	4.971		18:30 - 19:30	4.043	231	18	8	1.547	5.847	6.104	
08:45 - 09:45	3.608	273	2	10	671	4.564	4.849		18:45 - 19:45	4.246	246	15	3	1.288	5.798	6.062	
09:00 - 10:00	3.497	285	1	14	691	4.488	4.788		19:00 - 20:00	4.329	249	13	5	1.096	5.692	5.959	
Total 3 horas	11.520	777	7	28	1.882	14.214	15.026	0,96	Total 3 horas	11.833	587	30	24	4.992	17.466	18.107	0,92

Fonte: Pesquisa de Monitoração da Fluidez – CET, 2013.

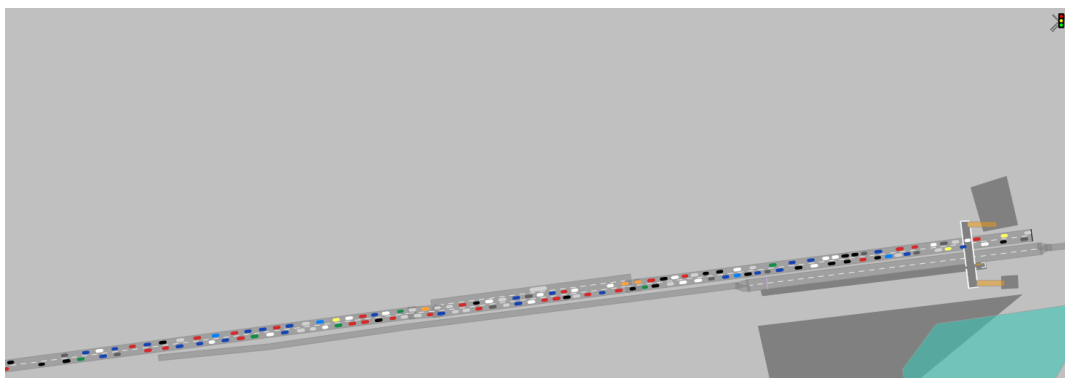
Assim, o volume imputado no modelo será de 3958 veículos, correspondente ao volume da hora da realização da pesquisa (17:30-18:30), desconsiderando motos e ônibus. Por simplificação só haverá uma rota possível para os veículos, entrando na rede na “altura” da passarela de pedestres e saindo imediatamente no início da ponte Eusébio Matoso. Essa simplificação foi considerada razoável, uma vez que engloba todo o trecho de via que altera o número de faixas para tráfego geral entre os dois cenários. Contudo, sabe-se que na realidade os veículos possuem outras saídas da rede, sendo possível a conversão à direita em algumas ruas.

Figura 44 - Rotas do tráfego geral.



Fonte: elaboração própria.

Figura 45 - Simulação da configuração A.



Fonte: Elaboração própria.

Para simular o gargalo formado na ponte Eusébio Matoso, uma área de redução de velocidade foi criada, caso contrário os veículos sairiam livremente da rede, não ocasionando reduções de velocidade.

4.7.2. Resultados

Para obter os resultados foram realizadas 5 simulações de cada configuração adotando-se como resultado final a média entre os resultados dessas simulações. O tempo de simulação foi de 4500 segundos, sendo os 900 segundos iniciais desprezados devido à necessidade de preenchimento da rede, numa prática conhecida como *Warm-Up*, ou aquecimento da rede.

Tabela 40 - Resultados do modelo para tráfego misto.

	Configuração A	Configuração B	Variação
Veículos	3584	3612	-1%
Velocidade (km/h)	5.87	7.89	-26%
Tempo médio de viagem (s)	80	58	38%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Apesar da simplificação, os resultados apresentaram coerência entre si e com alguns dados disponíveis. O próprio relatório da CET indicava uma velocidade de 8,4 km/h e tendo o resultado do modelo apontado 7,89 km/h, o que indica uma variação de 6%. O total de veículos ficou 10% abaixo do esperado, registrando 3612 veículos. Por outro lado, considerando a configuração atual (configuração A), o total de veículos ficou acima do registrado no vídeo da pesquisa (cerca de 2500 veículos).

Quando comparados os dois cenários entre si, verificou-se a redução da velocidade e um aumento do atraso médio devido à retirada de uma faixa de circulação.

4.7.3. Considerações sobre a simulação de tráfego geral

Apesar das simplificações adotadas a simulação do tráfego misto mostrou que ocorreu uma redução de velocidade e aumento do tempo de atraso dos veículos que passam pela área estudada.

4.8. Impacto Global

Usualmente obras de infraestrutura requerem grandes investimentos, planejamento e trazem grande impacto ao ambiente. Desse modo é comum a elaboração de uma análise do tipo custo-benefício da obra.

Figura 46 - Equação da taxa de custo benefício.

$$BC = (B_{tp} + B_{tm} + B_{cp} + B_{cm} + B_{amb}) / C_i$$

Com,

BC = taxa de custo-benefício

B_{tp} = Benefícios de economia de tempo para passageiros do transporte público

B_{tm} = Benefícios de economia de tempo para passageiros do tráfego misto

B_{cp} = Benefícios de economia de combustível para passageiros do transporte público

B_{cm} = Benefícios de economia de tempo para passageiros do tráfego misto

B_{amb} = Benefícios ambientais

C_i = Custo de implementação.

Obras e intervenções relacionadas ao transporte urbano são obras de infraestrutura e, portanto, é pertinente a análise de seu custo-benefício. Nesse trabalho não serão abordados os custos e benefícios ambientais, benefícios de economia de combustível e o custo de implantação.

Economia de combustível e impacto ambiental exigiriam análise principalmente das tecnologias veiculares empregadas na operação, tanto do tráfego do corredor, como no tráfego geral. O custo de implementação envolveria análise de materiais e custo das obras físicas na época. Ambos os tópicos não foram considerados pertinentes ao escopo do trabalho. Por isso, procurou-se avaliar o benefício de economia de tempo para o passageiro de transporte público e o benefício de economia de tempo para o passageiro de tráfego misto. Nesse caso, sabemos que a retirada de uma faixa de tráfego misto na verdade prejudicou tais viajantes, de modo que na realidade será um impacto negativo e não positivo.

Assim, para avaliar com melhor discernimento o impacto da implantação da alternativa sobre a sociedade foram comparados os benefícios proporcionados aos usuários do ponto de ônibus com o impacto negativo sobre o transporte privado, conforme mencionado no item 0.

Para avaliar a economia de tempo propiciada aos usuários de transporte público será levantado o total de pessoas transportadas no trecho estudado por cada uma das linhas e depois multiplicá-las pelo tempo de viagem médio de cada veículo obtidos através do modelo.

O total de passageiros de cada linha foi obtido através da multiplicação da frequência de cada grupo pela sua ocupação média e adicionados os totais de embarque.

Tabela 41 - Total de passageiros transportados por grupo na configuração A.

Grupo	Configuração A			
	Frequência	Ocupação média	Embarques	Total passageiros transportados
1	11	35	60	445
2	7	45	54	369
3	2	65	35	165
4	17	56	86	1038
5	6	53	22	340
6	10	48	99	579
7	5	111	53	608
8	6	38	75	303
9	6	62	58	430
10	48	95	383	4943
				9220

Fonte: elaboração própria.

Tabela 42 - Total de passageiros transportados por grupo na configuração B.

Grupo	Configuração B			
	Frequência	Ocupação média	Embarques	Total passageiros transportados
1	11	35	27	412
2	7	45	23	338
3	2	65	14	144
4	17	56	60	1012
5	6	53	13	331
6	10	48	52	532
7	5	111	29	584
8	6	38	33	261
9	6	62	27	399
10	48	95	387	4947
				8960

Fonte: elaboração própria.

Para considerar o tempo de viagem médio do ônibus em cada cenário subtraiu-se 100 segundos do tempo resultante do modelo, uma vez que o tempo no modelo envolve toda a extensão da rede, enquanto para poder comparar com o fluxo geral é preciso selecionar apenas o trecho entre a rua Cardeal Arco Verde e a ponte Eusébio Matoso.

Esse valor descontado foi estimado com base no tamanho da rede e considerando-se que no trecho descontado há o ponto de parada fictício da Faria Lima, no qual cada veículo para durante um tempo variável de acordo com uma distribuição normal de média 30 segundos. Considerando o tempo total de viagem (306 segundos para a configuração B e 228 segundos para a configuração A) o tempo descontado representa menos de 50% do total. Essa hipótese foi adotada uma vez que a maior parte do tempo de viagem no trecho é despendida no ponto de ônibus da Eusébio Matoso.

Importante ressaltar que o tempo descontado é igual para as duas configurações, não provocando distorções na comparação entre elas.

Tabela 43 - tempo de viagem total.

Grupo	Configuração B			Configuração A			Redução
	pax transp	tempo médio viagem (s)	tempo de viagem (s)	pax transp.	tempo médio viagem (s)	tempo de viagem (s)	
1	316	206	65096	300	128	38336	-41%
2	288	206	59328	273	128	34880	-41%
3	120	206	24617	109	128	13952	-43%
4	842	206	173452	831	128	106368	-39%
5	284	206	58504	280	128	35776	-39%
6	503	206	103515	479	128	61312	-41%
7	532	206	109489	520	128	66496	-39%
8	191	206	39243	172	128	21952	-44%
9	383	206	78898	368	128	47040	-40%
10	4468	206	920305	4535	128	580416	-37%
Total			1632447			1006528	-38%

Fonte: elaboração própria.

No tempo de viagem deveria ainda contar o tempo médio de espera pelo veículo no ponto de ônibus dos passageiros que embarcam no ponto de ônibus estudado. Contudo, como as frequências não foram alteradas entre as duas configurações esse tempo seria igual nos dois cenários e por isso foi desconsiderado da análise.

Tabela 44 - Redução global estimada do índice de espera.

Tempo de viagem (s)	Configuração B	Configuração A	Redução
	1632447	1006528	625919 (38%)

Fonte: Análise própria.

Aplicou-se a mesma análise para calcular o impacto negativo no fluxo geral. Multiplicou-se o total de veículos pelo atraso médio por veículo e em seguida multiplicou-se pela taxa de ocupação média de cada veículo.

Tabela 45 - Tempo de espera para o tráfego geral.

	Configuração A	Configuração B	Variação
Veículos	3584	3612	-1%
tempo médio de viagem (s)	80	58	38%
Taxa de ocupação por veículo (pax/veh)	1.4	1.4	-
Tempo de viagem (s)	401408	293294	37%

Fonte: elaboração própria.

A variação entre as configurações A e B mostra um aumento no tempo de viagem de 37%, ou 108.114 segundos em termos absolutos.

4.8.1. Considerações sobre o impacto global

Os resultados mostram uma maior redução no tempo de viagem do usuário de transporte público do que um acréscimo no tempo de viagem do usuário de tráfego geral tanto em termos percentuais (redução de 38% frente aumento de 37%) quanto absolutos (redução de 625.919 segundos contra aumento de 108.114 segundos). Vale ressaltar que esses valores estão sujeitos a incertezas citadas ao longo do processo de obtenção e

processamento dos dados, envolvendo tanto problema na coleta de dados como problema na calibração do modelo e hipóteses levantadas. Porém o resultado está alinhado com a percepção e relatos que afirmam que o tempo de parada no ponto de ônibus reduziu e a fila de ônibus que antes chegava até a avenida Faria Lima desapareceu.

É importante mencionar que as vantagens da faixa de ultrapassagem não são restritas a redução no tempo de viagem. Elas permitem uma maior flexibilidade na operação do sistema, tornando viável a criação de serviços expressos no corredor, ordenação de veículos e maior capacidade do ponto de ônibus em si. Tais medidas aumentam a confiabilidade e o conforto dos corredores, dois fatores amplamente criticados nessa categoria de transporte urbano.

Além disso, outros benefícios relacionados ao consumo de combustível e emissão de poluentes não foram contabilizados nessa análise, porém pode-se concluir que a redução no tempo de parada do veículo leva a uma redução no consumo de combustível e emissão gases nocivos.

O custo – benefício, apesar de possuir técnicas de mensuração, não é apenas um parâmetro matemático. A escolha pela implantação ou não da alternativa deve passar pelo debate da sociedade e do gestor público, as técnicas de análises e modelagem matemática são apenas um elemento de base para o desenvolvimento das discussões.

4.9. Cenário 1: cobrança desembarcada

4.9.1. Revisão bibliográfica

De acordo com Tirachini (2013) o tempo de embarque e desembarque dos passageiros é uma importante variável nos sistemas de transporte público por ônibus, impactando no tempo de viagem, na frequência ótima do sistema e no seu custo para o operador.

Tirachini (2013) elabora modelos para tempo de embarques de acordo com a tecnologia de cobrança usando dados de 3 regiões de Sydney, Austrália. Um resumo dos resultados do pesquisador é apresentados na Tabela 46.

Tabela 46 - Tempo de embarque por tipo de tecnologia de cobrança.

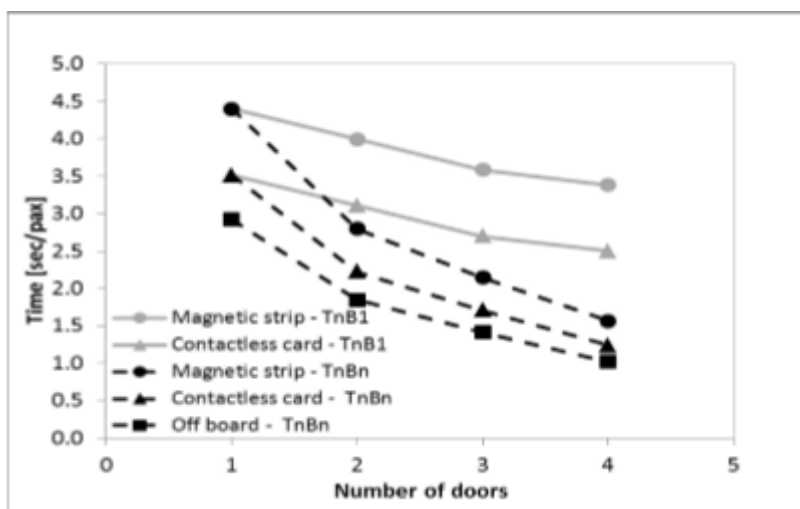
Parâmetro	Unidade	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Pagamento em dinheiro com valor exato	s/pax	5,66	9,02	
Pagamento em dinheiro com troco	s/pax	12,73	16,23	
Pagamento com cartão magnético	s/pax		5,09	
Embarque sem pagamento de tarifa	s/pax			1,46

Fonte: Tirachini, 2013.

Os valores absolutos obtidos pelo pesquisador podem não ser aplicáveis à realidade de uma cidade brasileira como São Paulo. Contudo, considerando-se apenas o impacto da mudança do sistema, pode-se levar o resultado para outros lugares com maior segurança. Assim, nesse estudo avalia-se que o impacto da transição do método de cartão magnético (semelhante ao caso do Bilhete único de São Paulo) para o método do embarque sem pagamento de tarifa no veículo (simulando o caso da cobrança desembarcada) seria uma redução de 3,63 segundos por passageiro (passando de 5,09 para 1,46 segundos por passageiro), representando uma redução de 71% no tempo de embarque por passageiro.

Em um outro estudo, Tirachini e Jara-Diaz elaboraram um gráfico de tempo de embarque por passageiro em função do número de portas do veículo para embarque e tipo de cobrança.

Figura 47 - Gráfico de tempo de embarque por passageiro de acordo com número de portas e tecnologia de cobrança.



Fonte: Jara-Diaz, Tirachini, 2013.

No gráfico da Figura 47, a ordenada representa o tempo de embarque por passageiro, a abscissa o número de portas disponíveis para o embarque e cada curva representa um tipo de tecnologia de cobrança da tarifa. Observa-se nesse gráfico que para uma porta de embarque (caso de São Paulo), o tempo de embarque cai de aproximadamente 4,5 segundos por passageiro na tecnologia com cartão magnético para aproximadamente 3 segundos por passageiro na cobrança desembarcada, representando uma redução de 33%.

Nota-se nesse estudo a importância dada ao número de portas disponíveis para o embarque. Usualmente no Brasil adota-se apenas uma porta para embarque, sendo as demais usadas para o desembarque. Essa configuração é em parte influenciada pelo método de pagamento adotado e pela localização das catracas dentro dos ônibus. As catracas ficam sempre próximas a porta de embarque, de modo que a cobrança ocorre no momento de entrada do passageiro, usando-se apenas uma porta para o embarque. O uso de um método de cobrança desembarcada possibilitaria um novo *layout* para os ônibus e a disposição de mais portas para embarque, caso necessário.

Já de acordo com os valores apresentados no *Transit Quality and Capacity Service Manual*, conforme indica a Tabela 47, a cobrança desembarcada poderia reduzir de 5 segundos por passageiro para 1,75 segundos por passageiro, uma redução de 65%.

Tabela 47 - Tempo de embarque por tipo de tecnologia de cobrança.

Parâmetro	Unidade	Intervalo	Valor sugerido
Sem cobrança de tarifa	s/pax	1,75-2,5	1,75
Pagamento em dinheiro com valor exato	s/pax	3,1-8,4	4,5
Cartão Magnético	s/pax	3,7-6,5	5,0

Fonte: Transit Quality and Capacity Service Manual.

4.9.2. Hipóteses e parâmetros

Considerou-se que os valores apontados pelo *Transit Quality and Capacity Service Manual* apresentaram maior aproximação com os observados na pesquisa que já foram utilizados nas Configurações A e B. Dessa forma, adotou-se uma redução de 65% nos tempos de embarque por passageiro, resultando nos valores apresentados na Tabela 48.

Tabela 48 - Tempo de embarque adotado.

Tipo de veículo	Unidade	Tempo de embarque configuração A e B	Tempo de Embarque Cenário 1
Padron	s/pax	5,1	1,78
Articulado	s/pax	3,2	1,75

Fonte: Elaboração própria.

Para o caso do veículo articulado, a redução de 65% implicaria em um valor menor do que o limite inferior indicado pelo *Transit Quality and Capacity Service Manual*, por isso adotou-se tal limite inferior (1,75 s/pax).

Por fim os valores de desembarque não serão alterados uma vez que não são influenciados pela metodologia de cobrança, já que no Brasil a cobrança ocorre predominantemente na entrada do ônibus. Assim, os valores adotados no Cenário 1 são mostrados na Tabela 49:

Tabela 49 - Tempo de embarque e desembarque do cenário 1.

Tipo de veículo	Unidade	Tempo de Embarque	Tempo de Desembarque
Padron	s/pax	1,78	1,80
Articulado	s/pax	1,75	1,75

Fonte: Elaboração própria.

Demais parâmetros foram adotados iguais aos da simulação da configuração B, ou seja, sem faixa de ultrapassagem. Valores de demanda por linha, velocidade e número de linhas permaneceram os mesmos da simulação da configuração B, justamente para se comparar apenas o efeito da tecnologia de cobrança.

4.9.3. Resultados

- Frequência gerada no modelo versus frequência observada na pesquisa:

Os resultados de frequência por linha não apresentaram variação entre as rodadas.

Tabela 50 - Resultados de frequência para as 5 rodadas da configuração B.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	11	11	11	11	11	11	0
2	7	7	7	7	7	7	0
3	2	2	2	2	2	2	0
4	17	17	17	17	17	17	0
5	6	6	6	6	6	6	0
6	10	10	10	10	10	10	0
7	5	5	5	5	5	5	0
8	6	6	6	6	6	6	0
9	6	6	6	6	6	6	0
10	48	48	48	48	48	48	0

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

- Número de embarques e desembarques

Tabela 51 - Número de embarques.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio Padrão
1	28	28	27	40	23	29	6
2	31	31	22	24	21	26	5
3	10	10	15	24	20	16	6
4	68	68	62	74	68	68	4
5	14	14	11	17	12	14	2
6	65	65	82	64	48	65	12
7	32	32	39	45	31	36	6
8	36	36	39	52	56	44	9
9	15	15	23	33	14	20	8
10	399	399	405	425	408	407	11

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 52 - Número de desembarques.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	99	99	99	99	99	99	0
2	54	54	54	54	54	54	0
3	28	28	28	28	28	28	0
4	153	153	153	153	153	153	0
5	45	45	45	45	45	45	0
6	27	27	27	27	27	27	0
7	50	50	50	50	50	50	0
8	75	75	75	75	75	75	0
9	18	18	18	18	18	18	0
10	220	220	220	220	220	220	0

Fonte: Elaboração própria.

Comparação entre o número de embarques nos cenários 1 e configuração B.

Tabela 53 - Comparação no número de embarques e desembarques.

Grupo	Configuração B		Cenário 1		Variação	
	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques
1	27	99	29	99	9%	0%
2	23	54	26	54	10%	0%
3	14	28	16	28	14%	0%
4	60	151	68	153	14%	1%
5	13	45	14	45	3%	0%
6	52	27	65	27	24%	0%
7	29	50	36	50	22%	0%
8	33	73	44	75	34%	3%
9	27	18	20	18	-26%	0%
10	387	219	407	220	5%	0%
TOTAL	665	764	724	769	9%	1%

Fonte: elaboração própria.

- Tempo médio de parada

Tabela 54 - Tempo médio de parada.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	00:01:45	00:01:45	00:01:47	00:01:51	00:01:44	00:01:46	00:00:03
2	00:01:38	00:01:38	00:01:32	00:01:40	00:01:36	00:01:37	00:00:03
3	00:02:00	00:02:00	00:02:00	00:02:07	00:02:05	00:02:02	00:00:03
4	00:01:44	00:01:44	00:01:45	00:01:49	00:01:56	00:01:48	00:00:05
5	00:01:32	00:01:32	00:01:33	00:01:55	00:01:27	00:01:36	00:00:11
6	00:01:41	00:01:41	00:01:44	00:01:59	00:01:51	00:01:47	00:00:08
7	00:01:58	00:01:58	00:02:07	00:02:04	00:01:45	00:01:58	00:00:09
8	00:01:37	00:01:37	00:01:41	00:02:02	00:01:48	00:01:45	00:00:10
9	00:01:49	00:01:49	00:01:53	00:02:04	00:01:51	00:01:53	00:00:06
10	00:01:58	00:01:58	00:02:03	00:02:01	00:01:58	00:01:59	00:00:03

Fonte: Elaboração própria.

Comparação entre o tempo de parada do cenário 1 e da configuração B.

Tabela 55 - Comparação entre o tempo médio de parada.

Grupo	Configuração B	Cenário 1	variação
	Tempo médio de parada	Tempo médio de parada	
1	00:01:44	00:01:46	2%
2	00:01:35	00:01:37	2%
3	00:01:56	00:02:02	5%
4	00:01:46	00:01:48	2%
5	00:01:33	00:01:36	3%
6	00:01:46	00:01:47	1%
7	00:01:46	00:01:58	11%
8	00:01:53	00:01:45	-7%
9	00:01:56	00:01:53	-3%
10	00:01:53	00:01:59	5%
Total	00:01:47	00:01:49	2%

Fonte: Elaboração própria.

- Velocidade média e tempo médio de viagem

A velocidade média dos ônibus nesse cenário foi de 13,3 km/h e o tempo médio de viagem foi de 305,3 segundos, muito semelhante aos valores encontrados na configuração B.

4.9.4. Considerações sobre o cenário 1

O cenário 1 não apresentou os resultados esperados. Com a redução do tempo médio de embarque por passageiro era provável que o tempo médio de parada do veículo no ponto de ônibus também sofresse redução. Ao contrário do esperado, o tempo médio de parada se manteve estável, o que ocorreu, porém, foi um aumento no total de embarques em cerca de 10%. Uma hipótese é que a redução no tempo de embarque permitiu que mais passageiros embarcassem nos veículos, uma vez que o volume de embarques registrado na configuração B estava aquém da configuração A, mostrando que ainda havia demanda de passageiros para embarque na parada. Isso pode ter ocorrido porque o VISSIM, mesmo com a opção de “late

boarding” ativada possui um limite para o tempo de parada do veículo o qual foi provavelmente atingido algumas vezes na configuração B.

Mesmo a hipótese justificando em termos parte do resultado do cenário, ela também enfatiza a dificuldade de usar a interação entre pessoas e veículos no VISSIM. Como mencionado na configuração B, o VISSIM não apresentou resultados tão satisfatórios e claros com relação à interface pedestre/ veículo de transporte público, sendo essa uma área que pode ser mais estudada e explorada no programa.

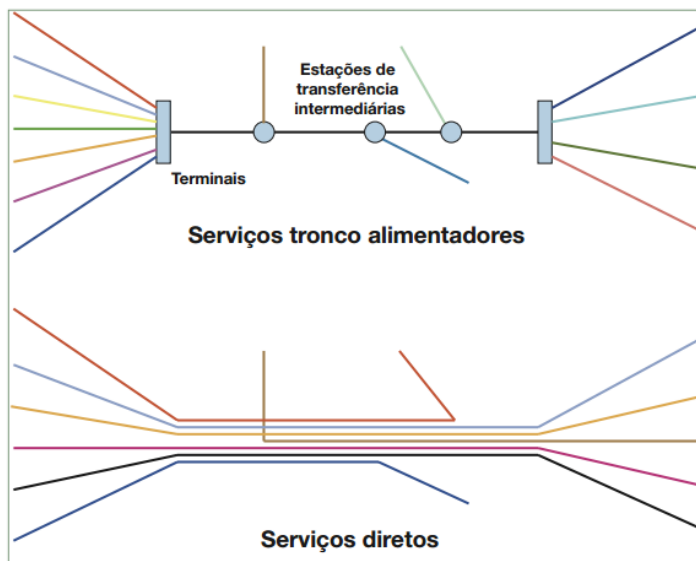
4.10. Cenário 2: Troncalização das linhas

4.10.1. Revisão Bibliográfica

O número de serviços operantes em um corredor tem impacto no seu desempenho (Lindau *et al*, 2013). Para Gardner *et al* (1991), os sistemas tronco alimentados permitem uma maior eficiência do corredor, mas estão associados a terminais para transferências em áreas fechadas, onde não se precisa cobrar tarifa dentro do ônibus (cobrança desembarcada), permitindo maior velocidade de embarque e maior conforto ao usuário.

O manual de BRT também comenta sobre os sistemas com serviços diretos e serviços tronco alimentados.

Figura 48 - Esquema ilustrativo de um corredor tronco alimentado e de um corredor com serviços diretos.



Fonte: Manual BRT.

Serviços diretos proporcionam no geral menores transferências para os usuários, contudo podem trazer linhas com maiores custos operacionais (maior tempo de ciclo, maior necessidade de frota). Além disso, se num corredor exclusivo começam a operar muitos serviços fica operacionalmente mais desafiador de se controlar a regularidade de cada serviço, passando a existir uma maior interferência entre serviços, causando uma diminuição da

capacidade do corredor como um todo. Linhas, por exemplo, que operam tanto em trecho do corredor como em vias de fluxo misto podem contar com uma maior velocidade no trecho do corredor, mas ainda estarão suscetíveis a maior influência de imprevistos e interferências externas (congestionamento, acidentes) na parcela rodada em tráfego misto, comprometendo a viagem mesmo usufruindo de parte do corredor. Nesse sentido órgãos como a SPTrans buscam troncalizar o seu sistema para aprimorar a eficiência de seus corredores.

No geral a literatura busca tratar a troncalização no contexto macro dos corredores de ônibus. Nesse cenário buscou-se avaliar qual a influência dessa medida num trecho micro de um corredor, no caso um ponto de ônibus crítico.

4.10.2. Hipóteses e parâmetros

Conforme mencionado no item 4.2 operam no ponto cerca de 22 serviços que totalizam na hora pico uma frequência de aproximadamente 124 veículos na hora pico tarde.

Nesse cenário adotou-se a hipótese de ofertar a mesma frequência de 124 veículos por hora em apenas duas linhas, uma parando na parada 1 e outra na parada 2, ou seja, mesmo retirando-se a faixa de ultrapassagem manteve-se o desmembramento do ponto de ônibus em duas paradas. A demanda também será dividida entre essas duas linhas.

Tabela 56 - Novo agrupamento para o cenário 2.

Grupo	Pesquisa			Grupo Cenário 2
	Frequência	Embarques	Desembarques	
1	12	54	103	1
2	6	58	47	1
3	2	20	27	1
4	18	99	148	1
5	5	30	49	1
6	11	113	42	1
7	6	64	69	1
8	6	48	76	1
9	6	47	11	1
10	52	433	287	2

Grupo	Pesquisa			Grupo Cenário 2
	Frequência	Embarques	Desembarques	
TOTAL	124	966	859	

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a divisão proposta na Tabela 56, tem-se os seguintes valores para a nova entrada do modelo.

Tabela 57 - Entradas para o cenário 2.

Grupo	Frequência	Headway (min.)	Embarques	Desembarques	Parada	Veículo
1	72	0.8	533	572	1	padron
2	52	1.2	433	287	2	articulado

Fonte: Análise própria.

Os demais parâmetros, tais como tempo de embarque e desembarque por passageiro serão adotados de maneira semelhante ao visto na configuração B (sem faixa de ultrapassagem) uma vez que seus resultados serão comparados para se avaliar o impacto da troncalização no ponto de ônibus.

Figura 49 - Imagem do cenário 2.



Fonte: Elaboração própria.

4.10.3. Resultados

- Frequência

Os valores de frequência não sofreram alterações ao longo das rodadas.

Tabela 58 - Frequência observada em cada simulação.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	72	72	72	72	72	72	0
2	52	52	52	52	52	52	0

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

- Embarques e desembarques

O total de embarques e desembarques ficaram próximos aos valores esperados para cada grupo de linha.

Tabela 59 - Número de embarques em cada simulação.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	559	551	536	540	551	547	9
2	386	345	373	391	382	375	18

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela 60 - Número de desembarques em cada simulação.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	560	560	560	552	560	558	4
2	225	220	235	235	220	227	8

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela 61 - Comparação entre embarques e desembarques.

Grupo	Configuração B		Cenário 2		Variação	
	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques	Embarques	Desembarques
1	27	99	547	558	-	-
2	23	54	375	227	-	-
3	14	28	0	0	-	-
4	60	151	0	0	-	-
5	13	45	0	0	-	-
6	52	27	0	0	-	-
7	29	50	0	0	-	-
8	33	73	0	0	-	-
9	27	18	0	0	-	-
10	387	219	0	0	-	-
TOTAL	665	764	923	785	39%	3%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Comparando-se os valores de embarque entre o cenário 2 e a configuração B, pode-se notar um aumento expressivo no número de embarques, enquanto o número de desembarques se manteve constante.

- Tempo de parada

O tempo médio de parada não variou muito ao longo de cada simulação.

Tabela 62 - Tempo médio de parada.

Grupo	s1	s2	s3	s4	s5	média	Desvio padrão
1	00:00:22	00:00:22	00:00:22	00:00:22	00:00:22	00:00:22	00:00:00
2	00:00:26	00:00:23	00:00:24	00:00:24	00:00:26	00:00:24	00:00:01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Tabela 63 - Comparação entre tempos de parada.

Grupo	Configuração B	Cenário 2	variação
	Tempo médio de parada	Tempo médio de parada	
1	00:01:44	00:00:22	-
2	00:01:35	00:00:24	-
3	00:01:56	-	-
4	00:01:46	-	-
5	00:01:33	-	-
6	00:01:46	-	-
7	00:01:46	-	-
8	00:01:53	-	-
9	00:01:56	-	-
10	00:01:53	-	-
Média	00:01:47	00:00:23	-78%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Comparando-se o tempo médio de parada entre o cenário 2 e a configuração B nota-se uma elevada redução. O tempo médio de parada dos veículos no cenário 2 se assemelha a configuração A, com faixa de ultrapassagem.

4.10.4. Considerações sobre o cenário 2

O cenário 2 mostrou que a combinação da redução do número de linhas com o desmembramento do ponto de ônibus em duas paradas provocou a mesma redução no tempo de parada do ônibus que o desmembramento aliado a faixa de ultrapassagem. A troncalização diminui o tempo de parada pois distribuiu melhor a demanda entre os veículos, diminuindo o tempo médio de espera de cada passageiro no ponto, melhorando sua fluidez e capacidade.

4.11. Considerações finais do desenvolvimento

O levantamento de dados mostrou que o ponto de ônibus estudado apresenta diversos serviços em operação, sendo necessário o agrupamento desses serviços para a simulação. Sua localização geográfica dentro da metrópole aponta para uma área extremamente comercial, na qual durante o pico da tarde resulta em elevado número de embarques no ponto de ônibus de pessoas retornando a suas casas após um dia de trabalho, fato que foi comprovado com a pesquisa Embarque e Desembarque realizada. Além disso, a pesquisa F.O.V. mostrou que os ônibus apresentam uma taxa de ocupação alta no trecho estudado.

A comparação entre a configuração A (atual) e B (antiga) mostrou que o desmembramento do ponto de ônibus e a faixa de ultrapassagem propiciaram uma redução de 77% no tempo médio de parada dos veículos no ponto de ônibus e uma redução de 38% no tempo médio de viagem no trecho estudado. Por outro lado, as simulações do tráfego geral mostram que, para esses veículos, o tempo médio de viagem aumentou em cerca de 37% no mesmo trecho.

O cenário 1 mostrou que apenas a implantação de cobrança desembarcada no ponto de ônibus estudado melhora o número de embarques em 9%, mas não é capaz de reduzir os tempos médios de parada e conseqüentemente os tempos médios de viagem. O estudo desse cenário também levantou a necessidade de se explorar com maior detalhes a interface pedestres x veículos do VISSIM. Importante ressaltar que a cobrança desembarcada poderia permitir o embarque e desembarque por meio de todas as portas do veículo simultaneamente, porém na simulação realizada foi mantido o embarque apenas na primeira porta do veículo. Desse modo, considerou-se que o modelo, para esse cenário específico, não foi suficientemente representativo, tendo os benefícios desse cenário possivelmente subestimados.

O cenário 2 mostrou que a associação do desmembramento do ponto de ônibus em duas paradas com a troncalização de linhas aumentou em 39% o número de embarques e reduziu o tempo médio de parada em 78%. Esse resultado é particularmente interessante, pois em vias já consolidadas é difícil a obtenção de espaço para a implantação de faixas de

ultrapassagem, assim o uso da troncalização pode ser mais interessante, já que não afeta o tráfego geral e não altera o gabarito da via. Porém, a troncalização de linhas também deve ser estudada no contexto macro de origens e destinos dos passageiros antes de sua implantação, para não trazer demasiado desconforto aos viajantes ao realizarem diversos transbordos, de modo que o tempo economizado nos pontos de parada não seja maior que o tempo perdido pelos usuários nos transbordos.

Todos os resultados foram obtidos através de uma média aritmética obtida por meio de 5 simulações de cada cenário/configuração com sementes distintas, uma vez que o VISSIM apresenta resultados probabilísticos e os resultados sofrem alterações quando se troca a semente da simulação. Notou-se, porém, que para o caso estudado ocorreram variações muito pequenas ao longo dos resultados das simulações.

Por sua capacidade de detalhamento e uso tanto de propriedades geométricas dos seus elementos como de comportamento psicofísico do motorista, o VISSIM mostrou-se um bom software para simulação de um elemento do sistema de transporte público. Contudo, o seu uso e entendimento não é trivial, demandando bastante tempo e leitura atenta de seu manual. Para a obtenção dos resultados, foram necessários processamento dos arquivos de saída do software, que nem sempre apresentam fácil entendimento. Além disso, para a simulação do cenário de cobrança desembarcada, o VISSIM não se mostrou adequado.

5. Considerações finais, críticas e sugestões

Se preocupar com mobilidade em transportes é muito mais do que pensar num bem-estar coletivo. Trata-se da manutenção e melhoria de um atributo da própria cidade (PlanMob/SP 2015). É garantir o ir e vir de uma comunidade, mas também assegurar a liberdade de cada cidadão dentro da metrópole com segurança respeito e facilidade. Em 2015, o Plano Municipal de Mobilidade Urbana da PMSP enunciou seu objetivo principal de ampliar o acesso à cidade, mas manter-se em movimento e não deixar essa metrópole parar é tarefa de muitos. A responsabilidade vai do condutor ao usuário do ônibus, passando também pelo motorista em seu veículo particular, atingindo também ciclistas e pedestres, e tantos outros. Na verdade, qualquer personagem é dotado de significância, seja por ação individual ou por (re)ação coletiva.

Nós somos responsáveis pelo outro, estando atento a isto ou não, desejando ou não, torcendo positivamente ou indo contra, pela simples razão de que, em nosso mundo globalizado, tudo o que fazemos (ou deixamos de fazer) tem impacto na vida de todo mundo e tudo o que as pessoas fazem (ou se privam de fazer) acaba afetando nossas vidas. [...]
Bauman, 2001.

Havendo a necessidade de estabelecer-se um bom escopo de estudo, este trabalho buscou mensurar os impactos que certas alterações operacionais no transporte público causariam no nível de serviço prestado em corredores de ônibus.

Defendendo uma avaliação do micro, um espaço foi utilizado como recorte, e definidas as condições de contorno, buscou-se contemplar essencialmente a influência do tempo na capacidade de um ponto crítico. Isto ocorreu, pois, uma vez que a velocidade dependeria de uma análise e tratamento maior de todo o trecho do corredor, o assunto fugiria do escopo de um único trabalho de conclusão.

No caso do estudo de um ponto específico dentro de um corredor de ônibus, a área de estudo é reduzida. Avaliaram-se, portanto, fatores de desempenho como formação de filas e tempo de espera, o que justificou o uso da técnica da microssimulação.

No presente estudo usaram-se os dados da pesquisa obtida, o vídeo, e a análise do comportamento para calibrar o modelo de configuração atual. A partir dessa configuração

calibrada, os mesmos parâmetros foram empregados na construção do modelo retrospectivo do local, sem faixa de ultrapassagem, chamado também de configuração.

Os resultados obtidos trazem com grande detalhe informações sobre o desempenho do sistema de transporte público estudado, contudo o excesso de informações e dados pode dificultar o seu entendimento e processamento. Além disso, é preciso cuidado em sua interpretação.

A análise de impacto global apontou que, no caso estudado, a implantação da faixa de ultrapassagem trouxe mais benefícios do que perdas a sociedade, resultando em um balanço positivo da mudança de configuração. Cabe ressaltar que a análise do tráfego geral foi extremamente simplificada, não avaliando por exemplo o efeito sobre o tempo semafórico e congestionamento na rua Cardeal Arco Verde, que passou a contar com congestionamentos mesmo nos períodos fora da hora pico. Para mitigar esse impacto no tráfego geral, pode-se utilizar tecnologias ITS (*Intelligent Transportation System*) tais como o BLIP (*Bus Lane with Intermittent Priority*) ou IBL (*Intermittent Bus Line*), tornando a prioridade da faixa de ultrapassagem no ponto de ônibus intermitente, podendo ser destinada ao tráfego geral quando não houver necessidade de ultrapassagem de ônibus.

O estudo de outros possíveis cenários e alternativas mostrou que a mudança no método de cobrança do usuário para uma cobrança desembarcada por si só não traria resultados tão expressivos para o caso estudado. Isso pode ser decorrido do fato que a mudança no método de cobrança pode reduzir o tempo por embarque de passageiro, mas não atua sobre o desequilíbrio de demanda e variabilidade nas chegadas dos veículos no ponto, não resolvendo a saturação da parada. Por outro lado, o cenário de desmembramento da parada e redução do número de linhas operantes na parada atuou diretamente sobre essas irregularidades de demanda e oferta no ponto, tendo resultados positivos no aumento de eficiência do ponto de ônibus estudado.

Diversos problemas foram identificados na elaboração do estudo. A amostra da pesquisa era reduzida, o que compromete em parte o seu resultado. Mesmo com alguns resultados se mostrando coerentes com a literatura (no estudo de Gardner de 1991 o ganho de tempo com as faixas de ultrapassagem foi de cerca de 50%, ao passo que as simulações deste trabalho resultaram numa redução global de 77%), sempre há problemas de pesquisas

relacionados ao erro humano nas etapas de coleta de dados, interpretação dos resultados e processamento. Devido ao reduzido número de dados essas dificuldades não puderam ser adequadamente superadas.

Os principais erros em pesquisas podem ser divididos entre erros amostrais e erros não amostrais. O primeiro grupo diz respeito ao tamanho da amostra e o grau de precisão no parâmetro de interesse, neste caso o tempo e eficiência do ponto. O segundo grupo diz respeito à coleta, registro e interpretação dos dados coletados. Como este trabalho consistiu na elaboração de um método, erros amostrais não foram plenamente considerados e avaliados, uma vez que sua correção demandaria uma nova captação de informações, além de requerer um grande número de pesquisadores. Quanto aos erros não amostrais, erros de registro de linhas foram corrigidos associando tabelas de diferentes pesquisadores com os dados da SPTrans. Erros de contagem de tempo tiveram de ser cortados, e seus valores não foram contabilizados nas médias.

O modelo no software também apresenta ressalvas. As condições geométricas do ponto devem ser estudadas com maior detalhe, tanto na sua configuração presente (com faixa de ultrapassagem) quanto anterior (sem faixa de ultrapassagem). A calibração do modelo também pode ser melhor desenvolvida, alguns parâmetros de comportamento do pedestre em relação a multidões por exemplo não foram explorados. Assim como o modelo de *car-following* o VISSIM também apresenta um modelo de comportamento de pedestres baseado em forças de atração e repulsão. No qual, basicamente os obstáculos e outros pedestres exercem forças de repulsão sobre o indivíduo. A sensibilidade desse indivíduo aos obstáculos ao seu redor pode ser alterada no VISSIM. Durante o desenvolvimento do trabalho alguns resultados levantaram hipóteses de que essa sensibilidade ainda não estava muito ajustada a realidade de São Paulo. A interface pedestre x transporte público não pareceu funcionar muito adequadamente no software, sobretudo o parâmetro que permite inserir no modelo dados do tempo despendido por passageiro para embarque e desembarque não pareceu conduzir exatamente para os resultados esperados, podendo ser melhor estudado e verificado para aplicações em cidades brasileiras.

Vale ressaltar também que não foram estudados os efeitos de propriedades geométricas do veículo, como por exemplo o efeito da largura de sua porta sobre a operação do ponto de ônibus. A localização e o método de cobrança não puderam ser diretamente

estudados pelo software, sendo necessário informações externas que indiquem a alteração no tempo de embarque para posterior aplicação no modelo.

A manipulação e interpretação do VISSIM não é trivial, apesar do manual ser bastante completo e abrangente alguns assuntos não são tratados, sobretudo na seção de transporte público, que é menor do que as outras. Alguns resultados do software são mais diretos, outros exigem ainda processamento. De maneira geral concluiu-se que os resultados relativos ao fluxo geral são mais facilmente obtidos, enquanto os resultados relativos ao transporte público exigiram maior processamento e interpretação.

Mesmo com tais dificuldades, os resultados da simulação levaram a observações razoáveis, confirmando o que manuais e literatura sobre transporte público, tais como o *Transit Capacity and Quality of Service Manual* e Gardner et al (1991), indicam: A faixa de ultrapassagem é uma importante ferramenta para aprimorar a operação de pontos de ônibus saturados em corredores exclusivos.

A metodologia elaborada até aqui consistiu num laboratório unindo dados reais (pesquisa) com toda uma base tecnológica (software) através de um instrumento interligador lógico, os autores que realizaram este trabalho e propuseram o método. A análise e levantamento bibliográfico permitiram tanto captar as variáveis de controle externo para possíveis correções na microssimulação, bem como as diversas fontes de erros existentes em pesquisas, tratando seu grau sistêmico e possíveis ações corretivas. Acredita-se que a microssimulação, mesmo apresentando dificuldades, continua sendo uma importante ferramenta para auxílio da gestão pública e o seu uso deve continuar sendo difundido e estudado no âmbito do transporte nas grandes cidades brasileiras.

Espera-se que a metodologia empregada sirva de base para análises e estudos de questões envolvendo o transporte público, buscando-se sempre auxiliar o gestor público a tomar decisões que tragam melhorias e benefícios no âmbito social, econômico e ambiental para a sociedade.

6. Referências Bibliográficas⁵

BALMER, D. W.; PAUL, R. J. **Casm-The Right Environment for Simulation**. The Journal of the Operational Research Society, v. 37, p. 443-452, Maio, 1986.

Bauman, Z. ;Dentzien,P..**Modernidade Líquida**. Jorge Zahar Ed., 2001. 258p.

CALIPER. **TransCAD** Transportation Planning Software. Disponível em: <http://www.caliper.com/tcovu.htm> (acessado em 27 de novembro de 2015).

CALIPER. **Transmodeler** Traffic Simulation Software. Disponível em: <http://www.caliper.com/transmodeler/> (acessado em 03 de julho de 2016).

Castilho, R.A.. **Análise da Operação de Ônibus em Corredores Exclusivos**. Janeiro 1997.121f.. Dissertação de mestrado–Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Rio Grande do Sul, 1997. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13142/000199237.pdf?...1> (acessado em 13 de novembro de 2015).

CBTU (Companhia Brasileira de Trens Urbanos). História sobre a CBTU-MAC. Disponível em <http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/empresa-maceio/historia-maceio> (acessado em 20 de novembro de 2015).

DESA-ONU (Department of Economic and Social Affairs); **2014 revision of the World Urbanization Prospects**. Nova York. 2014. Disponível em <https://www.un.org/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html> (acessado em 07 de novembro de 2015).

EMTU (Empresa metropolitana de Transportes Urbanos); **Projetos de Desenvolvimento tecnológico: Trólebus**. São Paulo. Disponível em <http://www.emtu.sp.gov.br/emtu/empreendimentos/projetos-de-desenvolvimento-tecnologico/trolebus.fss> (acessado em 07 de novembro de 2015).

Gardner, G.; Cornwell; P.R. ; Cracknell, J. A..**The performance of busway transit in developing cities**. Overseas Unit-Transport and Road Research Laboratory. Berkshire-EUA-1991. Disponível em <http://www.transport->

⁵ De acordo com a NBR 6023 “Informação e documentação - Referências – Elaboração”

links.org/transport_links/filearea/documentstore/249_RR329%5B1%5D.pdf (acessado em 07 de novembro de 2015).

HCM (Highway Capacity Manual). **Chapter 14 - TRANSIT CONCEPTS**. Washington, D.C.. 2000.

Hourdakis, J.; Michalopoulos, P. G.; Kottommannil; J. **Practical Procedure for Calibrating Microscopic Traffic Simulation Models**. Transportation Research Record, v.1852, p.130-139,2003.

IBGE (Instituto Brasileiro de geografia e Estatística). **População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 1872/2010**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00> (acessado em 07 de novembro de 2015).

INRO. Emme. Disponível em: <http://www.inrosoftware.com/en/products/emme/emme-desktop/> (acessado em 27 de novembro de 2015).

ITDP-Brasil (Instituto de Políticas de Transporte e desenvolvimento). **Sistemas de BRT quase quadruplicam nos últimos dez anos e viram tendência mundial**. Rio de Janeiro. 15 de fevereiro de 2015. Disponível em <http://itdpbrasil.org.br/sistemas-de-brt-quase-quadruplicam-nos-ultimos-dez-anos-e-viram-tendencia-mundial/> (acessado em 31 de outubro de 2015).

ITDP-Brasil (Instituto de Políticas de Transporte e desenvolvimento). **Manual: Padrão de qualidade BRT**. Rio de Janeiro, 11 de novembro de 2014. Disponível em <http://itdpbrasil.org.br/padrao-de-qualidade-brt/> (acessado em 31 de outubro de 2015).

ITDP (Institute for Transportation & Development Policy). **The BRT Standard Infographic**. Nova York. 26 de março de 2014. Disponível em <https://www.itdp.org/the-brt-standard-infographic/> (acessado em 31 de outubro de 2015).

Jara-Díaz, S.R, Tirachini, A. (2013) Urban bus transport: open all doors for boarding. Journal of Transport Economics and Policy 47(1), 91-106.

LACERDA, V. M. ; NETO M. M. C. **Considerações sobre a calibração do modelo de car following do vssim para vias arteriais urbanas**. In: Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes-ANPET Curitiba, 2005. Disponível em <http://www.anpet.org.br/xxviii/anpet/anais/documents/AC514.pdf>

Levinson, H. S.; Zimmerman, S.; Clinger, J.; Rutherford, C. S.. **Bus Rapid Transit: An Overview. Journal of Public Transportation.** Volume 5 No 2, 2002. Disponível em <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1361&context=jpt> (acessado em 31 de outubro de 2015).

Lindau, L.A.; Pereira, B.M.; Diógenes, M.C.; Castilho, R.A. **Avaliação do desempenho limite de corredores Bus Rapid Transit (BRT) sem ultrapassagem.** TRANSPORTES v.12, n. 1, 2013. Disponível em <http://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/497/460>.

LOGIT Consultoria-Transportation Engineers. **Pesquisa de sobre e desce e frequência de ocupação visual.** São Paulo. Agosto 2015.

Marte, C.L.; Yoshioka; Medeiros, L. R.; J.E.L. ;Peron, L.; Santos, A.S. dos ; Marquez J.M.. **Sistemas Inteligentes de Transporte aplicados em corredores brt: casos brasileiros.** Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes–ANPET Curitiba, 2014. Disponível em <http://www.anpet.org.br/xxviii/anpet/anais/documents/AC466.pdf> (acessado em 08 de novembro de 2015)

METRO (Companhia do metropolitano de São Paulo). **Pesquisa de mobilidade urbana 2012: região metropolitana de São Paulo. São Paulo 2012.** Disponível em <http://www.metro.sp.gov.br/metro/numeros-pesquisa/pesquisa-mobilidade-urbana-2012.aspx> (acessado em 31 de outubro de 2015).

NBRTI (National Bus Rapid Transit Institute). **Manual: Characteristics of Bus rapid Transit for Decision-Making.** Florida. Agosto 2014. Disponível em http://www.nbri.org/docs/pdf/Characteristics_BRT_Decision-Making.pdf (acessado em 15 de novembro de 2015)

OLIVEIRA, M. J. F. **Notas de aula do Curso de Simulação da Área de Pesquisa Operacional do Programa de Engenharia de Produção.**1988

ONU-HABITAT (Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos). **Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012.** Brasil. Agosto 2012. Disponível em http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=362&Itemid=18 (acessado em 06 de novembro de 2015).

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

PORTUGAL, L. S. **Simulação de tráfego: conceitos e técnicas de modelagem.** Rio de Janeiro : Interciência, 2005.

POYARES, C. N. **Crêterios para Análise dos Efeitos de Políticas de Restri o ao Uso de Automóveis em áreas Centrais**. 2000. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (PMSP). **Plano de Mobilidade de São Paulo**. São Paulo, fevereiro - agosto 2014. Disponível em http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/planmob-texto-base_1424729529.pdf (acessado em 09 de janeiro de 2015).

RIBEIRO, N. H. **Estudo de mobilidade urbana através de simula es no jogo Cities in Motion II: Campinas-Norte**. Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes. Departamento de Geotecnia e Transportes. Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 2014. Trabalho de Final de Curso (gradua o).

ROBINSON S. **A statistical process control approach to selecting a warm-up period for a discrete-event simulation**. European Journal of Operational Research, v.176, p. 332-346, 2007.

SALIBY, E. **Repensando a simula o: A amostragem descritiva**. São Paulo: Atlas, Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1989

SPTRANS (Secretaria municipal de Transportes). **Cronologia do Transporte coletivo em São Paulo: 1865- 2006**. São Paulo 2007. Disponível em http://www.sptrans.com.br/museu/Cronologia_Transporte.pdf (acessado em 31 de outubro de 2015).

Taurion C.. **O que   um modelo preditivo?** Rio de Janeiro. Dezembro 2014. Disponível em <http://cio.com.br/tecnologia/2014/12/15/o-que-e-um-modelo-preditivo/> (acessado em 15 de novembro de 2015).

Tirachini, A. (2013) Bus dwell time: the effect of different fare collection systems, bus floor level and age of passengers. *Transportmetrica A: Transport Science*, 9:1, 28-49

TRB. **Transit Capacity and Quality of Service Manual**, 3  Edi o. Disponível em <http://www.trb.org/Main/Blurbs/169437.aspx> (acessado em 15 de novembro de 2015).

TRL/ODA. **Design guidelines for busway transit**. Transport Research Laboratory and Overseas Development Administration, Overseas Road note 12, Lonres, UK, 1993.

Vasconcellos, E. A.. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: Annablume, 2001.218p.

Vasconcellos, E. A.; Mendonça A.. **Política Nacional de Transporte Público no Brasil: organização e implantação de corredores de ônibus**. Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 33, 2010 - 3º quadrimestre. Disponível em http://www.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/01/10/FEAB2631-4FA4-4C02-BA3D-9D96919BB616.pdf (acessado em 27 de novembro de 2015).

Vasconcellos, E. A.. **O 'Estadão' e a demagogia dos corredores**. ANTP. 12 de outubro de 2013. Seção Ponto de Vista. Disponível em <http://www.antp.org.br/website/noticias/ponto-de-vista/show.asp?npgCode=DB9FBBFC-4BDD-4A38-9A85-A4ED35845A46> . (acessado em 09 de janeiro de 2016).

Wiedemann, R. (1974). Simulation des Verkehrsflusses. Dissertação do Instituts fuer Verkehrswesen, Heft 8, Uniersitaet Karlsruhe. Desde 2009 – Karlsruher Institue fuer Technologie.