

PTR 3514 – “Fundamentos” de ITS



“Fundamentos” de
Sistemas “Inteligentes” de
Transportes (ITS)
[Intelligent Transport Systems]

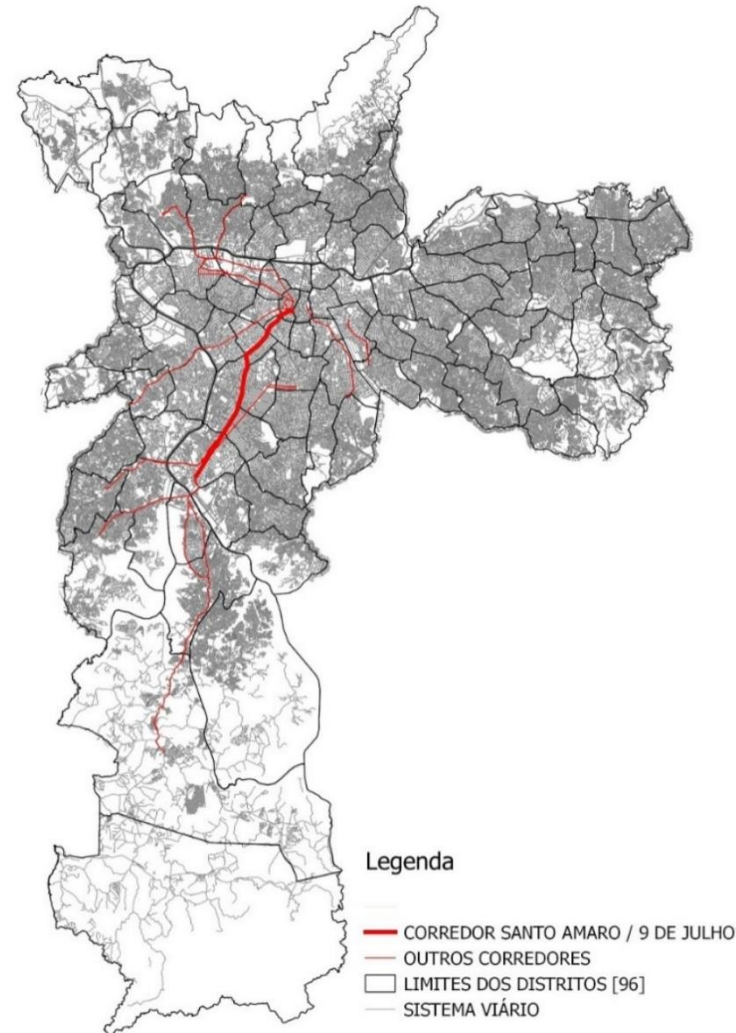
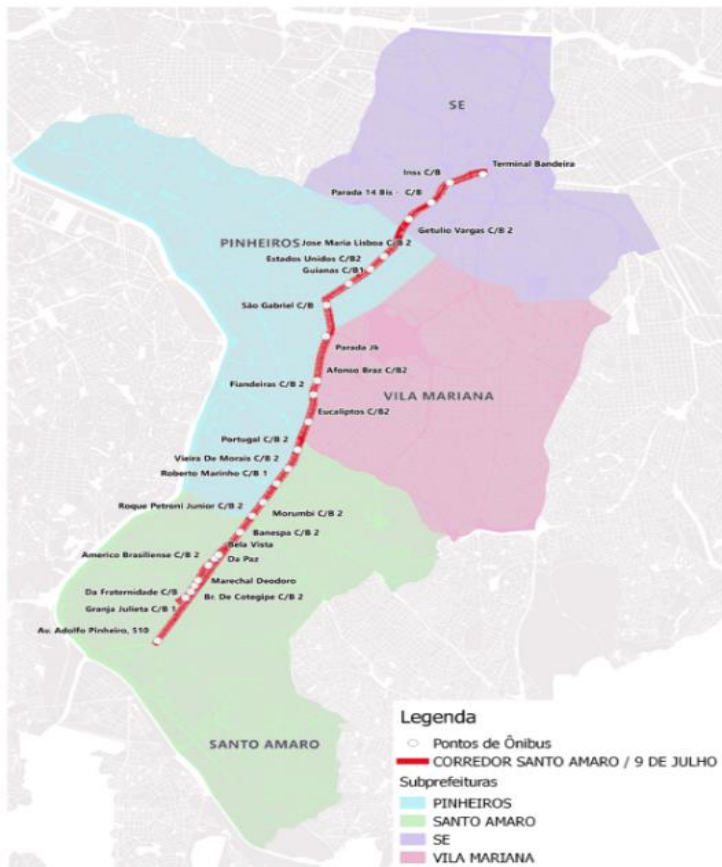
Objetivos

- ❑ **ITS visa endereçar respostas nas seguintes áreas de aplicações:**
 - ❑ Multimodalidade de viagem: informações ao usuário
 - ❑ Operações na “rede de transportes”
 - Gerenciamento de Tráfego
 - Gerenciamento do Transporte Público de Rota Fixa (TPC)
 - ❑ Operação de Veículos
 - Outras frotas, exceto o TPC de “rota fixa”
 - Mobilidade e conectividade da carga
 - ❑ Atividades de coordenação e resposta relacionadas à emergências e desastres
 - ❑ Estratégias de tarifação variável para (cargas) e viagens pessoais

Análise da aplicabilidade de estratégias operacionais, com uso de ITS, em sistemas de ônibus de cidades de países em desenvolvimento

ARNALDO Luís Santos Pereira (2018)

Corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho



Estudo do corredor de ônibus “Nove de Julho” através de ferramentas de simulação de tráfego

KOGA, A. Y. K.; FUKUHARA, A. A.;
KITASATO, G. J. H.; TORRES, N. M.(2017)

Corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho

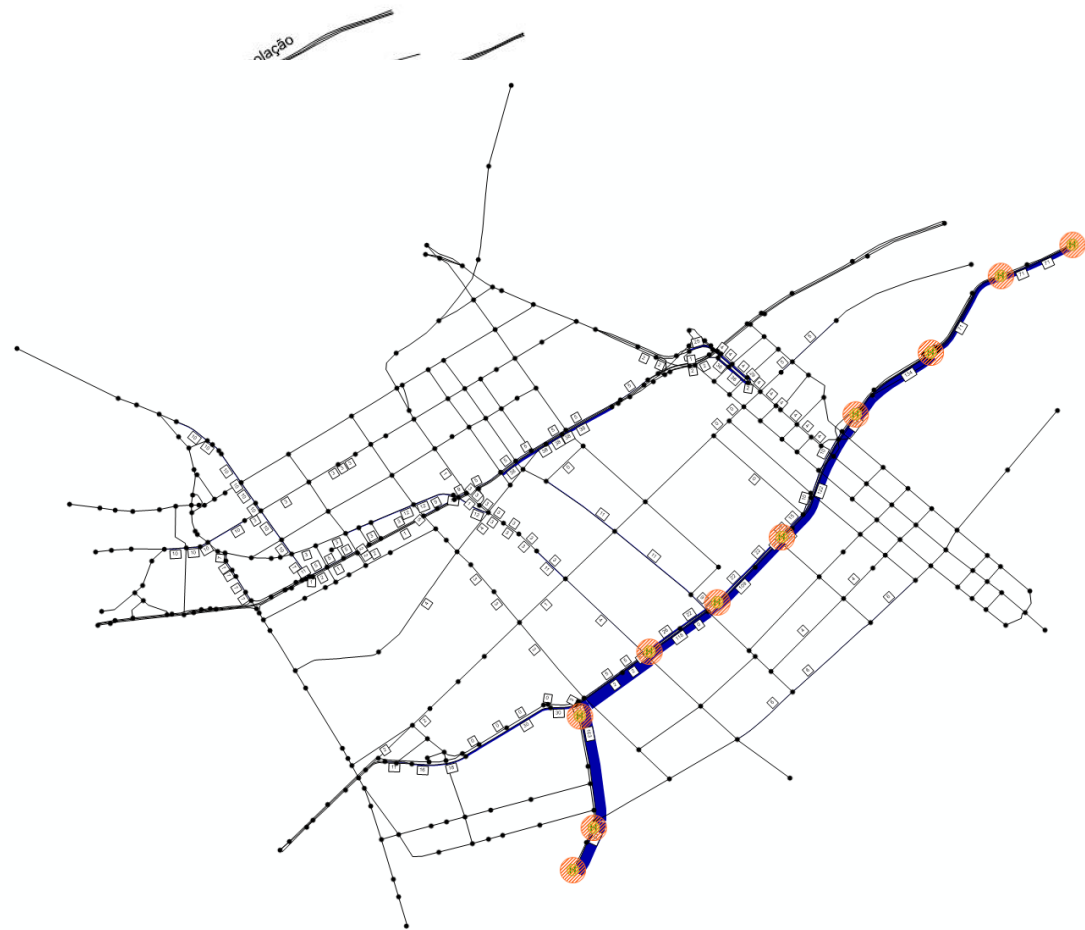
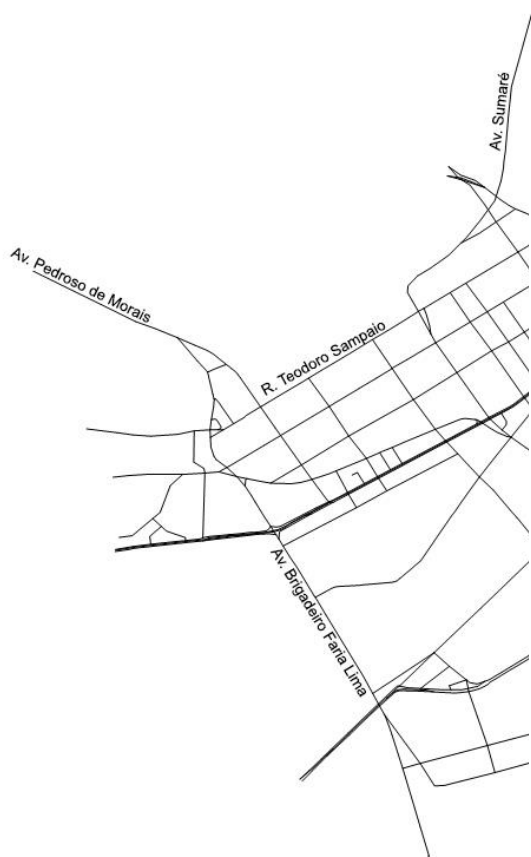


Corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho

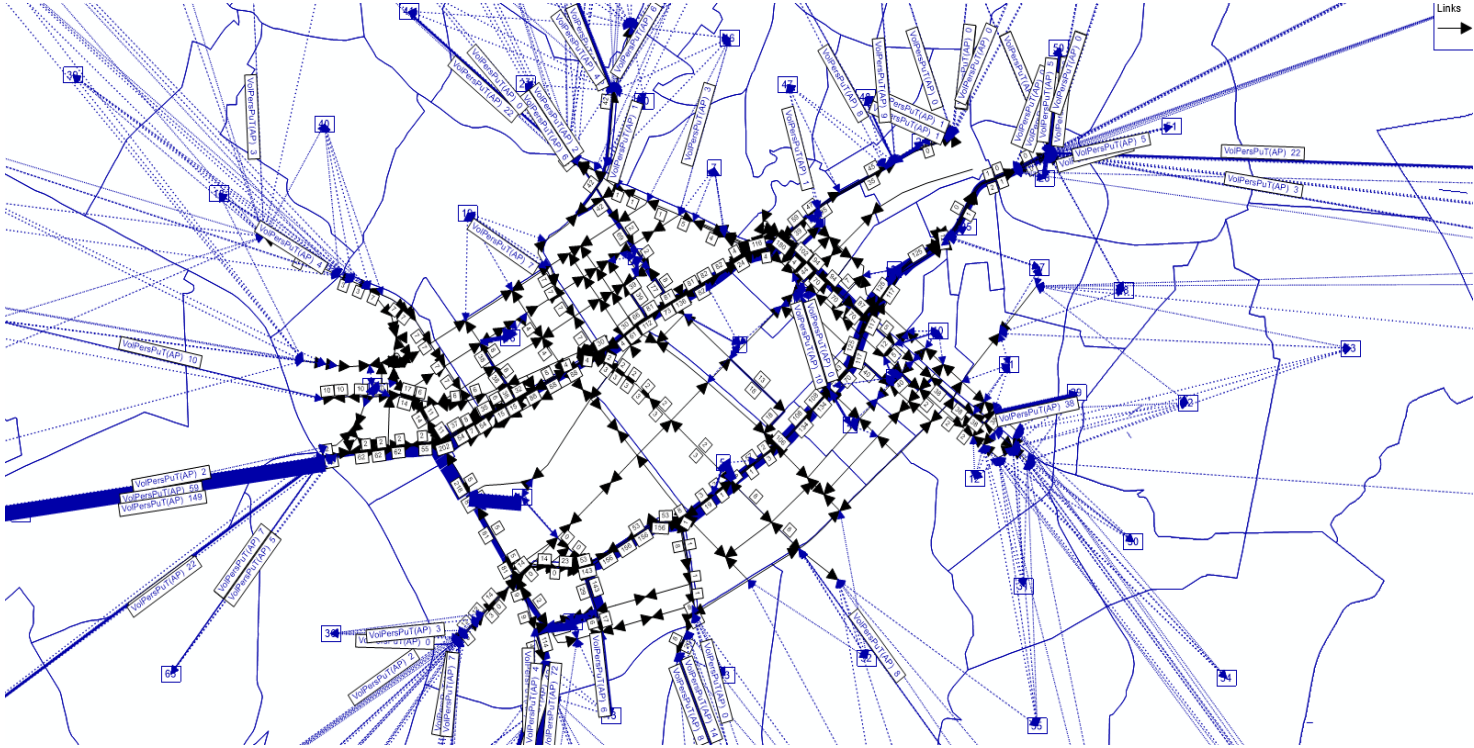
Corredor	Quantidade de PMV's	Exibe Mensagem de Previsão
Pirituba/Lapa/Centro	60	SIM
Campo Limpo/Rebouças/Centro	16	SIM
Parelheiros/Rio Bonito/Santo Amaro	7	NÃO
Santo Amaro/9 de Julho/Centro	58	SIM
Expresso Tiradentes	8	SIM
TOTAL	149	

Fonte: Informe SPTrans, 2009

Macromodelo de Simulação



Macromodelo de Simulação



Macromodelo de Simulação



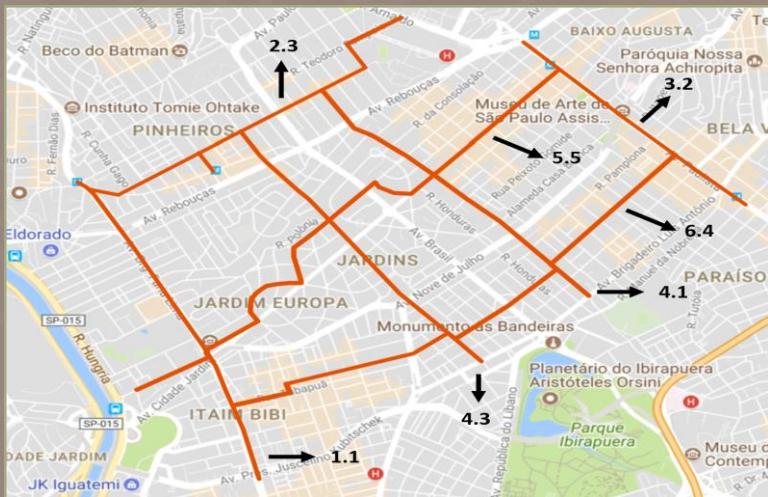
Desenvolvimento de metodologia de escolha de trechos quanto a sua adequabilidade ao sistema cicloviário, baseado nos métodos atuais, com validação por simulação

FIORI, C.; MONTEIRO, J. H. M.;
SHINYE, L. T.; FALLAGUASTA, N. L. (2017)

Resultados e configuração da rede ótima

Classificação	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6
1º	1.1	2.3	3.2	4.1	5.5	6.4
2º	1.4	2.1	3.1	4.2	5.2	6.3
3º	1.2	2.2	3.5	4.3	5.1	6.2
4º	1.3	2.4	3.4		5.3	6.1
5º			3.3		5.4	

Cenário A



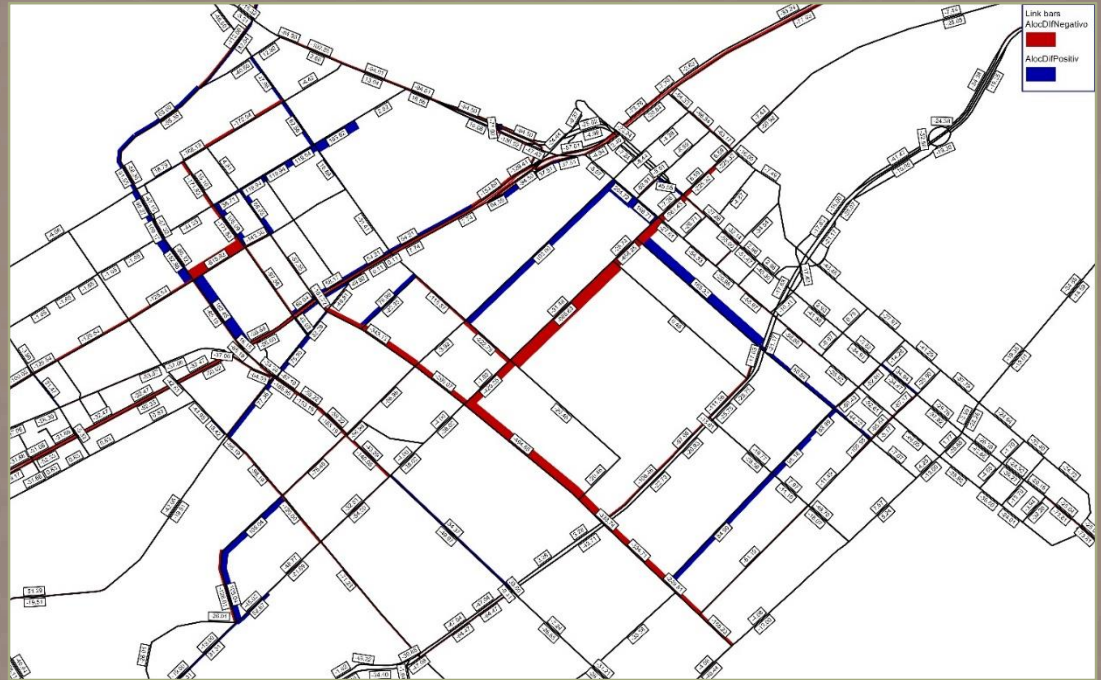
Cenário B



Macrossimulação dos resultados



Alocações dos cenários referencial e A



Diferença entre as alocações dos cenários referencial e A

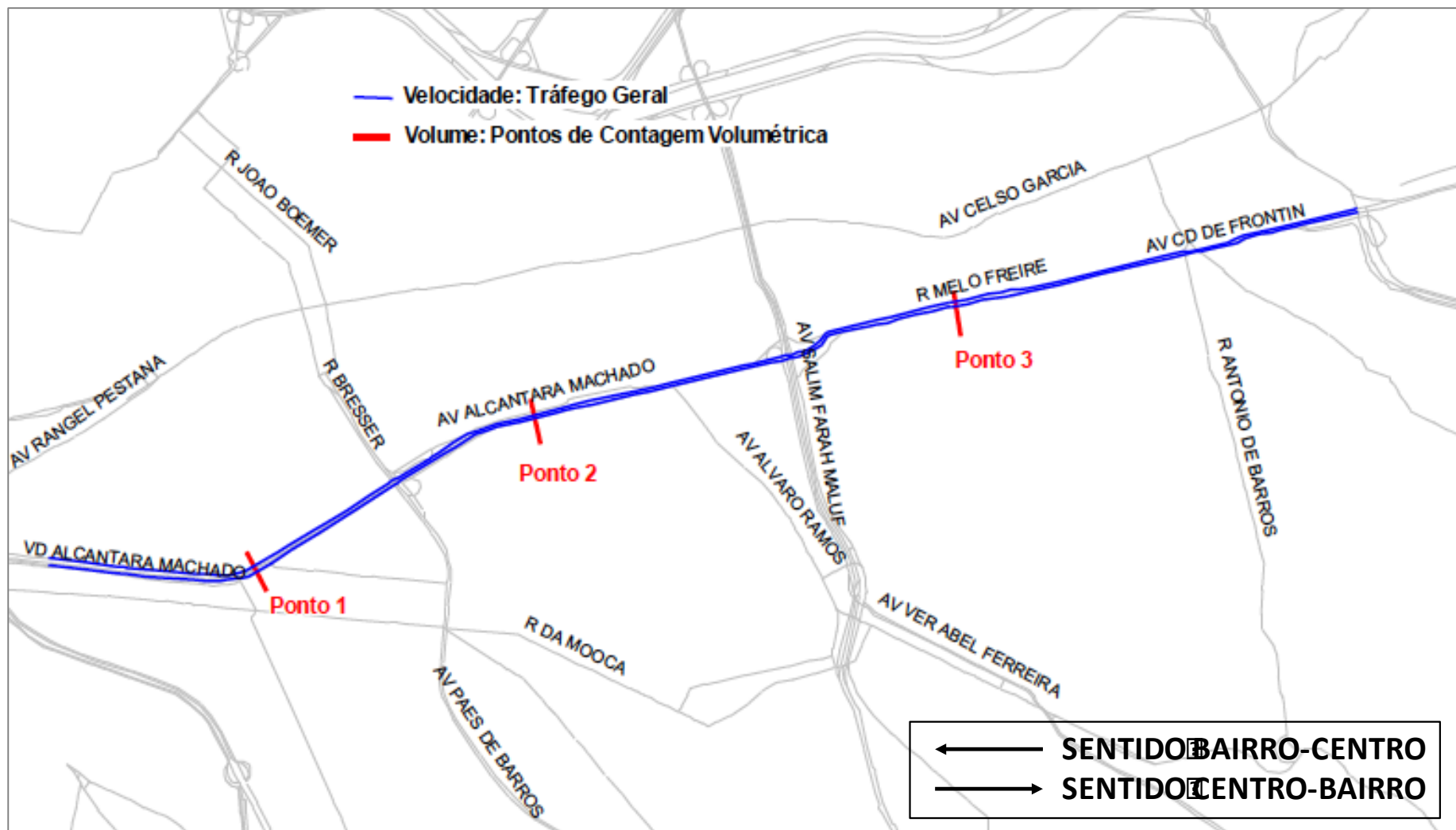
Estudo de Viabilidade e Impactos da Aplicação de Ferramentas ITS em Faixas e Corredores de Ônibus

HOSHINA, L. N. N.; CHIOVETTI, P. B.;
DELUCA, R. S. (2015)



**ESTUDO DE CASO: AV. RADIAL
LESTE**

ROTA 7G

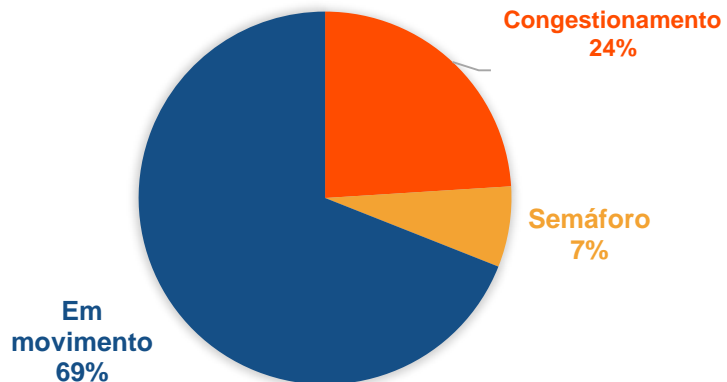


LINHAS QUE PERCORREM TODA A EXTENSÃO DO TRECHO

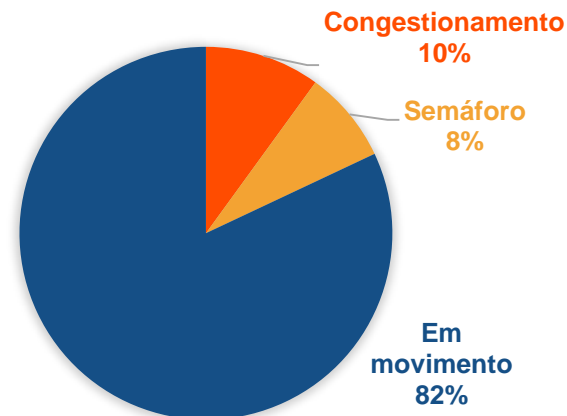
Linha	Nome	2010	2011	2012	2013	2014
1177-31	Term. A. E. Carvalho/Estação da Luz	x	x	x	x	x
3414-10	Vila Dalila/Term. Pq. D. Pedro II	x	x	x	x	x
3459-10	Itaim Paulista/Term. Pq. D. Pedro II	x	x	x	x	x
3459-21	Cemitério da Saudade/Term. Pq. D. Pedro II	x	x	x	x	x
3459-23	Metrô Bresser/Itaim Paulista	x	x	x	x	x
3459-24	Itaim Paulista/Term. Pq. D. Pedro II	x	x	x	x	x
3539-10	Cidade Tiradentes/Metrô Bresser	x	x	x	x	x
3686-10	Jd. São Paulo/Term. Pq. D. Pedro II	x	x	x	x	x
4071-10	Conj. Manoel da Nóbrega/Metrô Bresser	x	x	x	x	x
4310-10	E. T. Itaquera/Term. Pq. D. Pedro II				x	x
4311-10	Term. São Mateus/Term. Pq. D. Pedro II				x	x
4312.10	Jardim Marília/Term. Pq. D. Pedro II				x	x
4313.10	Term. Cid. Tiradentes/Term. Pq. D. Pedro II				x	x
4314-10	Inácio Monteiro/Term. Pq. D. Pedro II				x	x
4315-10	Term. Vila Carrão/Term. Pq. D. Pedro II				x	x

MANHÃ

BAIRRO-CENTRO



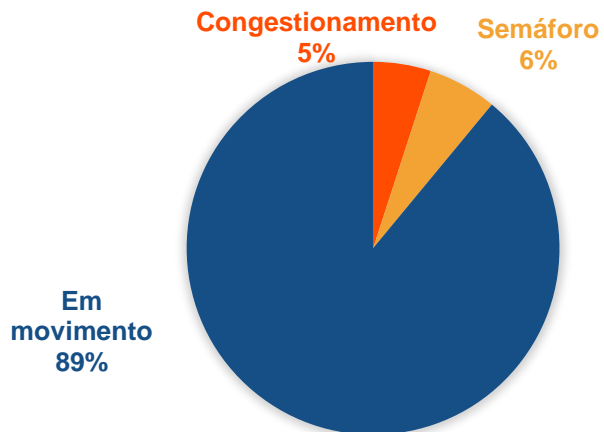
CENTRO-BAIRRO



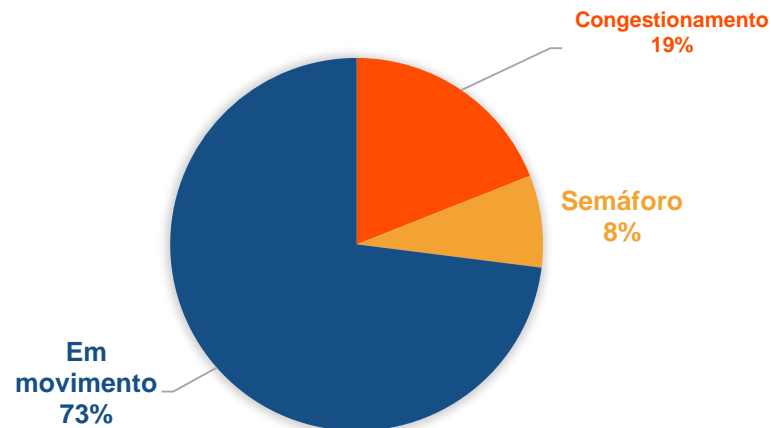
TEMPO DE VIAGEM

TARDE

BAIRRO-CENTRO

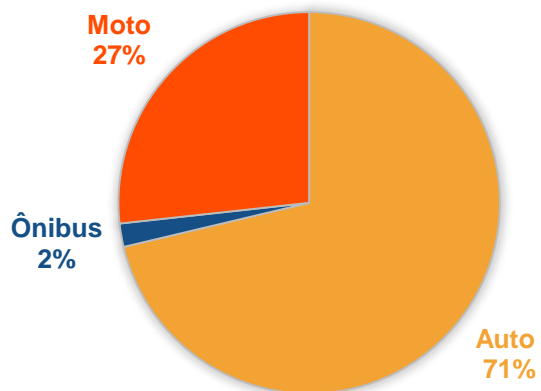


CENTRO-BAIRRO

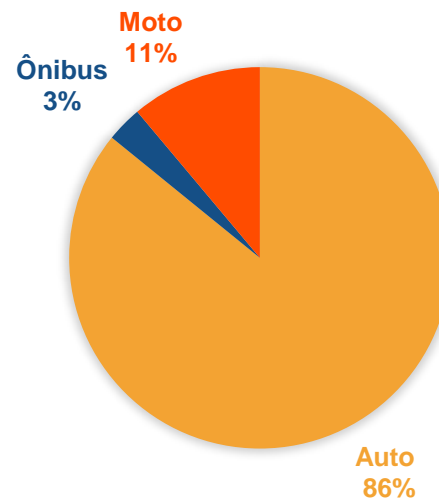


MANHÃ

BAIRRO-CENTRO



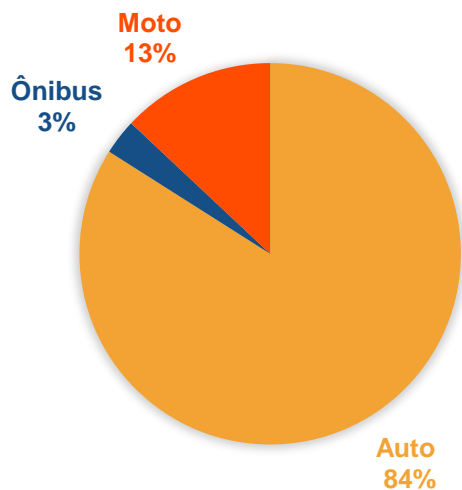
CENTRO-BAIRRO



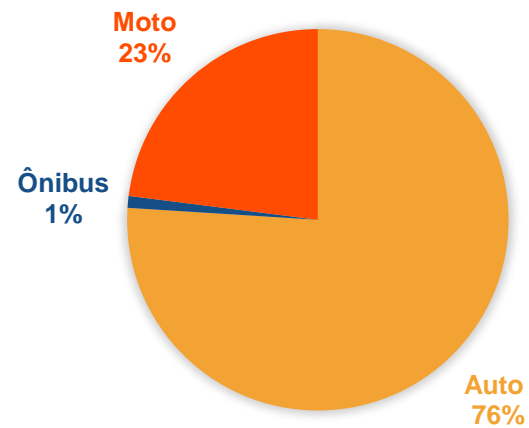
COMPOSIÇÃO

TARDE

BAIRRO-CENTRO

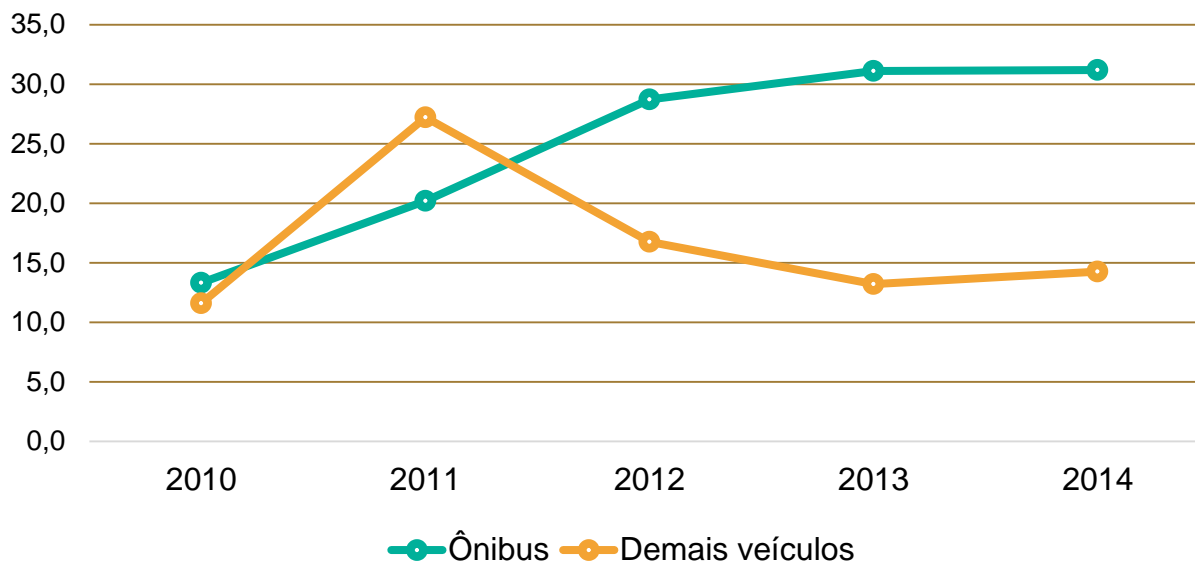


CENTRO-BAIRRO

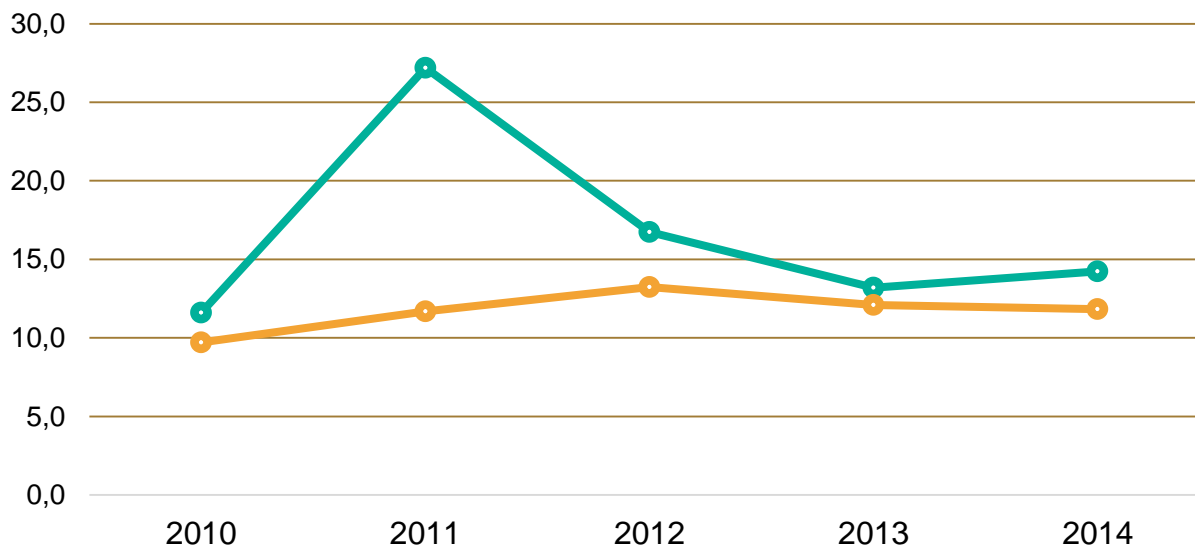


VELOCIDADES ÔNIBUS X AUTOMÓVEIS - TARDE

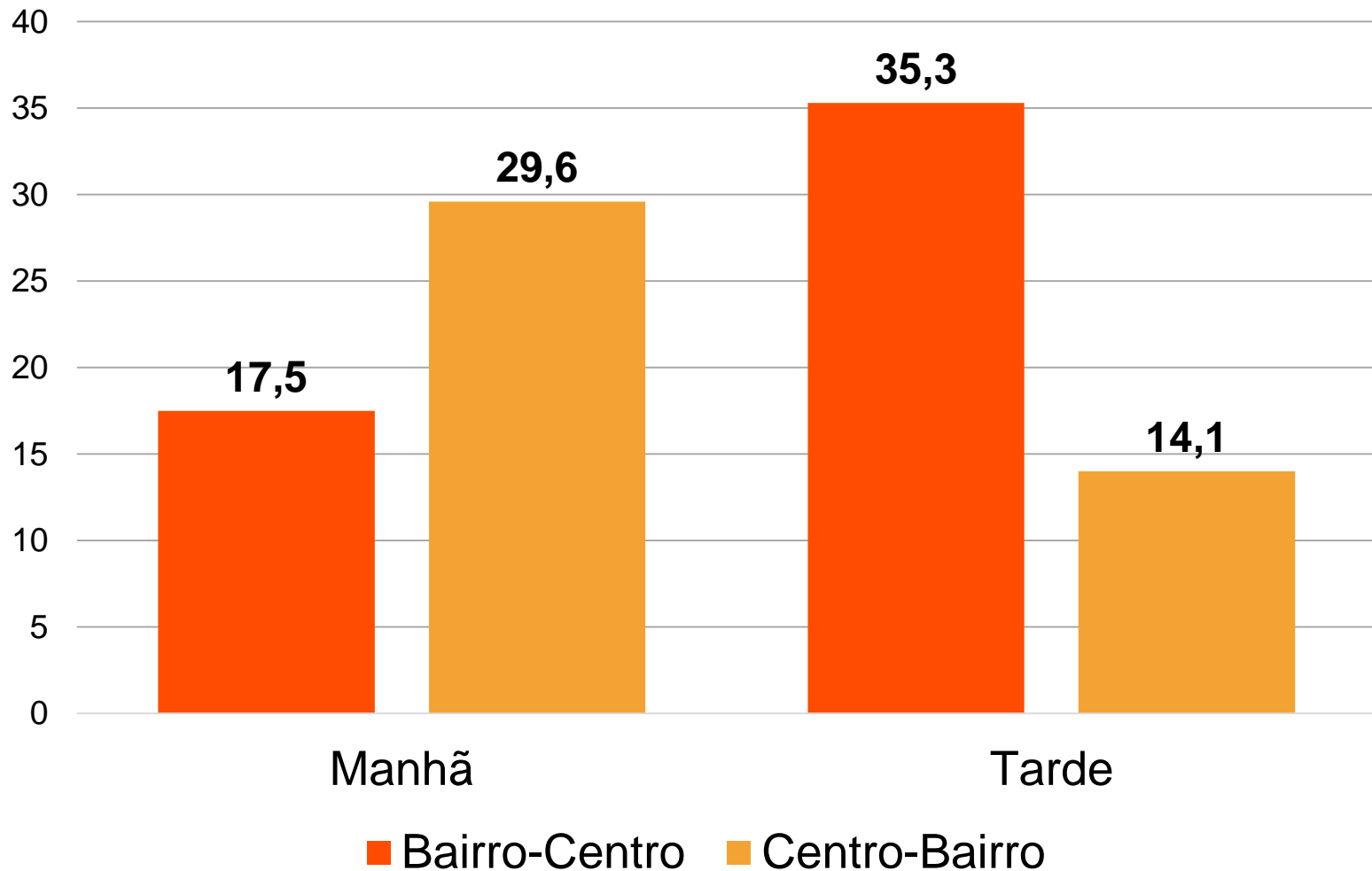
BAIRRO-CENTRO



CENTRO-BAIRRO



VELOCIDADES (2013)



SITUAÇÃO ATUAL

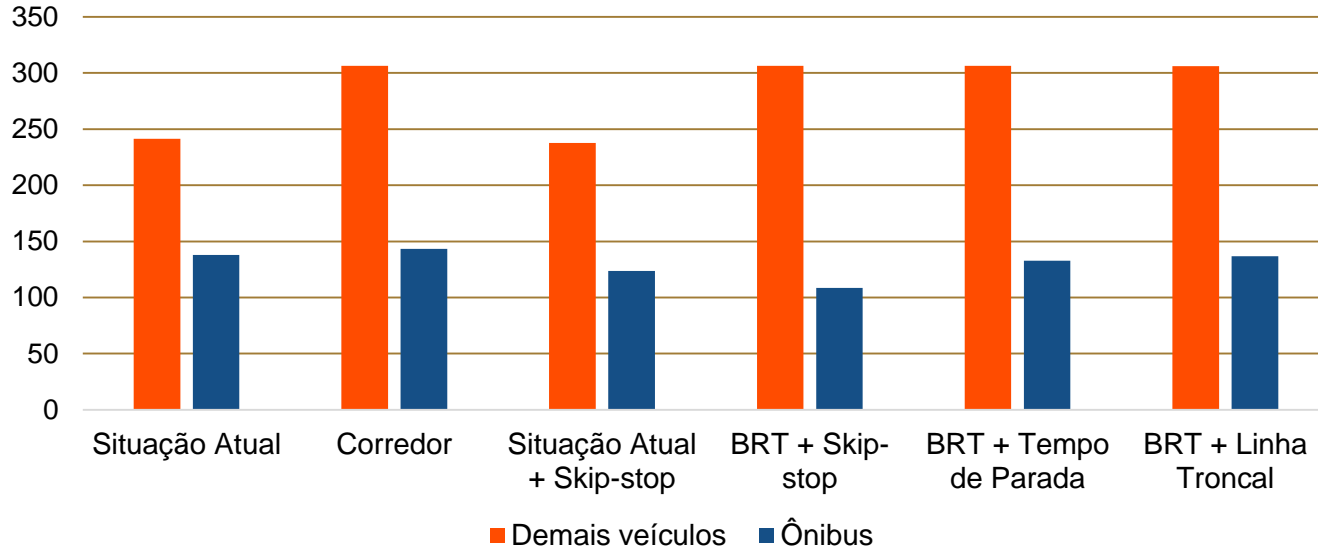


BRT / CORREDOR

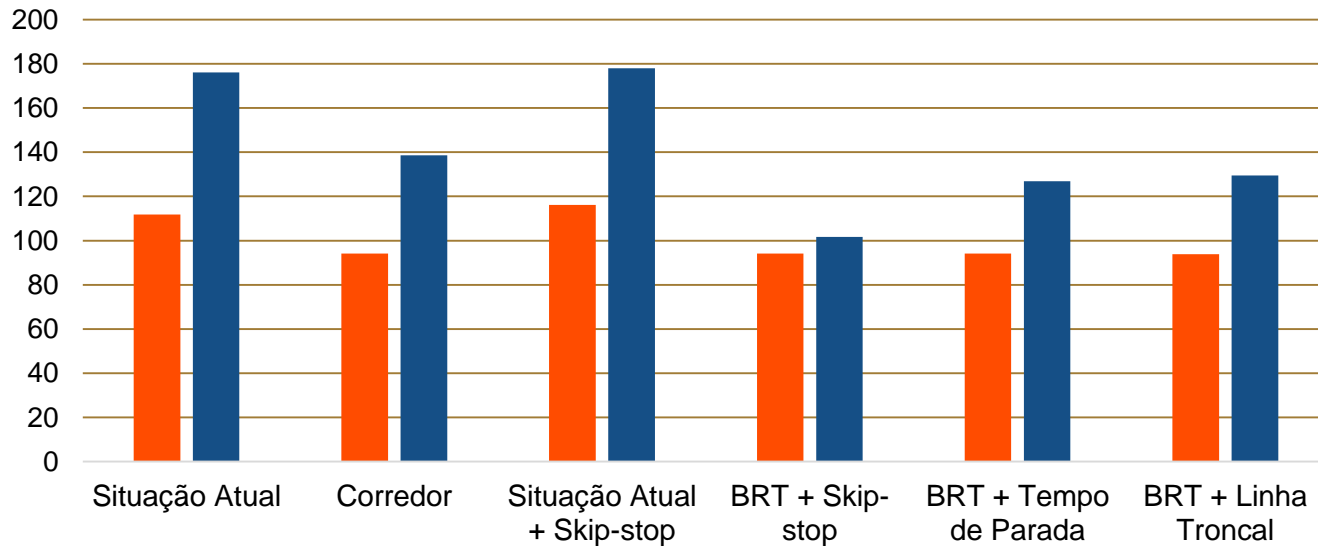


TEMPO DE VIAGEM ÔNIBUS X AUTOMÓVEIS

BAIRRO-CENTRO



CENTRO-BAIRRO



Análise de Comportamento de Operação de Ônibus Urbanos sob o impacto de chuva utilizando as Técnicas de Árvores de Regressão ChAID e Estatística Geográfica

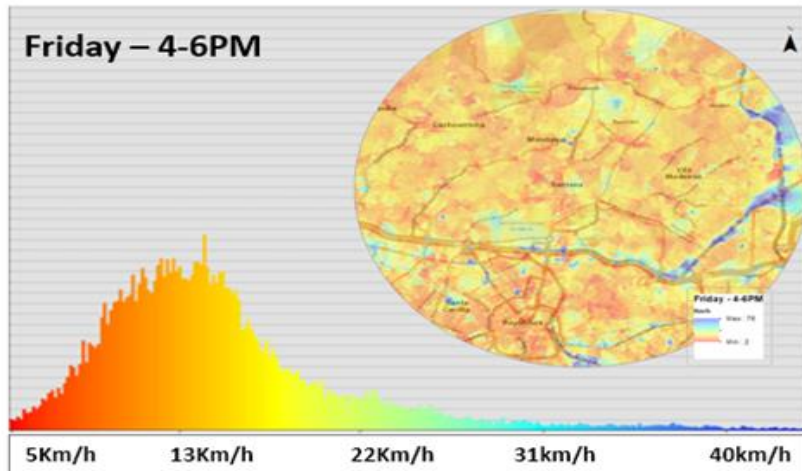
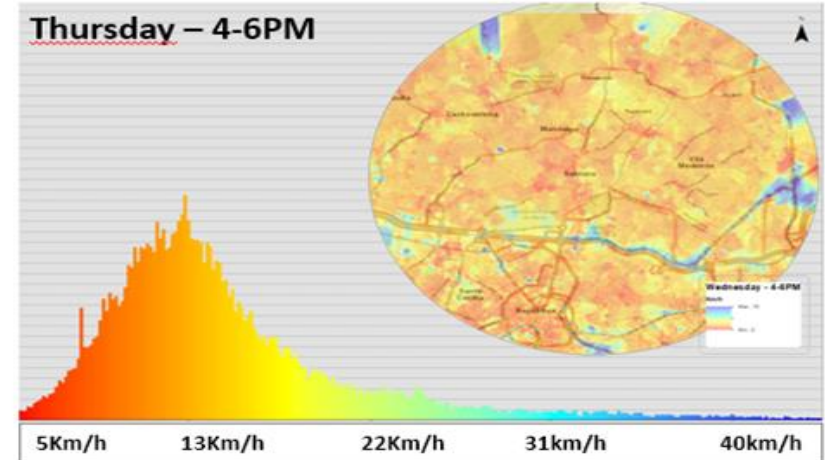
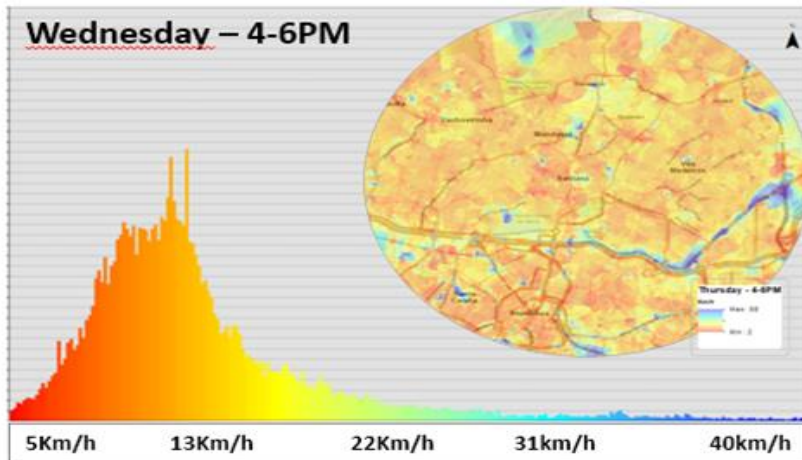
Erick Sobreiro GONÇALVES (2017)

VM dos ônibus urbanos frente à ausência de precipitação de chuva (0 mm de chuva / hora)

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Global Average	Time to time variability
7:00 AM	17,71	18,00	18,17	17,34	17,69	17,78	
8:00 AM	17,81	18,24	18,30	17,61	17,51	17,89	1%
9:00 AM	18,19	18,38	17,88	17,85	17,65	17,99	1%
10:00 AM	18,27	18,32	18,14	17,91	17,56	18,04	0%
11:00 AM	18,00	17,92	17,45	17,35	17,27	17,60	-2%
12:00 AM	17,47	17,47	17,21	16,91	16,94	17,20	-2%
1:00 PM	17,54	17,48	17,07	16,96	16,97	17,20	0%
2:00 PM	17,66	17,88	17,08	17,07	17,18	17,37	1%
3:00 PM	17,53	17,61	16,96	17,02	16,77	17,18	-1%
4:00 PM	17,40	17,48	16,70	16,54	15,77	16,78	-2%
5:00 PM	16,66	17,33	16,69	16,09	15,34	16,42	-2%
6:00 PM	15,93	16,26	15,38	15,40	14,81	15,56	-6%
7:00 PM	17,62	17,70	16,62	17,08	16,06	17,01	9%
8:00 PM	19,63	19,35	19,03	18,89	17,77	18,94	10%
Average	17,67	17,82	17,33	17,14	16,81	17,35	

Superfícies e histogramas das VM dos ônibus urbanos frente à ausência de precipitação de chuva (0 mm de chuva / hora), para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)

Average Speed Kriging Map Peak time comparsion

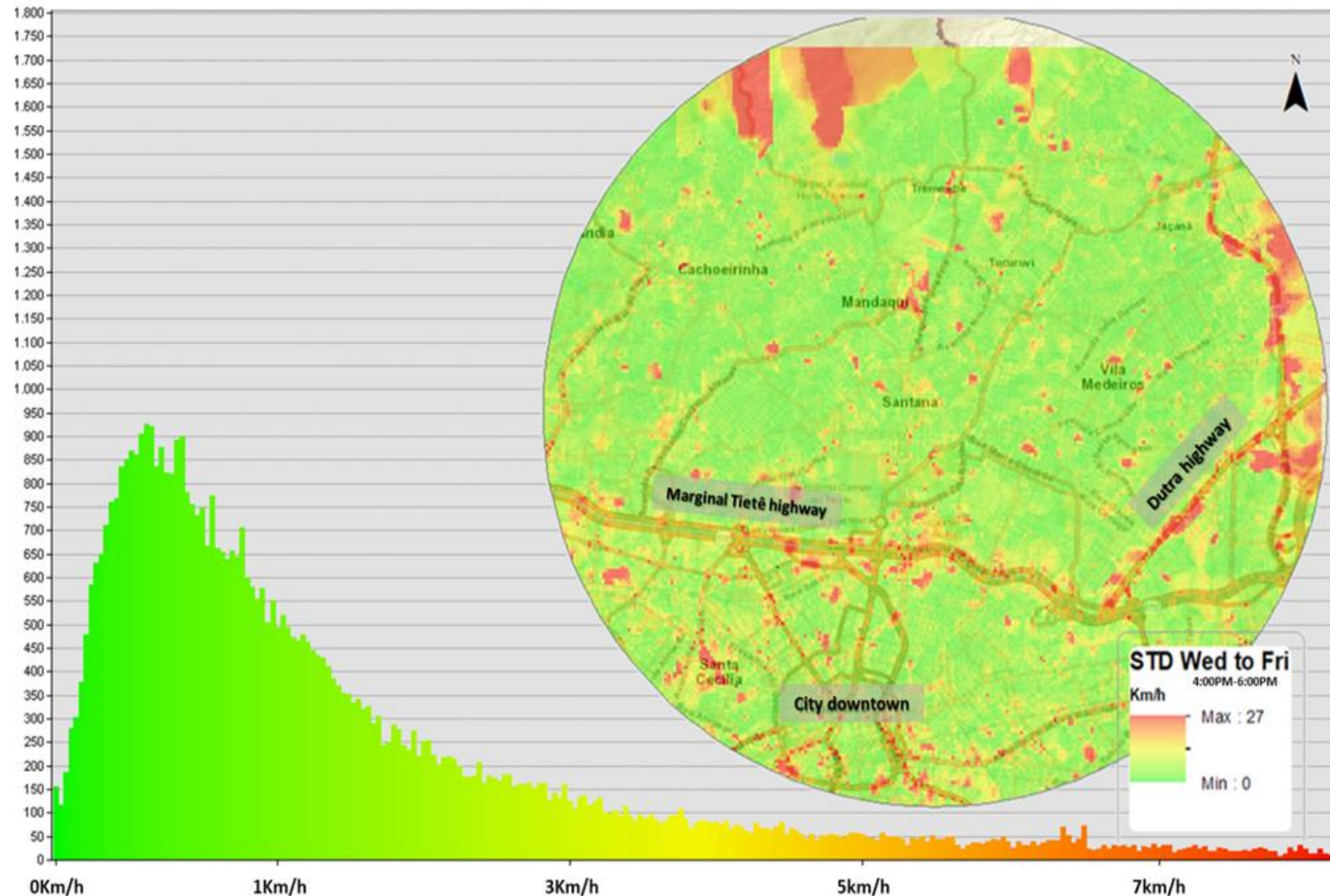


Statistics comparsion

	Min	Max	Mean	Std
Wednesday	2,8	73,9	15,74	7,1
Thursday	2,7	88,3	15,57	6,8
Friday	2,8	76,2	15,56	6,6

Superfície e histograma dos DP das velocidades dos ônibus urbanos frente à ausência de precipitação de chuva (0 mm de chuva / hora), para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)

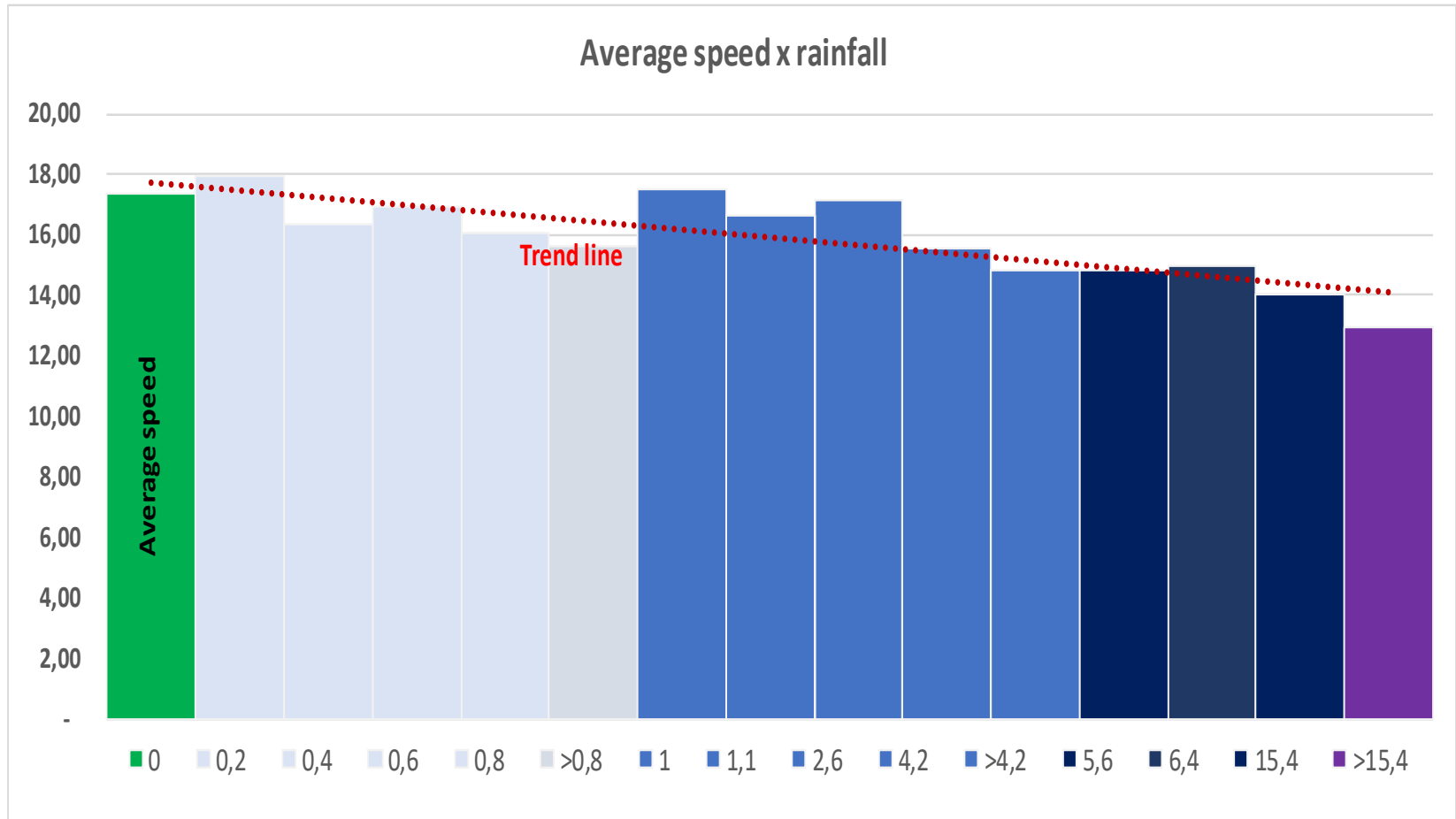
Standard deviation map: 4PM-6PM Wednesday-Friday maps



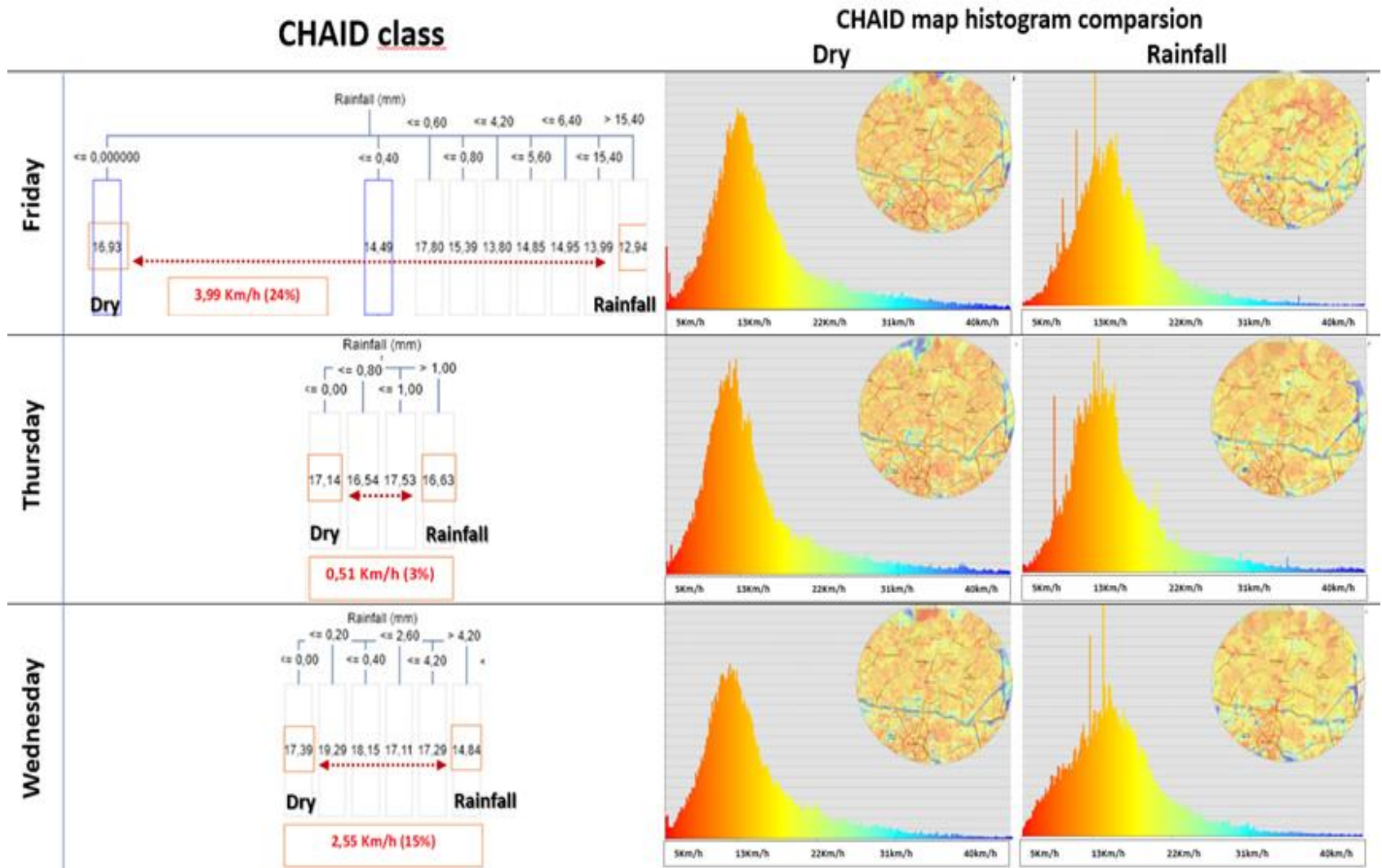
VM dos ônibus urbanos frente à precipitação de chuva (> 0 mm de chuva / hora) [1]

Rainfall	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Average
0	17,67	17,83	17,40	17,14	16,81	17,37
0,2		16,51	19,29			17,90
0,4			18,15		14,49	16,32
0,6		15,99			17,80	16,90
0,8		16,11		16,55	15,39	16,02
>0,8		15,65				15,65
1				17,53		17,53
1,1				16,64		16,64
2,6			17,11			17,11
4,2			17,29		13,80	15,55
>4,2			14,84			14,84
5,6					14,85	14,85
6,4					14,95	14,95
15,4					13,99	13,99
>15,4					12,94	12,94
Average	17,67	16,42	17,35	16,96	15,00	15,91

VM dos ônibus urbanos frente à precipitação de chuva (> 0 mm de chuva / hora) [2]

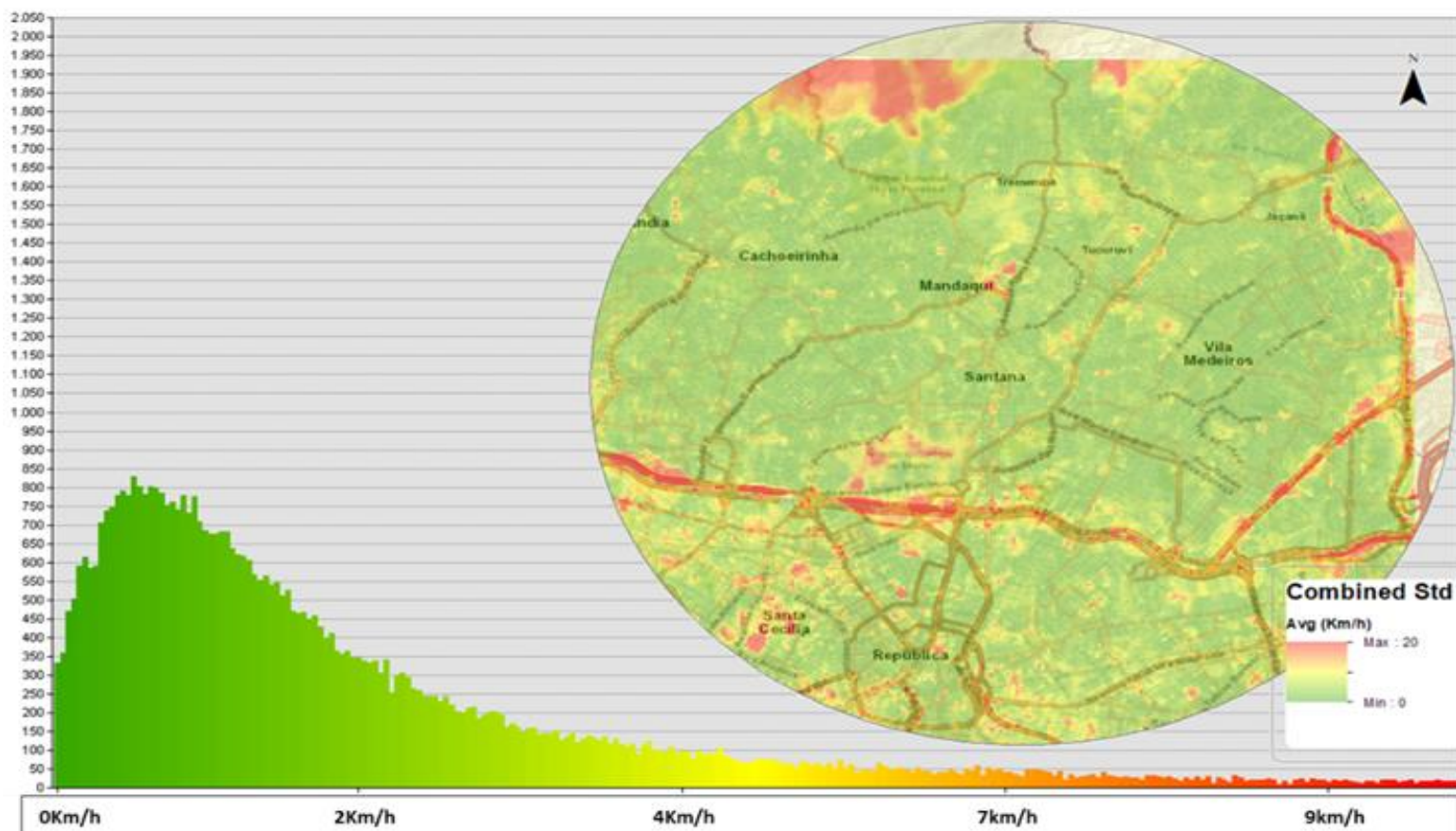


Árvores ChAID, superfícies e histogramas das VM dos ônibus urbanos frente à ausência e com precipitação de chuva, para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)

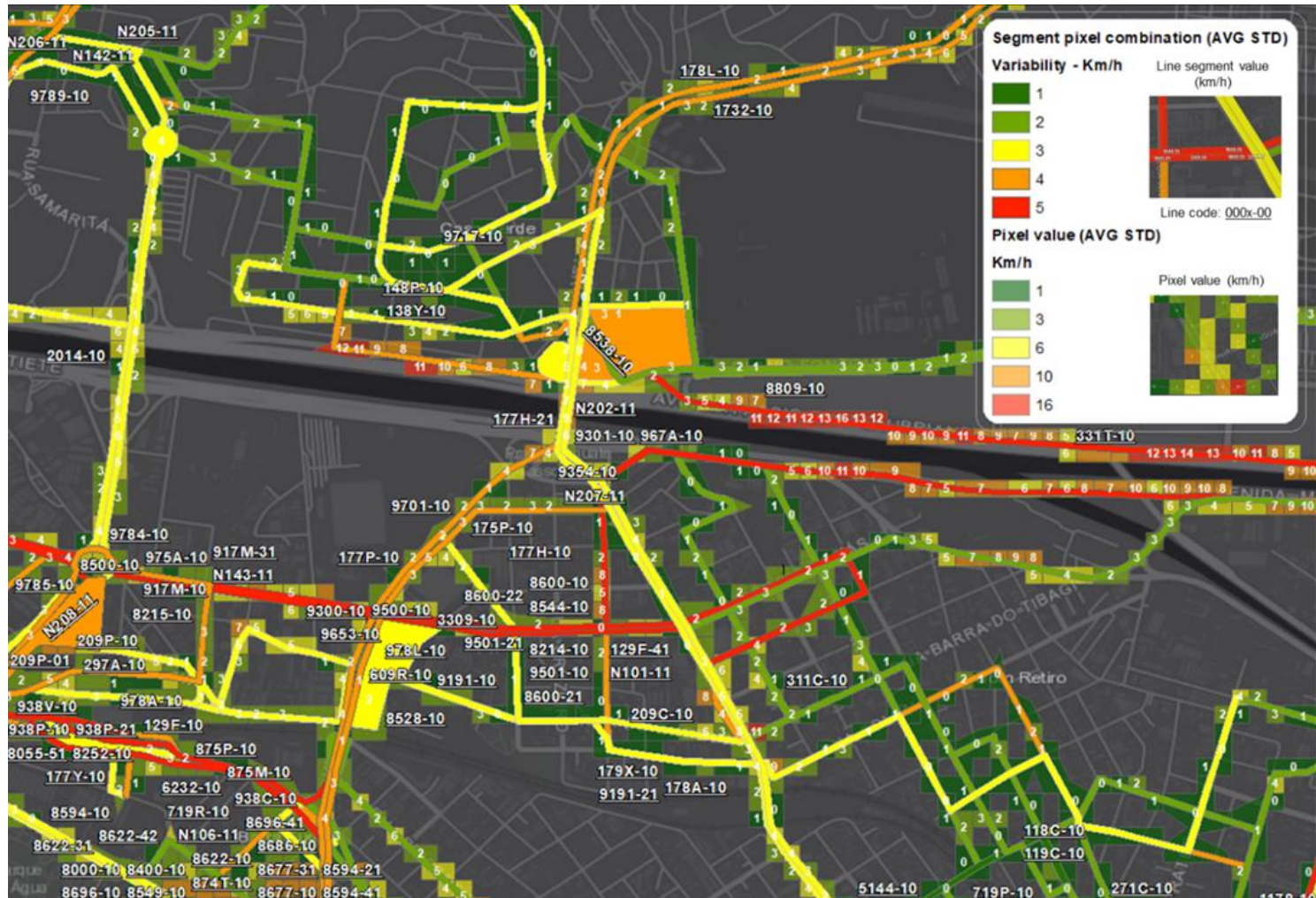


Superfície e histograma dos DP das velocidades dos ônibus urbanos frente à ausência e com a presença de precipitação de chuva para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)

Deviation average map CHAID class standard deviation map



Identificação das linhas de ônibus urbanos e trechos específicos sob o impacto do clima na variabilidade das velocidades

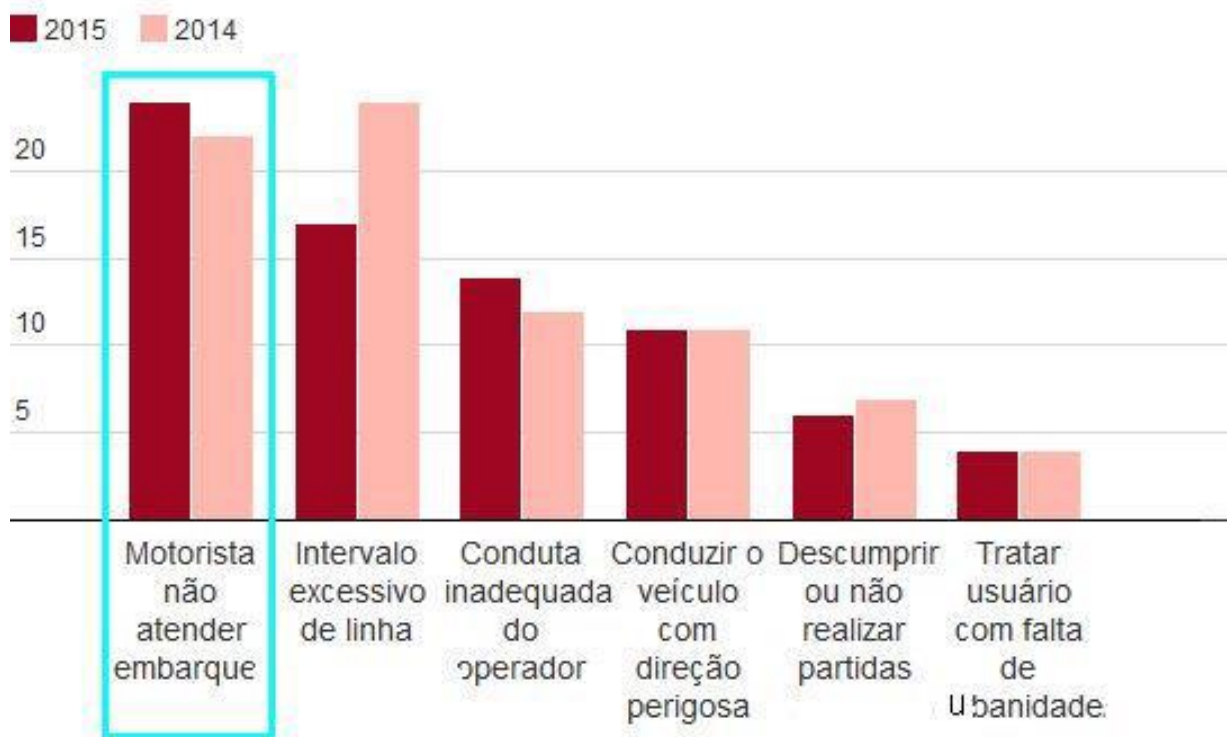


Chamada de ônibus (e-Hailing) utilizando rede de aplicativo móvel

Infográfico do ranking das reclamações na SPTrans em 2014 e 2015

RANKING DAS RECLAMAÇÕES EM 2015 EM %

Fonte: SPTrans



2,9 bilhões

é o número de passageiros transportados pelo sistema de ônibus em 2015

Confira mais infográficos da [Folha](#)

Condições dos usuários em pontos lotados e com chuva tentando visualizar os ônibus

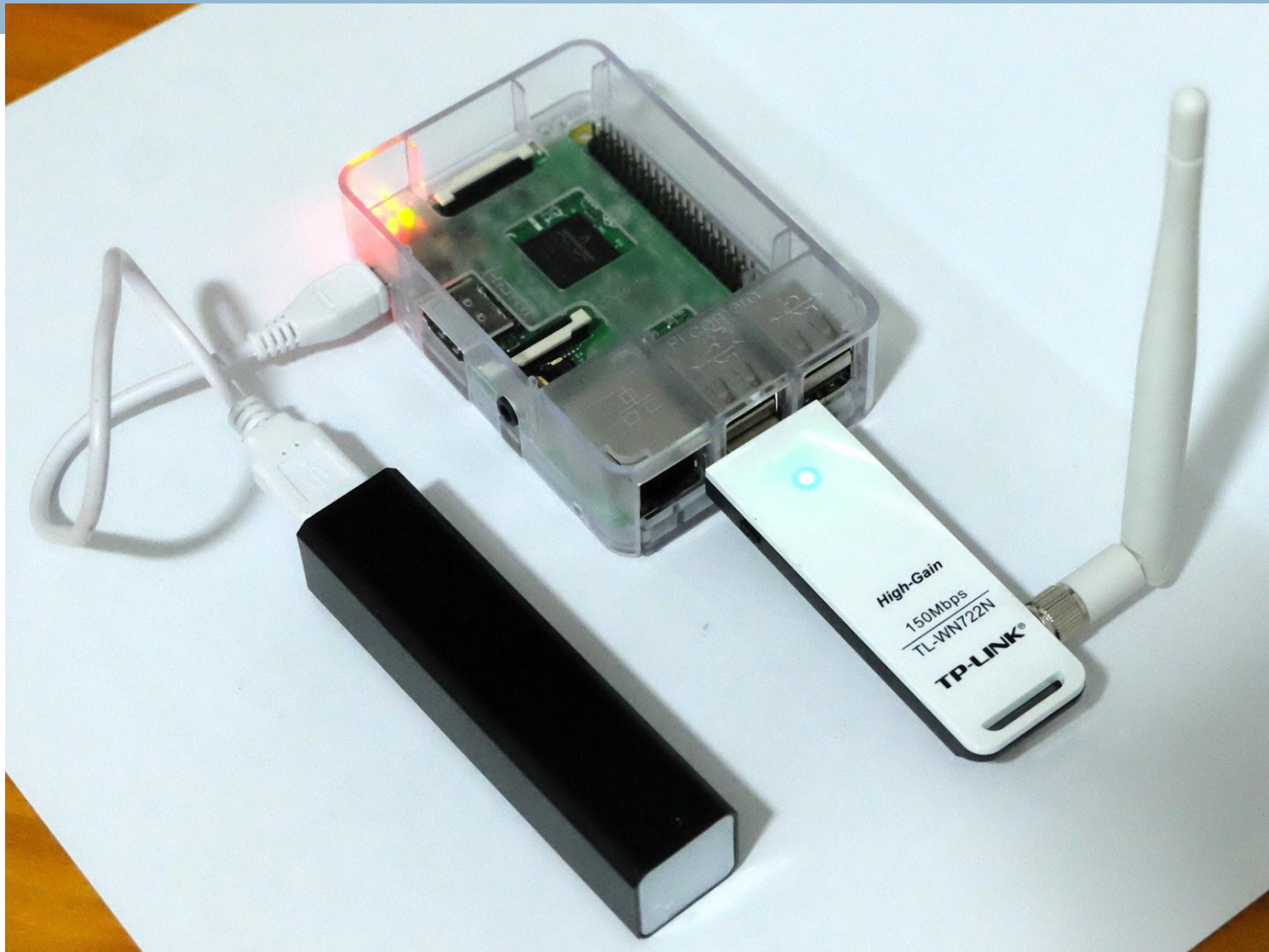


Grupos de Discussão

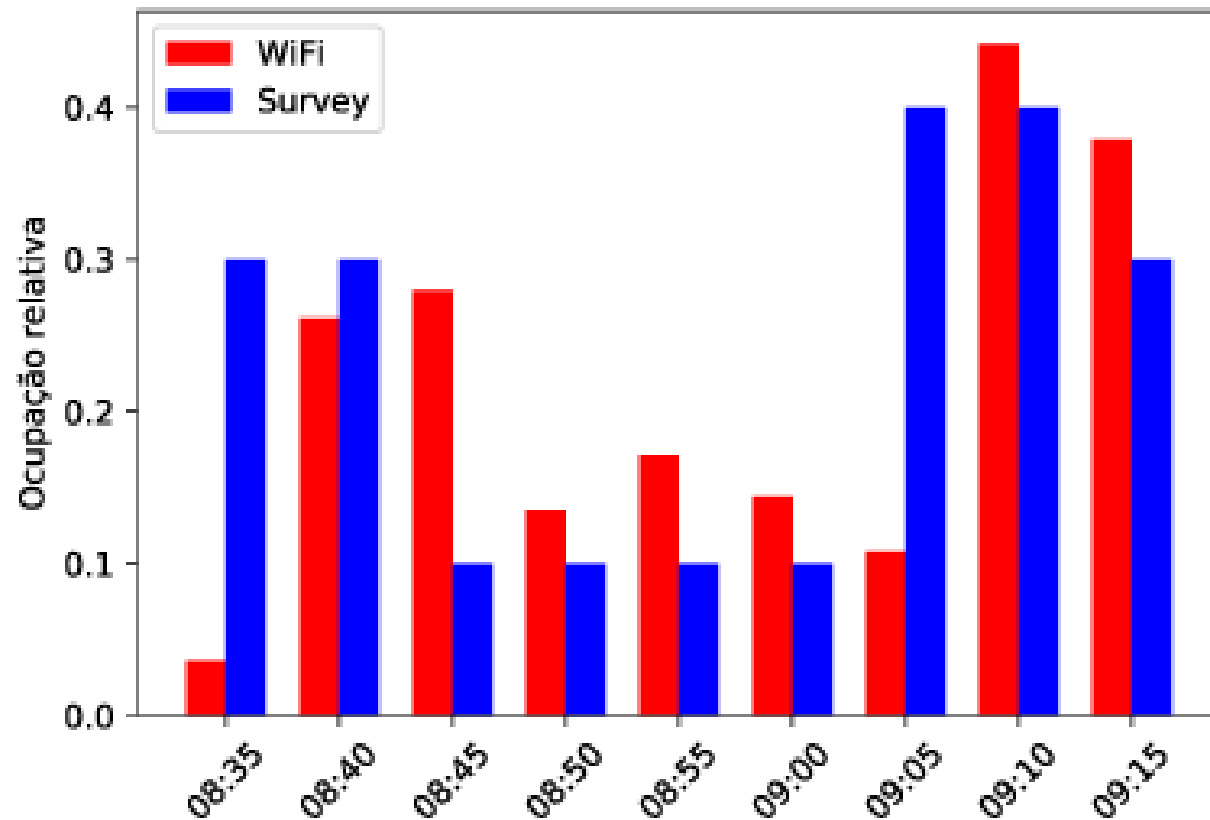
- **Grupo A – Piloto**
 - Composto por uma mistura, sem rigorosa proporcionalidade, dos tipos de passageiros mais numerosos nos ônibus da SPTrans e alguns do grupo de vulneráveis. Deve ser referência inicial para testar o método de pesquisa e a condução das seções. A partir desse grupo poderão ser feitos ajustes para os próximos.
- **Grupo B – Usuários**
 - Grupo de mulheres e homens de diversas idades para discutir as preocupações e utilidades para um grupo não especialmente vulnerável.
- **Grupo C – Vulnerável**
 - Pessoas com deficiência e idosos.
- **Grupo D – Motoristas**
 - Grupo de motoristas para levantar suas impressões sobre a situação atual, como ocorrem as passagens pelos pontos e também para verificar os argumentos acerca do aplicativo.

Estimativa da ocupação de
veículos por tecnologias sem fio e
dispositivos móveis - uma
aplicação no transporte urbano de
passageiros por ônibus

Prototipo do APC com antena *WiFi* e bateria externa



Dados emparelhados da ocupação: provindos do sensor e observados



Simulação e Análise do Fluxo de Pedestres em Terminais

MARTIN, B. M.; SANTIAGO, J. M.;
ALILL, L. V.; SOUZA, L. F. (2017)

Terminal Pinheiros



Calibração e validação

VARIÁVEIS DA CALIBRAÇÃO										
Walking Behavior :	Tau	ReactToN	ASocIso	BSocIso	Lambda	AsocMean	BSocMean	VD	Noise	SidePref
	0,2	3	5	0,7	0,176	0,4	2,8	3	1,2	None
Walking Behavior nas escadas:	Tau	ReactToN	ASocIso	BSocIso	Lambda	AsocMean	BSocMean	VD	Noise	SidePref
	0,05	2	2,72	0,2	0,176	0,4	2,8	3	1,2	None
Desired Speed :	5 km/h +- 0,5									
Desired Speed nas escadas :	1.5 km/h									
Velocidade das escadas (m/s) :	Escada 0	0,75	Escada 1	0,75	Escada 2	0,75	Escada 3	0,7	Escada 4	0,8

Ajuste na
velocidade
desejada

	ROTAS	TRAVEL TIMES (seg)		MEDIDO / SIMULADO (%)
		MEDIDOS	SIMULADOS	
DESCENDO	Trajeto na passarela	48	56	86
	Fim da passarela até escada 5	23	23	98
	Escada 4	20	23	85
	Até escada 3	25	23	110
	Escada 3	30	31	96
	Até escada 2	21	20	107
	Escada 2	30	30	99
	Até escada 1	55	48	115
	Escada 1	30	31	96
	Até escada 0	13	11	113
SUBINDO	Escada 0	20	23	87
	Até escada 1	32	29	110
	Escada 1	30	31	97
	Até escada 2	53	62	85
	Escada 2	30	32	94
	Até escada 3	26	29	89
	Escada 3	30	30	99
	Até escada 4	29	25	115
	Escada 4	20	23	87
	Até início da passarela	26	29	89
Trajeto na passarela	47	54	87	

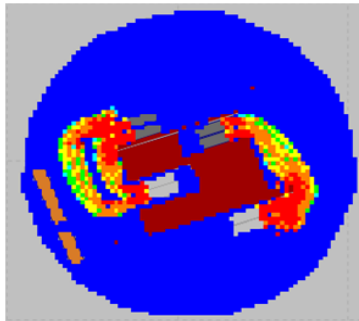
Terminal Pinheiros: Cenário 2017



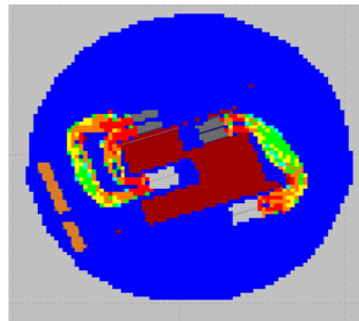
Terminal Pinheiros: Cenário 2030



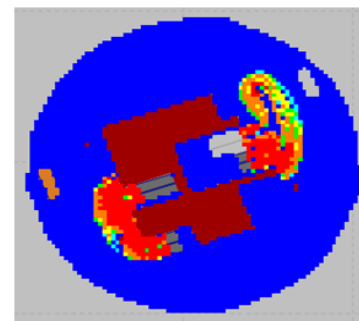
Comparação de cenários



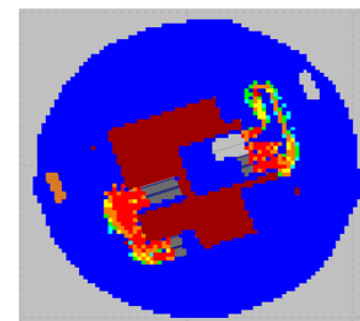
(A)



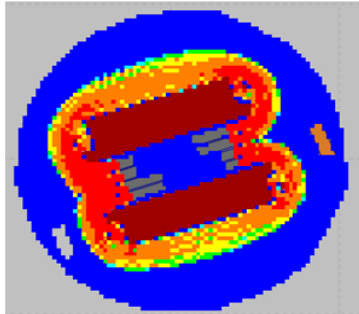
(B)



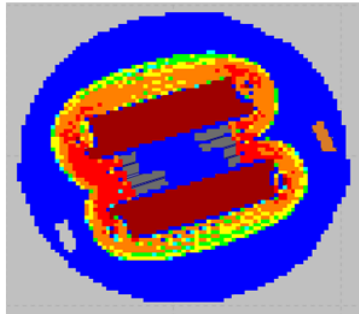
(A)



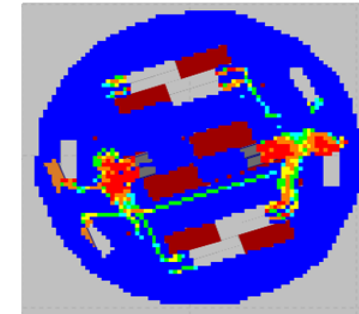
(B)



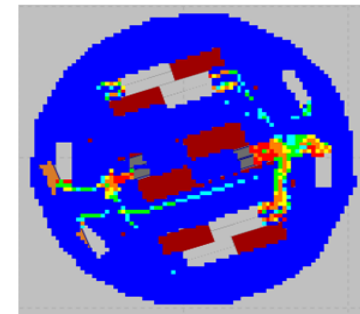
(A)



(B)









(A)



(B)

(A) 2030
(B) 2017

Nível de Serviço	Pessoas / m ²	
A	0 - 0,308	
B	0,308 - 0,431	
C	0,431 - 0,718	
D	0,718 - 1,07	
E	1,07 - 2,153	
F	>2,153	

Gestão de Cidades

Aula 15/10/18: Mobilidade Inteligente

ATMS

Gerenciamento de Tráfego

ITMS: **Intelligent** (Advanced) Traffic Management Services

AHS: Advanced Highway Services

Objetivos

- ❑ **ITS visa endereçar respostas nas seguintes áreas de aplicações:**
 - ❑ Multimodalidade de viagem: informações ao usuário
 - ❑ Operações na “rede de transportes”
 - **Gerenciamento de Tráfego**
 - Gerenciamento do Transporte Público de Rota Fixa (TPC)
 - ❑ Operação de Veículos
 - Outras frotas, exceto o TPC de “rota fixa”
 - Mobilidade e conectividade da carga
 - ❑ Atividades de coordenação e resposta relacionadas à emergências e desastres
 - ❑ Estratégias de tarifação variável para (cargas) e viagens pessoais

14813 -1: Arquitetura(s) de modelo de referência para o setor de ITS



14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

Arquitetura de referência de ITS

2. Operações e gerenciamento de tráfego

2.1 Gerenciamento e controle de tráfego

2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte

2.3 Gerenciamento de demanda

2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

2.5 Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

Operações e gerenciamento de tráfego (Traffic Management) :

Serviços/funções envolvidas

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego**
 - ▣ Traffic Management and Control (AUTROADS)
 - ▣ Traffic Control (CANADA)
- **Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte**
 - ▣ Incident Management (AUTROADS / CANADA)
- **Gerenciamento de demanda**
 - ▣ Demand Management (AUTROADS)
 - ▣ Travel Demand Management (CANADA)
- **Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte**
 - ▣ Infrastructure Maintenance Management (AUSTROADS)
- **Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito**
 - ▣ Policing / Enforcing Traffic Regulations (AUTROADS)
 - ▣ Automated Dynamic Warning and Enforcement (CANADA)
 - ▣ Emissions Testing And Mitigation (CANADA)

Operações e gerenciamento de tráfego: (ITS CANADA)

Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Definição da Funcionalidade [**PROPÓSITO** (o que é ?)]:
- O Serviço de Gerenciamento e Controle do Fluxo de Tráfego prevê a integração e **controle adaptativo das vias** para:
 - ▣ melhorar o fluxo de tráfego
 - ▣ minimizar o congestionamento
 - ▣ maximizar o movimento de pessoas e bens
 - ▣ dar **preferência para o transporte público** e outros veículos de alta ocupação (HOV)

Operações e gerenciamento de tráfego: (ABNT/ISO 14813-1)

Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Definição da Funcionalidade [**PROPÓSITO** (o que é ?)]:
 - Principais estratégias de controle:
 - **variação**, em tempo real, **do sincronismo dos sinais de trânsito** (semáforos) → **TSP** (prioridade ao HOV)
 - **controle responsivo do tráfego** das entradas em rampa para autoestradas/vias expressas → **Ramp Metering**
 - **controle de velocidade variável** (variação da velocidade máxima permitida ou da direção do tráfego) em tempo real, com relação:
 - ao volume de tráfego
 - existência ou formação de congestionamento
 - a ocorrência de incidentes ou condições ambientais adversas

Operações e Gerenciamento de Tráfego: Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- **Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos (Gerais na Operação)**
 - Quanto a **eficiência dos sistemas de controle dos semáforos**, o UTC **SCOOT**, que foi amplamente usado no Reino Unido e em vários países, inclusive no Brasil (São Paulo)
 - Faz ininterruptas pequenas mudanças nos tempos dos semáforos, baseado em informações em real tempo do fluxo do tráfego
 - Algumas versões do sistema introduziram muitas características que possibilitaram à autoridade local influenciar nos tempos dos semáforos
 - **Estudos detalhados na Europa mostraram que em média o SCOOT reduziu os atrasos em 12%, se comparados com planos fixos de tempo**
 - **Outros estudos em Londres mostraram que houve uma redução de 8% nos tempos de jornada**

Operações e Gerenciamento de Tráfego: Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Impactos Medidos (Gerais na Operação)
- Eficiência dos sistemas de controle dos semáforos (UTC SCOOT)
 - ▣ No projeto PROMPT, o TPU utilizou os sistemas de controle de tráfego avançado UTC - SCOOT e o UTOPIA/SPOT em Londres, Turim e Gothenburg
 - Os resultados obtidos em Londres foram:
 - **Atraso de ônibus: 22%-33%**
 - **Tempos de jornada: 7%-8%**
 - **Variação na demora de ônibus: 6%-25%**
 - Os impactos medidos, com a aplicação dos Sistemas de **Prioridade ao TPU** em Gothenburg, chegaram às diminuições dos seguintes parâmetros:
 - **Parada de Veículo: 23,3%**
 - **Consumo de Combustível: 5%**
 - **Emissões de CO₂, NO_x e CO: 4% a 5%**

Contribuição metodológica para aplicação de prioridade semafórica condicional em corredores de ônibus

LUCIANO Peron (2015)

CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA APLICAÇÃO DE PRIORIDADE SEMAFÓRICA CONDICIONAL EM CORREDORES DE ÔNIBUS

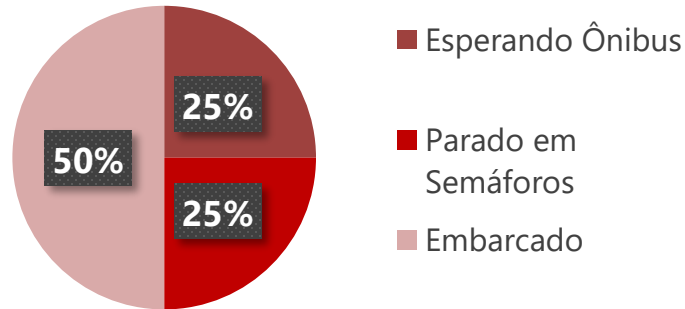
□ <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-05112015-103715/pt-br.php>

OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Segundo a Pesquisa de Imagem do Transporte 2012, produzida pela Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, **os tempos de percurso nos ônibus não são percebidos positivamente pelos usuários!**

Segundo Whately (2012), os principais retardamentos nos corredores de ônibus são causados, principalmente, devido à **espera nos pontos de parada e nos semáforos.**

Distribuição dos tempos de viagem



Adaptado de Whately (2012)

Esta pesquisa investiga priorização do transporte público coletivo e seus impactos nos modos não priorizados, por meio da prioridade semafórica com uso de microssimulação.

REFERENCIAL TEÓRICO

Constituído de 3 blocos:

Medidas de prioridade para o transporte público coletivo:

Principais características e aplicações.

Sistemas Inteligentes de Transportes:

Arquitetura, sistemas de prioridade semaforica e medidas de desempenho.

Microssimulação: Características do Software.

REFERENCIAL TEÓRICO

Medidas de prioridade para o ônibus:

Principais características e aplicações.

- ✓ A prioridade para o ônibus nem sempre requer investimentos diretos. Medidas **que restringem o uso do automóvel podem colaborar para a melhoria do desempenho dos ônibus** (FOURSQUARE INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING; NATIONAL BUS RAPID TRANSIT INSTITUTE, 2011).
- ✓ Quando o sistema como um todo se encontra congestionado, as medidas de priorização proporcionam aumento da velocidade média e, portanto, tendem a reduzir os tempos de viagem, **tornado o Sistema mais atrativo** (FERRONATTO, 2002).
- ✓ **Quanto maior o grau de separação em relação ao tráfego geral, maior o controle sobre a movimentação dos ônibus.**



Avenida 23 de Maio em São Paulo



Avenida W. Luis em São Paulo

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

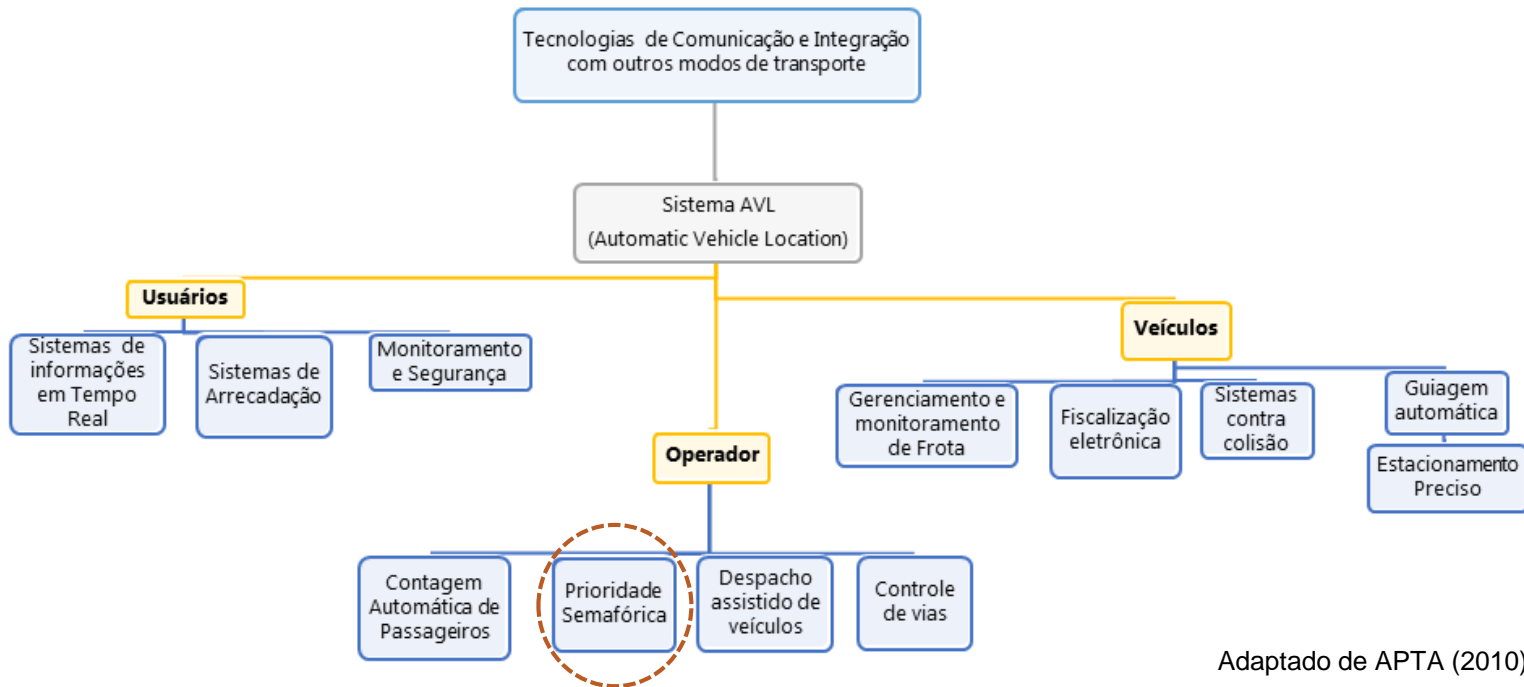
Arquitetura, sistemas de prioridade semafórica e medidas de desempenho.

Os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) abrangem uma ampla gama de tecnologias de comunicação e controle que, sendo estas integradas na infraestrutura do sistema de transporte, ajudam no monitoramento e gerenciamento do trânsito, na redução dos congestionamentos, na provisão de rotas alternativas aos usuários, melhoramento da produtividade e ao final, geram economias de vidas, tempo e dinheiro para a sociedade (ALBORNOZ, 2005).

São necessários três componentes (**atores**) para que as funcionalidades ITS possam ser aplicadas:

VEÍCULO, USUÁRIO, OPERADOR.

(APTA, 2010)



Adaptado de APTA (2010)

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Formas de Controle Semafórico

Isolado	Coordenado	Centralizado (controle por área)
<p>Atuação independente dos semáforos</p> <p>Não há necessariamente sincronismo</p>	<p>Coordenação do tráfego conforme parâmetros:</p> <p>Tempo de verde</p> <p>Tempo de ciclo</p> <p>Vias arteriais (onda verde)</p>	<p>Opera com 3 estratégias:</p> <p><u>Tempo fixo</u>: Planos semafóricos são implantados de acordo com uma tabela horária.</p> <p><u>Seleção dinâmica</u>: Planos semafóricos armazenados num computador que seleciona a programação mais adequada conforme o fluxo da via. Requer detectores.</p> <p><u>Tempo Real</u>: Planos semafóricos são ajustados dinamicamente conforme a demanda de veículos capturada pelos detectores. Planos são continuamente ajustados. Duas estratégias de prioridade: Passiva e Adaptativa.</p>

(CUNTO E LOUREIRO, 2011)

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Formas de Prioridade Semafórica:

Prioridade Adaptativa (ativa)

Tipo de estratégia mais difundida nos Estados Unidos e demonstrou impactos positivos quanto a qualidade dos serviços prestados (Li *et al.*, 2010).

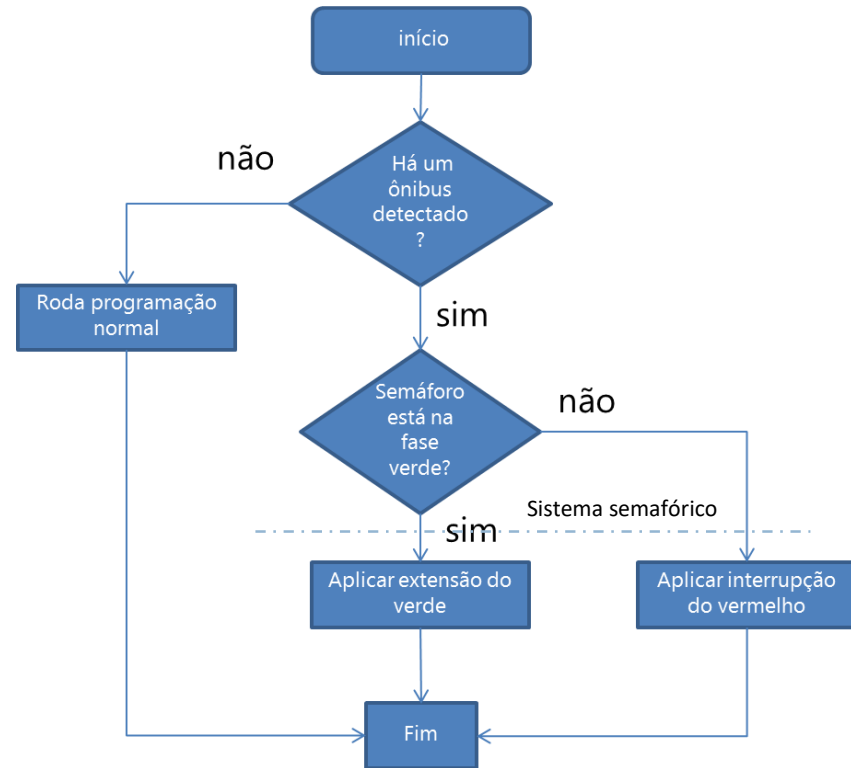
Dois algoritmos:

Incondicional e Condicional

Prioridade Ativa Incondicional

Nenhuma restrição de variáveis de controle, sendo também conhecida como prioridade absoluta.

- Riscos: Prioridade para veículos que não precisam: aderentes à programação, fora de serviço ou de outros sistemas (USDOT e FTA, 2008).
- Pode causar sérios impactos nas vias não priorizadas.



EKEILA, SAYED, ESAWEY, (2009)

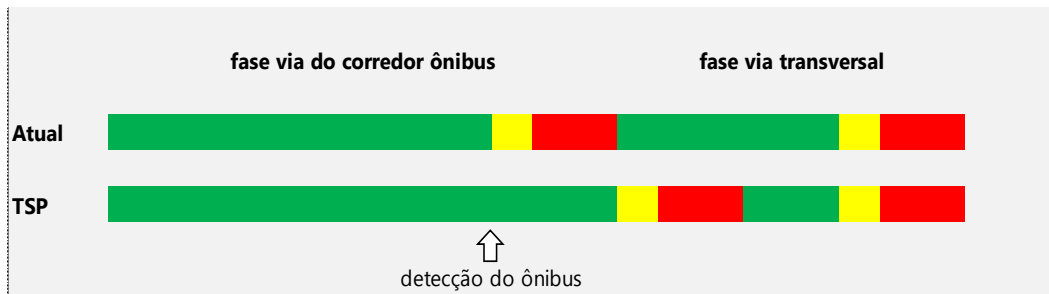
REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

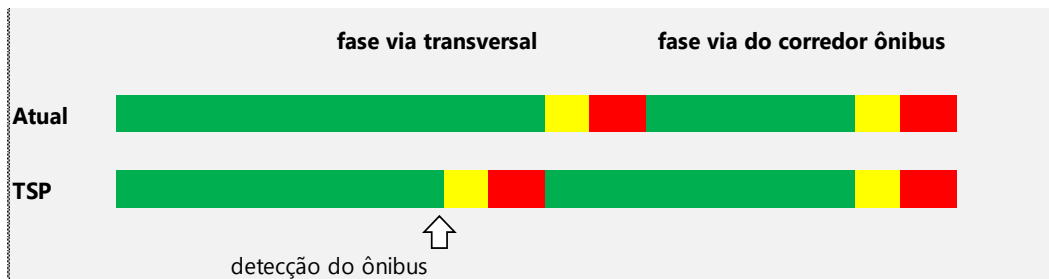
Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Estratégias de Prioridade Semafórica

Extensão do verde:



Interrupção do vermelho ou
antecipação do verde:



(ALEMÁN, 2013)

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Prioridade Ativa Condicional:

Conceitos fundamentais:

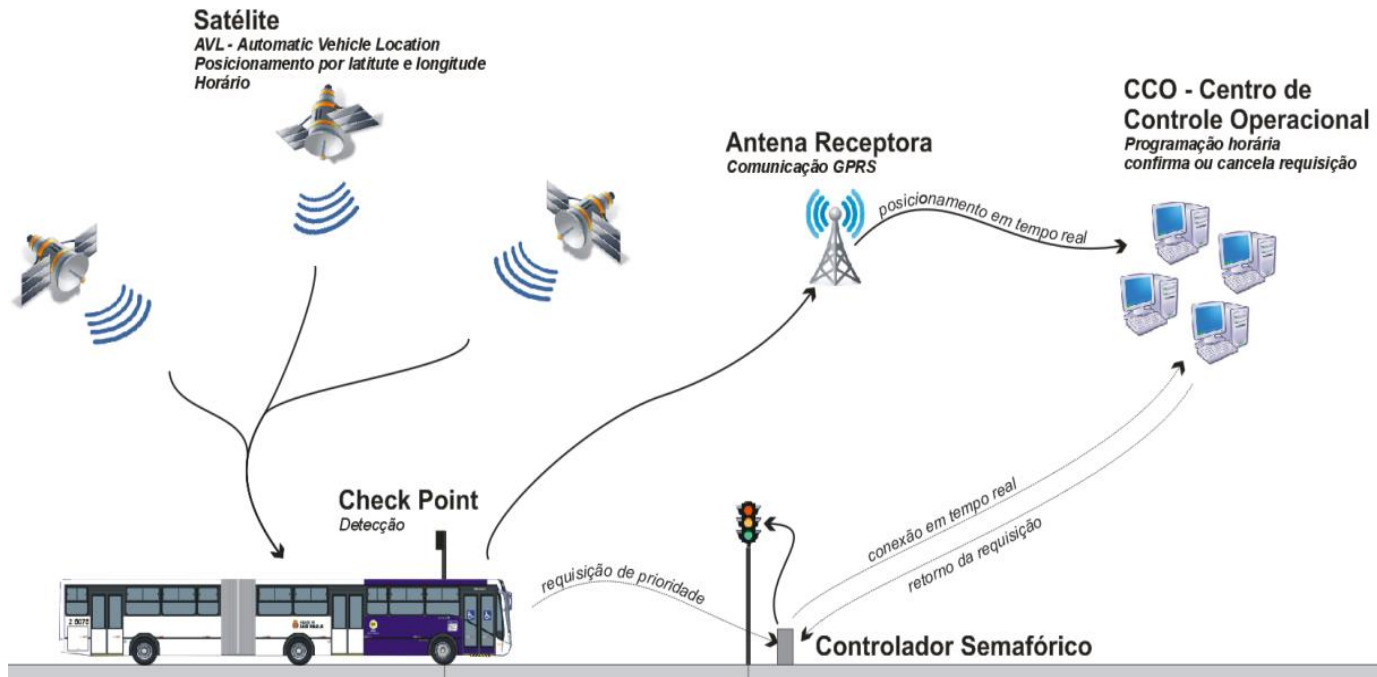
- ✓ Evita impactos negativos para a corrente do tráfego não priorizado (FURTH E MULLER, 2002);
- ✓ Deve-se limitar a frequência de prioridade para ônibus (USDOT e FTA, 2008);
- ✓ Gerar prioridade apenas para os veículos que atendam critérios pré-estabelecidos, tais como: aderência à programação horária ou ocupação de passageiros nos veículos;
- ✓ Integração do controle semafórico em tempo real a sistemas de informação e identificação/localização automática de veículos (*AVI/AVL - Automatic Vehicle Identification / Automatic Vehicle Location*) para propor um sistema de prioridade inteligente.

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Prioridade Ativa Condicional



Adaptado de ITS America (2005)

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Prioridade Ativa Condicional:

Ex: Portland, EUA.

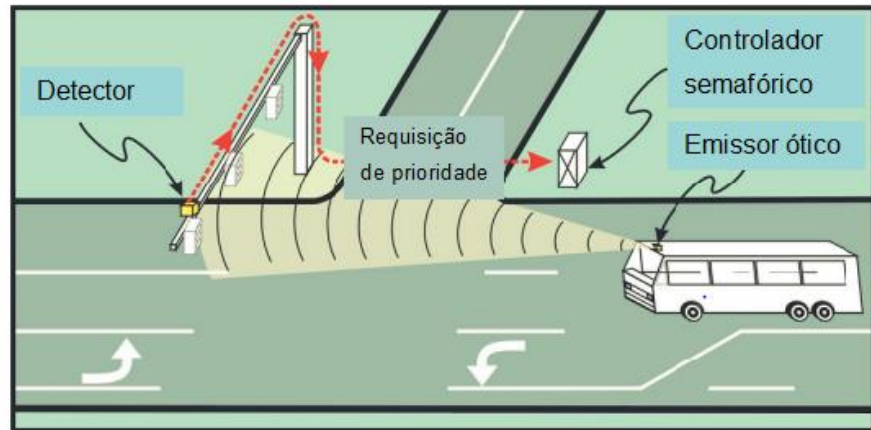
Características:

- ✓ 8 corredores;
- ✓ 250 interseções;
- ✓ 650 veículos;

Condicionantes do TSP:

- ✓ Apenas veículos pertencentes ao sistema municipal;
- ✓ Veículos em operação regular;
- ✓ Com as portas fechadas;
- ✓ Atraso mínimo: 30 segundos
- ✓ Extensão dos tempos de verde: 7 a 10 segundos

Arquitetura do TSP em Portland, EUA



Adaptado de Gardner *et al.* (2009)

REFERENCIAL TEÓRICO

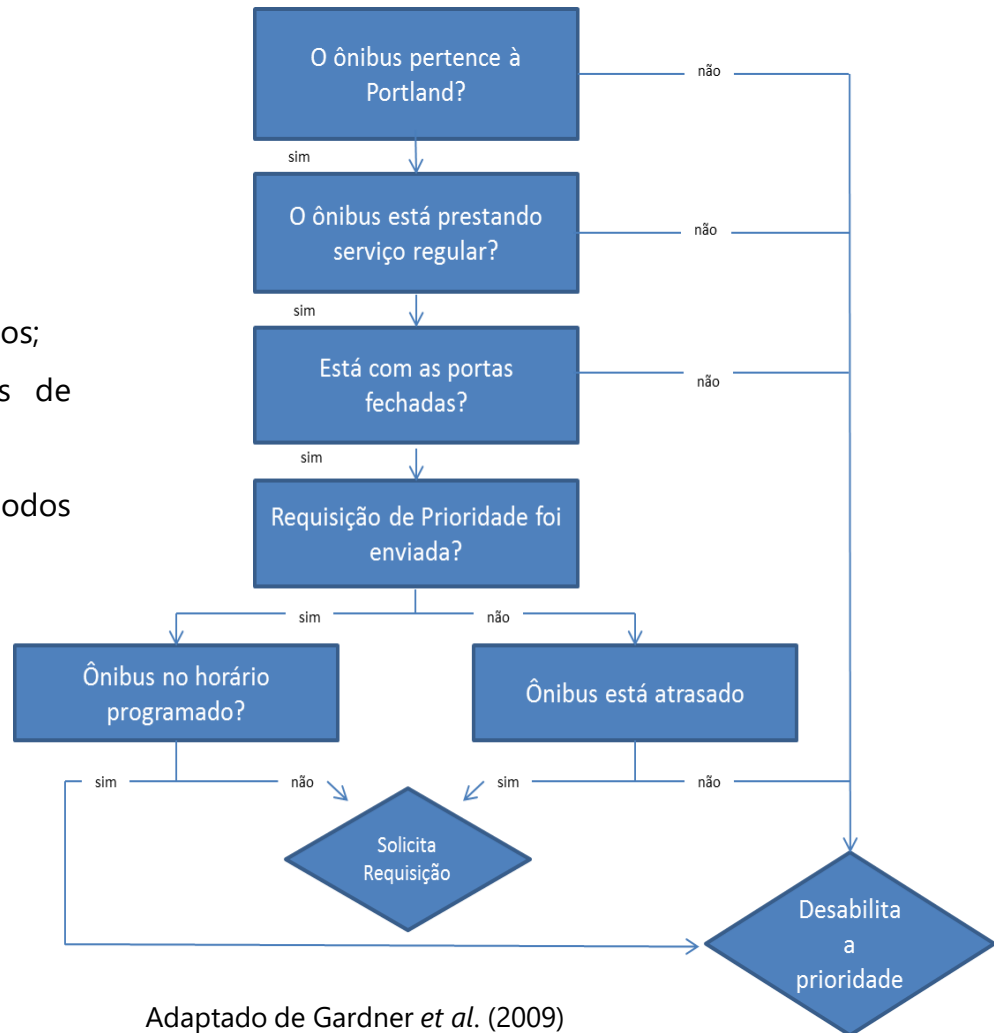
Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Prioridade Ativa Condicional: Exemplo de Portland, EUA.

Resultados:

- ✓ 14% de redução dos tempos de viagem;
- ✓ Redução dos atrasos entre 2 e 13 segundos;
- ✓ Redução da variabilidade dos tempos de viagem;
- ✓ Impactos pouco significativos para os modos não priorizados.

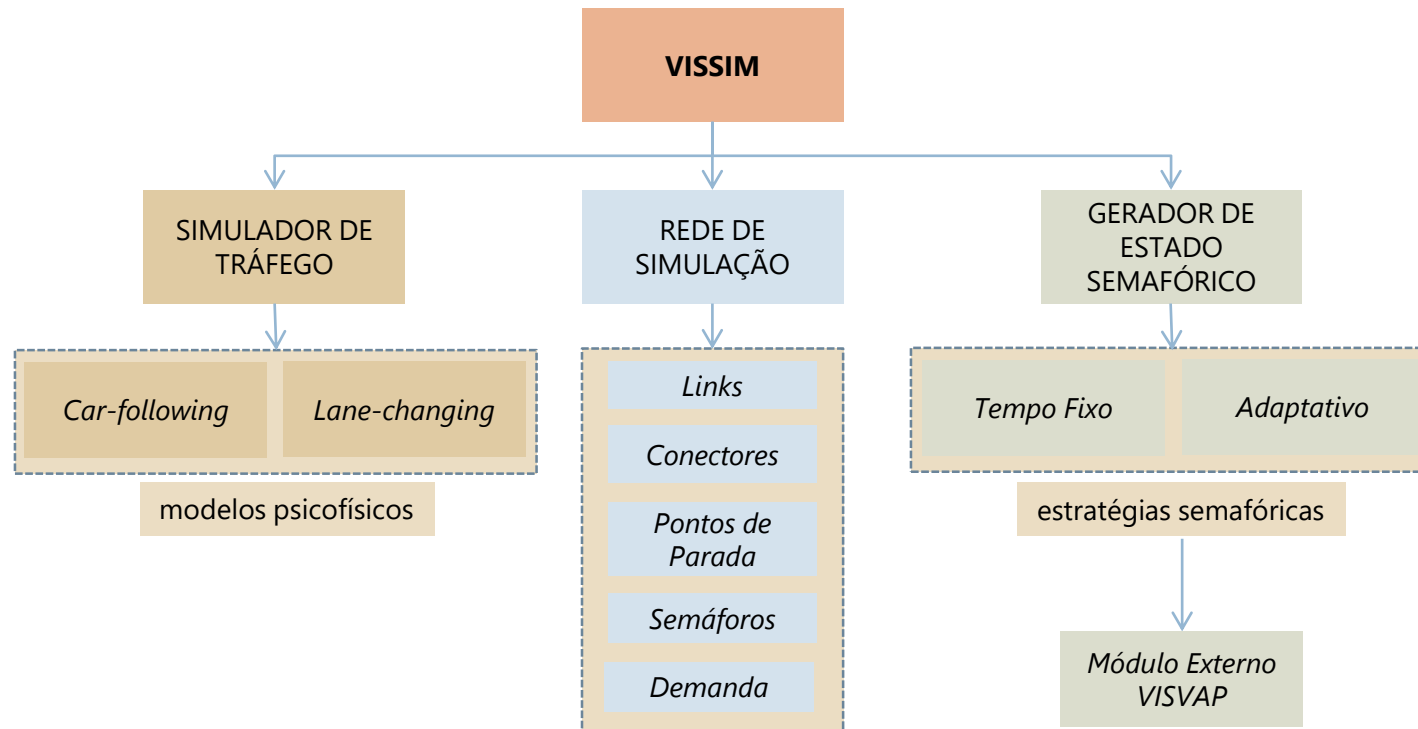


Adaptado de Gardner *et al.* (2009)

REFERENCIAL TEÓRICO

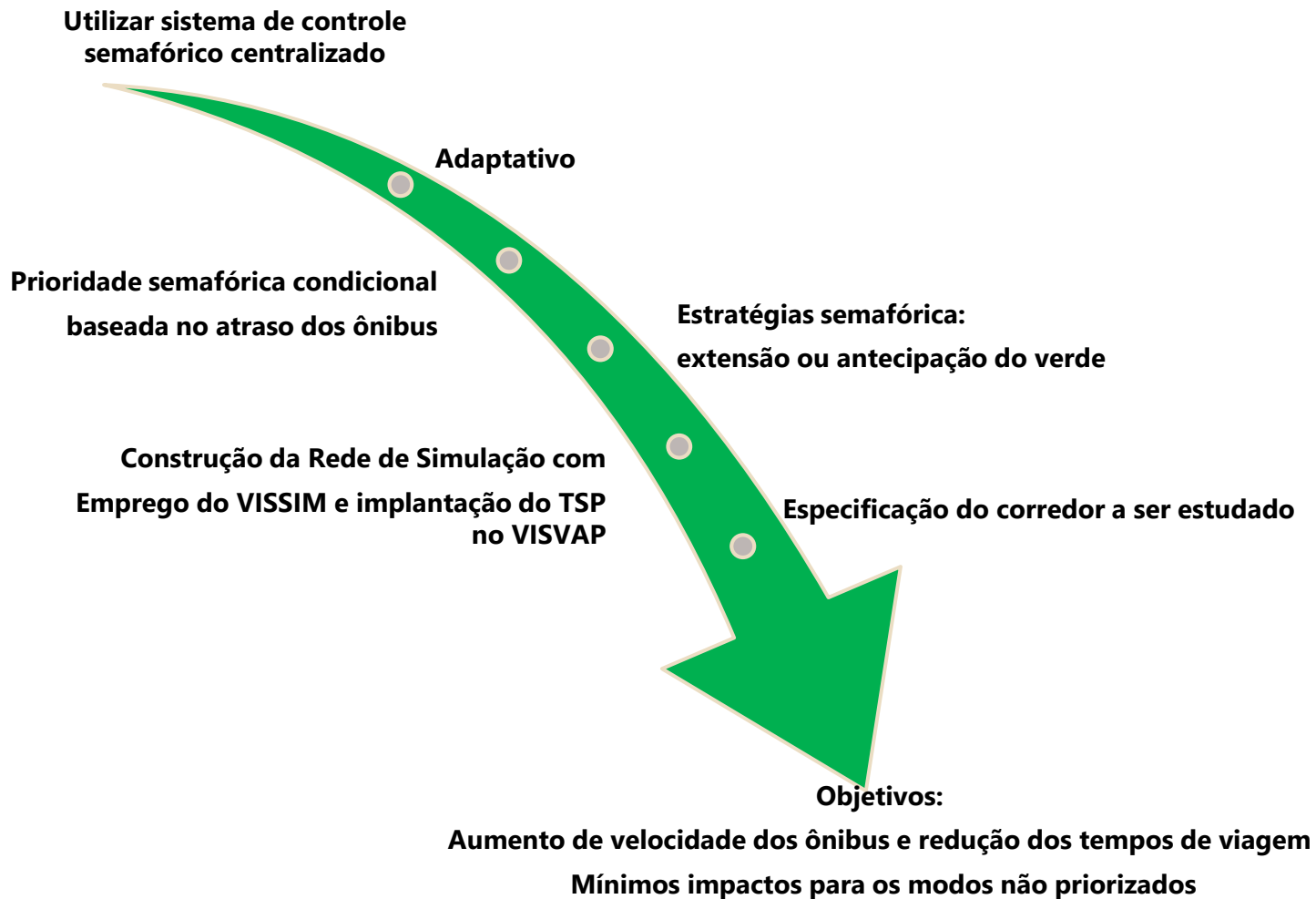
Microsimulação (Ferramenta de Análise)

Características do software



APLICAÇÃO

Hipótese considerada



APLICAÇÃO

Variáveis Utilizadas

Transporte coletivo:

- ✓ Linhas SPTrans que circulam no corredor (49 linhas);
 - o Informações operacionais: Tipo de veículo, Frequências (hora/pico), Velocidade Média;
- ✓ Cadastramento dos pontos de parada (tamanho dos baias);
- ✓ Dados do Sistema Integrado de Monitoramento da SPtrans.

Tráfego Geral:

- ✓ Contagens veiculares classificadas por movimento - CET/SP;
- ✓ Pesquisa de velocidade de retardamento - CET/SP;
- ✓ Planos semafóricos - CET/SP.

Sistema Viário:

- ✓ Largura das vias;
- ✓ Quantidade de faixas;
- ✓ Vias segregadas, conversões e mãos de direção;
- ✓ Localização dos Semáforos.

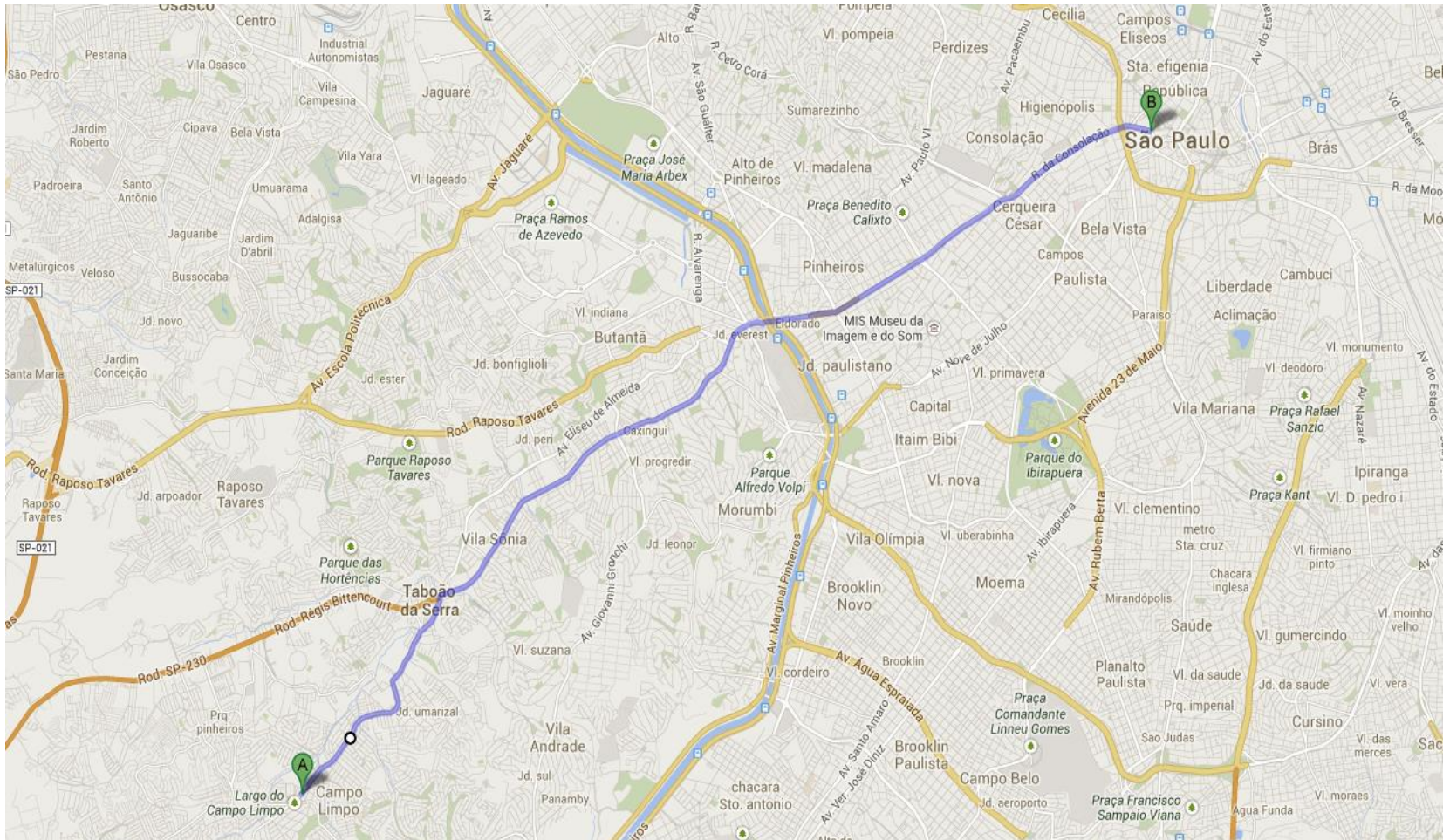
Softwares Utilizados:

- ✓ Google Earth/Maps - Livre
- ✓ Google Fusion Tables – Livre
- ✓ PTV/VISSIM – Licença Acadêmica Temporária

APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado

Corredor Analisado: Corredor Campo Limpo - Rebouças - Centro



APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado

Corredor Analisado: Corredor Campo Limpo - Rebouças - Centro

CORREDOR	CAMPO LIMPO-REBOUÇAS-CENTRO		
	Bairro Centro	Centro Bairro	Total
Extensão (km)	17	17	34
Frota Pico Manhã (5:00 às 7:59)	374	226	600
Frota Pico Tarde (15:00 às 18:59)	364	343	707
Passageiros transportados (média /dia/ útil)	150.438	127.933	278.371
Passageiro Pico Manhã (5:00 às 7:59)	46.373	18.223	64.596
Fator hora Pico Manhã	30%	7,8%	23%
Passageiro Pico Tarde (15:00 às 18:59)	33.153	42.457	75.610
Fator hora Pico Tarde	22%	33%	27%
Tempo médio de percurso (minutos)	59	61	60
Velocidade Média (km/h)	17	16	17

APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado

Seleção de um trecho específico:

- ✓ Metodologia: Análise dos dados do SIM - Sistema Integrado de Monitoramento da SPTrans para o corredor Campo Limpo - Rebouças – Centro, data base: 2012;
- ✓ Um dia de medição: aproximadamente 420 mil pontos;
- ✓ Plotagem em intervalos de 80 segundos;
- ✓ Locais que concentram mais pontos são os locais onde os veículos sofrem maiores retardamentos;
- ✓ *Trechos vermelhos: mais pontos, maiores retenções;*
- ✓ Representação do SIM no *GoogleMaps / Fusion Tables* (aplicativo gratuito);
- ✓ *Seleção de um trecho p/ construção do modelo de simulação.*

APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado - **Seleção de um trecho específico**



Trechos onde ocorrem mais retenções



Trechos com retenções. Obras no sistema viário



Trecho com retenção isolada (semáforo)



Trecho onde as retenções são mais intensas

APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado.

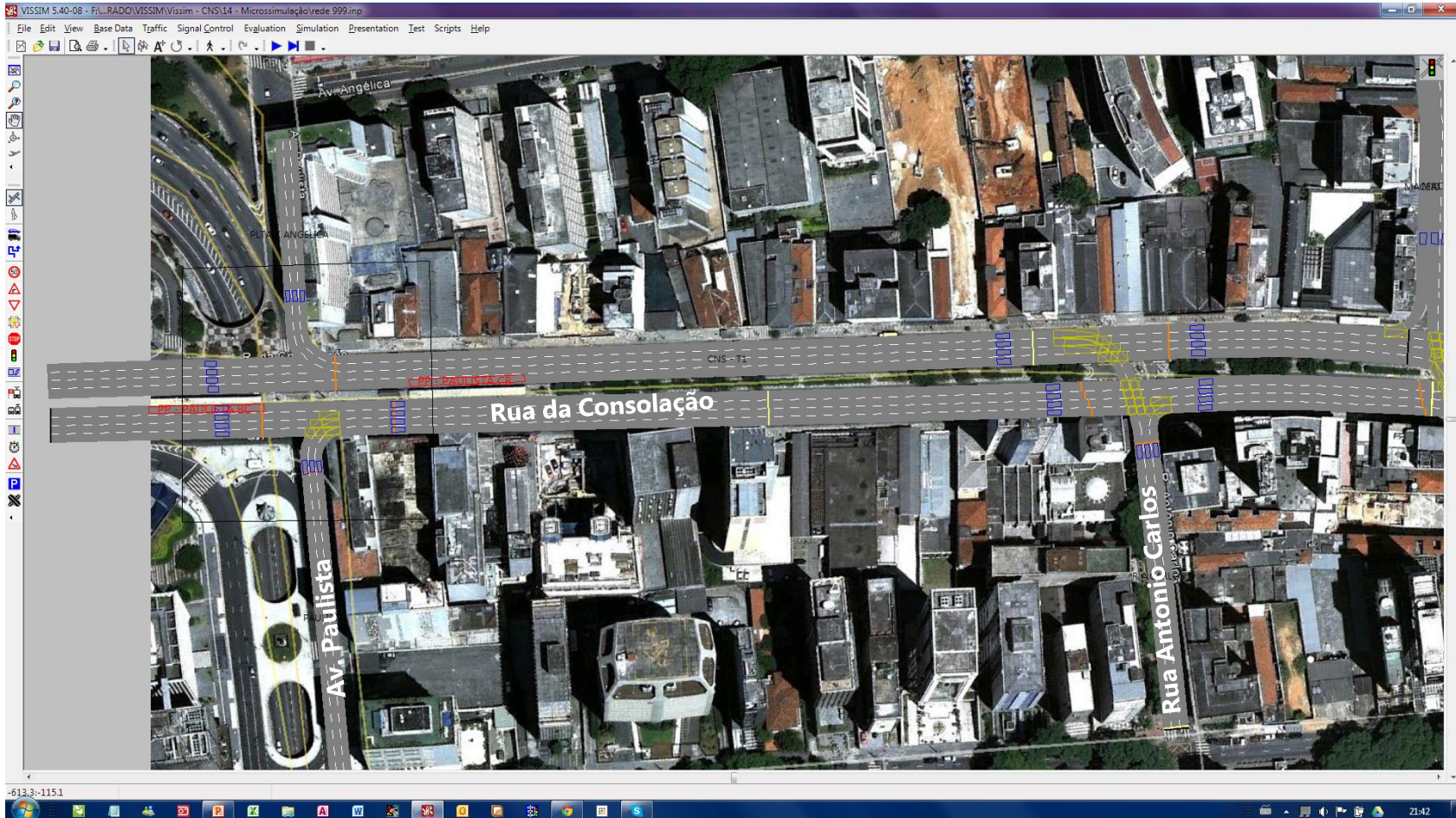
Trecho Selecionado: Rua da Consolação entre avenida Paulista e avenida Ipiranga

Extensão aproximada: 2km (cerca de 10% da extensão total do corredor)



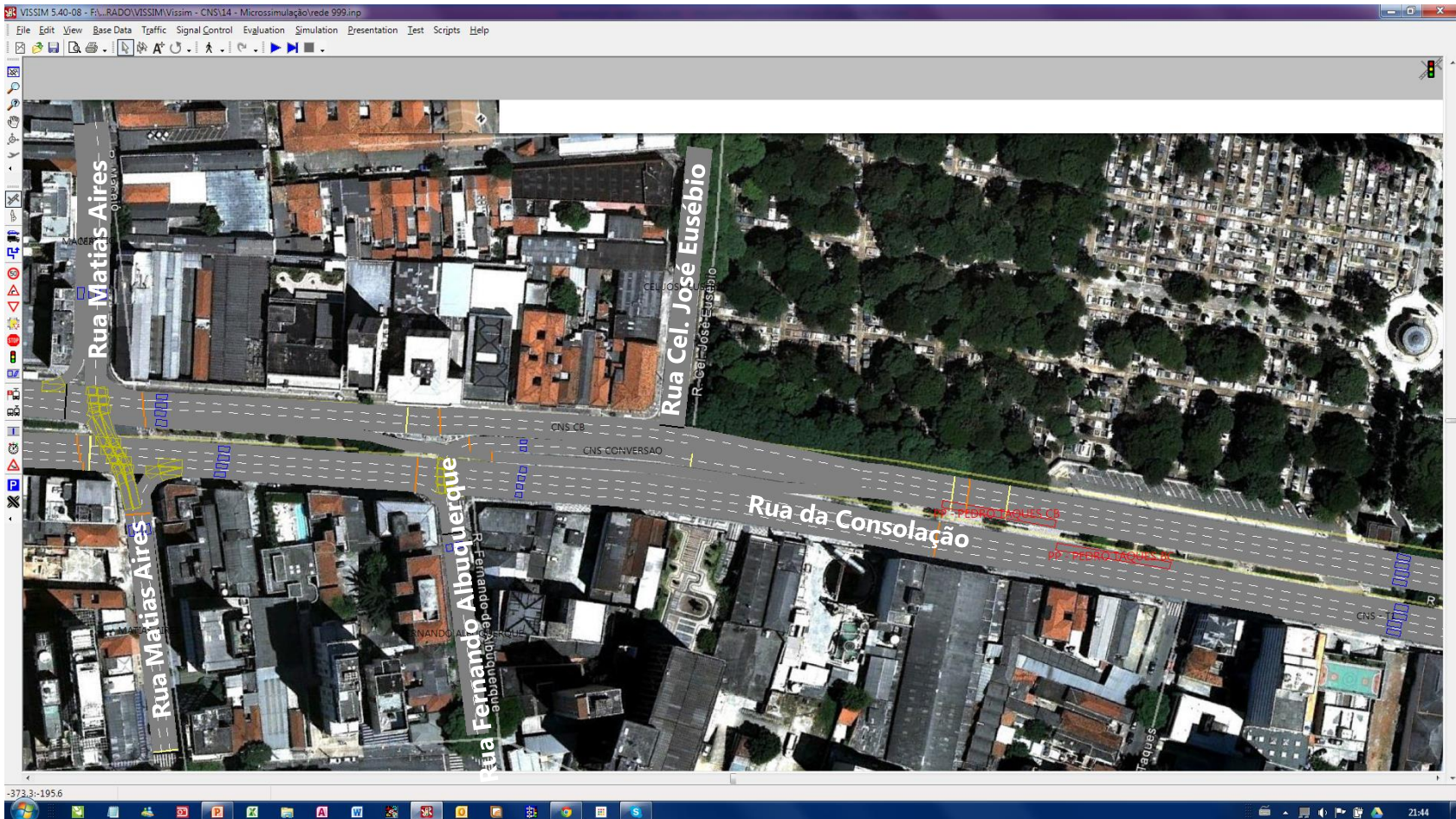
CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Elaboração da Rede Física: Links, conectores, pontos de parada, semáforos e outros elementos específicos



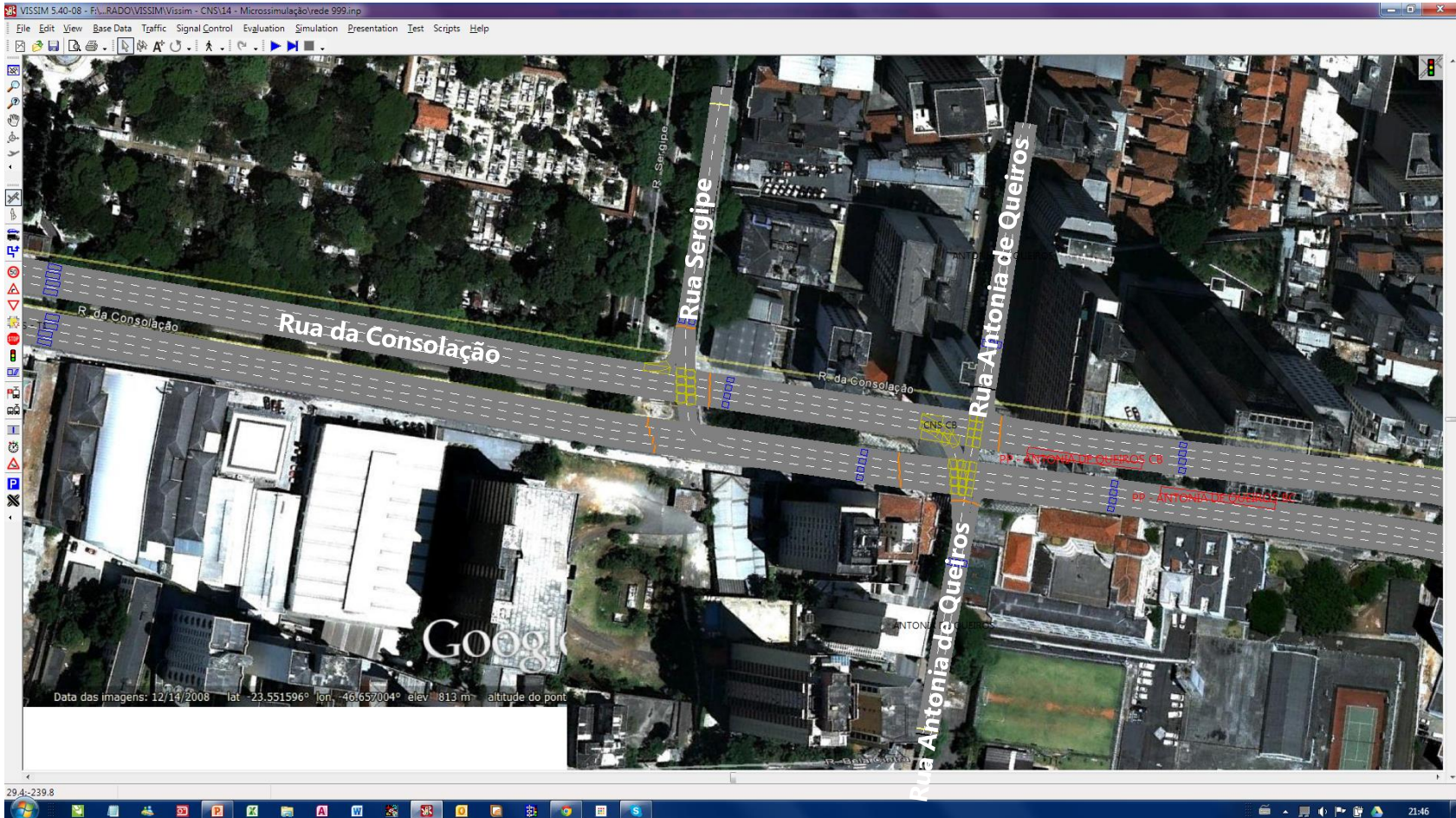
CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Elaboração da Rede Física: Links, conectores, pontos de parada, semáforos e outros elementos específicos



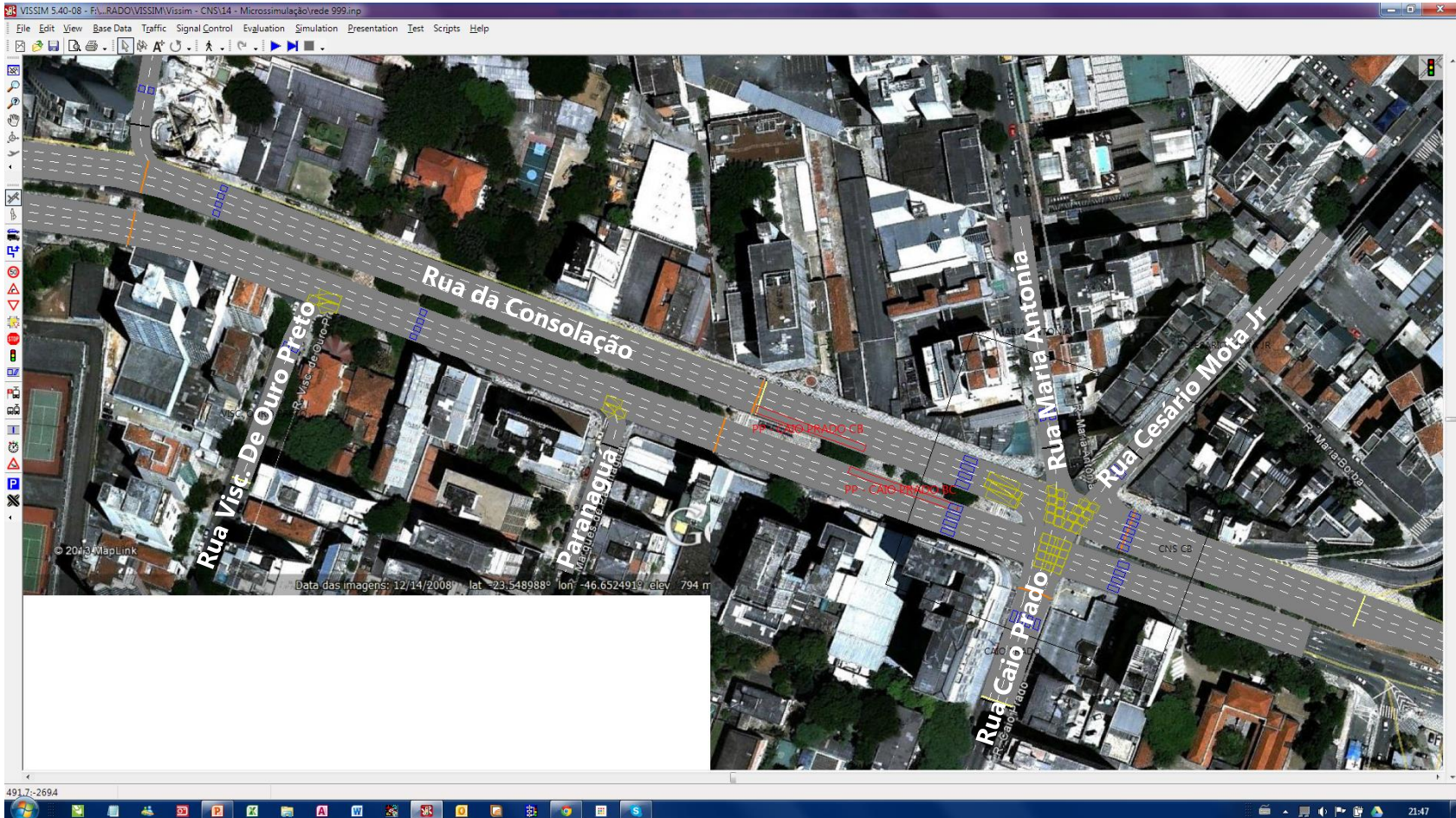
CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Elaboração da Rede Física: Links, conectores, pontos de parada, semáforos e outros elementos específicos



CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

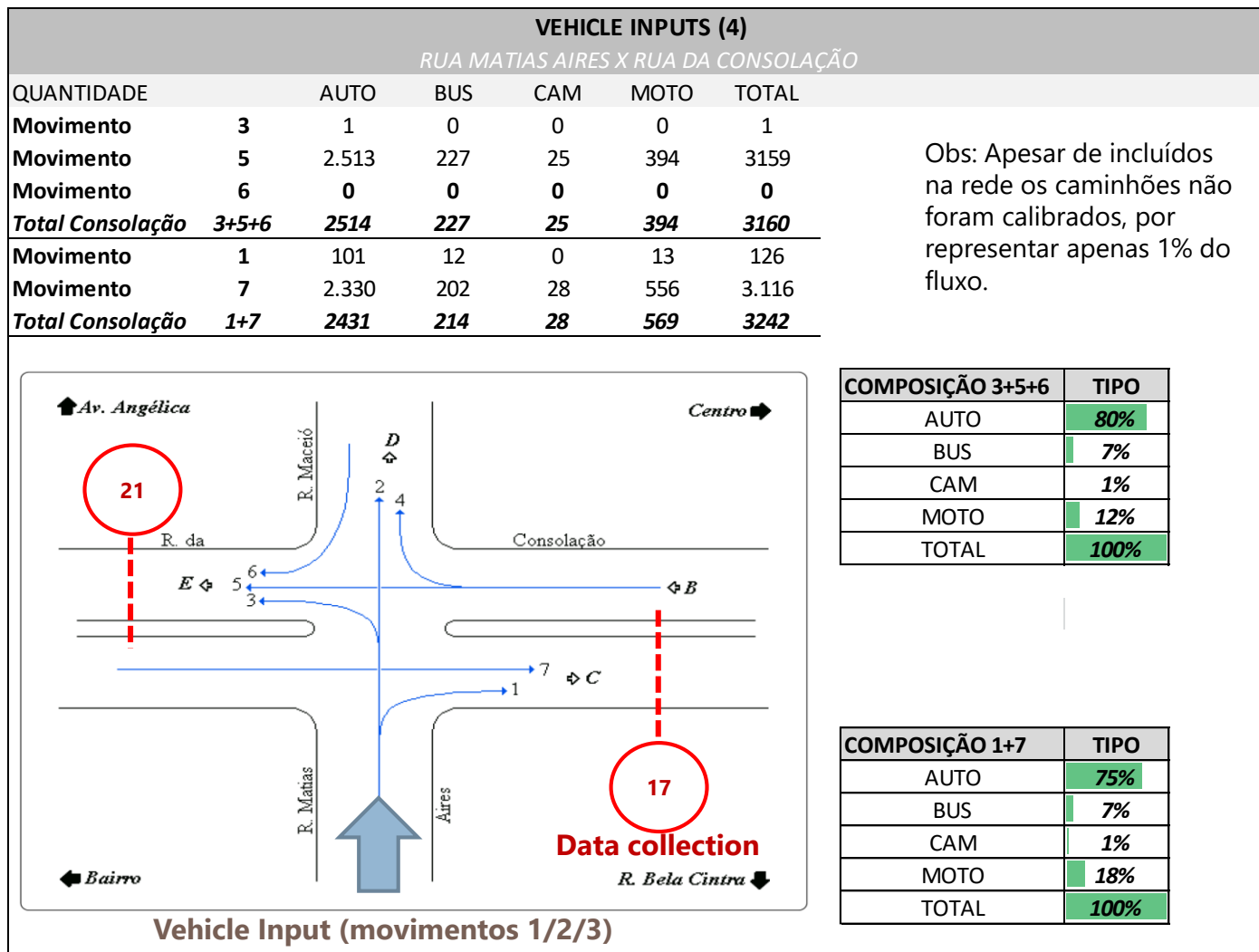
Elaboração da Rede Física: Links, conectores, pontos de parada, semáforos e outros elementos específicos



CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

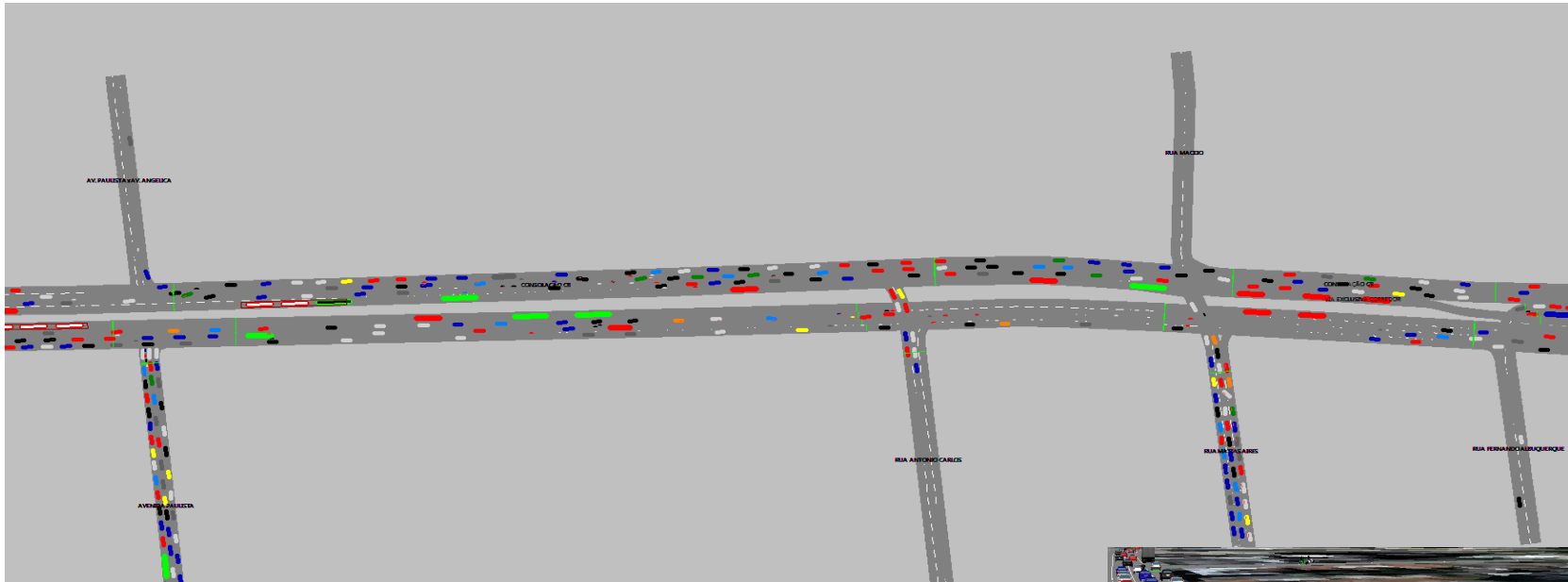
Inclusão do Tráfego (Demanda)

Exemplo: Vehicle Inputs, composição do tráfego, pontos de calibração



CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Exemplo: Alocação dos fluxos (semáforos operando em tempo fixo) e ajustes para calibração



- ✓ Padrões comportamentais dos condutores foram mantidos conforme padrão do software;
- ✓ Exceção: Motociclistas que trafegam entre os veículos e, devido ao comportamento mais agressivo de condução, influenciam no desempenho dos automóveis.

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Calibração

Considerações sobre o procedimento:

- ✓ Ayala (2013): Métodos de calibração e validação mais apropriados dependem, não somente da natureza do fenômeno que se deseja simular, mas sim da aplicação que se pretende dar ao modelo.
- ✓ Silva e Tyler (2001): Revisão bibliográfica sobre o assunto e relatam que: **não há uma forma única, ou procedimento padronizado para validar esses tipos de modelos.**
- ✓ Portanto, julgou-se suficiente calibrar a rede de simulação, comparando-se os volumes observados versus os volumes simulados.

DATA COLLECTION	CONTAGEM CET (MOVIMENTOS)	AUTO	AUTO (S)	BUS	BUS (S)	MOTO	MOTO(S)	TOTAL	TOTAL(S)
13	BC (1+3)	2.402	2.150	194	145	591	503	3.204	2.798
17	BC (1+7)	2.431	2.199	214	145	569	521	3.242	2.865
31	BC (2+4)	2.935	2.449	168	141	649	576	3.772	3.166
21	CB (3+5+6)	2.514	2.079	227	148	394	401	3.179	2.628
9	CB (4+5)	2.926	2.262	233	146	530	444	3.724	2.852
25	CB (1+2)	1.007	677	3	-	119	140	1.141	817
27	CB (1+3)	3.777	2.803	205	158	718	499	4.742	3.460

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

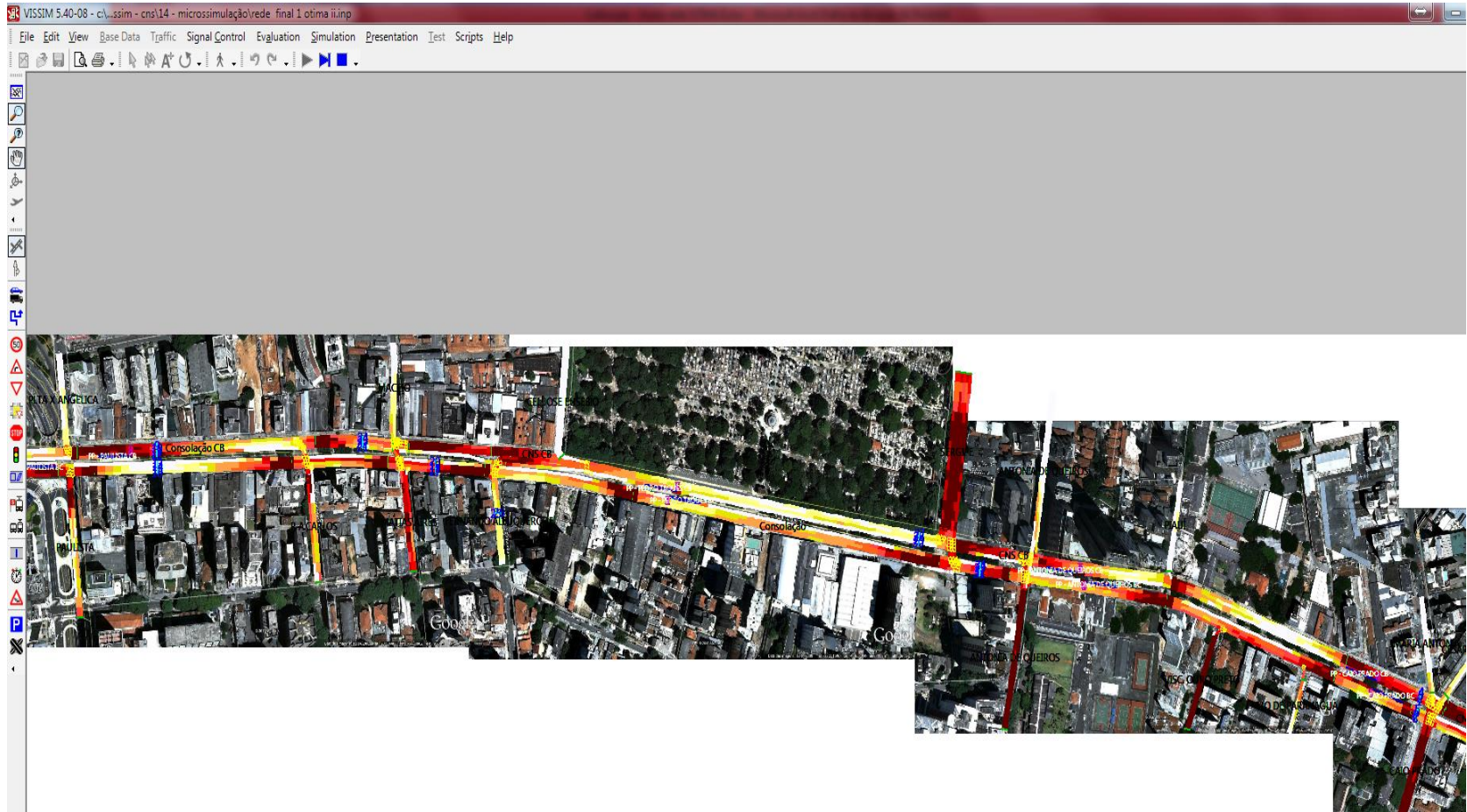
Rede de Referência – Comparação dos Tempos médios

- ✓ A rede de referência é a rede calibrada, ou seja, a situação no qual os volumes simulados representam 93% dos volumes observados;
- ✓ Os tempos médios de viagem: Trecho entre Avenida Paulista e a rua Caio Prado;
- ✓ **Modo Auto:** Simulado versus Relatório de desempenho do sistema viário principal - Volume e Velocidade (CET/SP, 2012);
- ✓ **Modo Ônibus:** Simulado versus Sistema de Monitoramento Integrado - SIM (SPTRANS, 2012).

	Modo Auto			Modo Ônibus		
	Rede Referência	Observado CET/SP	Dif.%	Rede Referência	Observado SPTRANS	Dif.%
Centro - Bairro	00:06:51	00:06:07	12%	0:09:42	0:08:41	11%
Bairro - Centro	00:06:39	00:05:43	16%	0:10:25	0:09:05	13%

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Rede de Referência – Localização dos retardamentos



CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Estudos de Hipóteses e Elaboração dos Cenários

- ✓ Elaboração de testes hipotéticos com a implantação do TSP numa única interseção, considerando sempre a condição de atraso do veículo.
- ✓ Para o TSP atuar, é necessário que o intervalo de detecção de veículos da mesma linha seja superior ao *headway* planejado.
- ✓ Estes testes serviram para verificar o comportamento da rede calibrada sob a implantação da prioridade condicional.

HIPÓTESE 1

- Aplicação do TSP diretamente sobre a rede calibrada;
- Oferta atual de transporte público equivalente a 306 ônibus/hora;
- Resultados: Controles semaforicos em operação desregulada, colapso na rede.

HIPÓTESE 2

- Aplicação do TSP diretamente sobre a rede calibrada;
- Prioridade condicional apenas para os principais serviços que operam no corredor;
- “Racionalização” . Apenas serviços troncais podem requisitar prioridade: Oferta de 265 ônibus/hora;
- Resultados: Satisfatórios, possibilitando a criação dos cenários

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Elaboração dos Cenários

Premissas adotadas:

- ✓ Prioridade semafórica condicional baseada no atraso;
- ✓ Sensores posicionados próximos aos pontos de maior retardamento (interseções ou pontos de parada);
- ✓ Prioridade apenas para as linhas com *headway* inferior a 600 segundos "racionalização";
- ✓ Estratégia de prioridade semafórica: Extensão de verde.

Variáveis de controle:

- ✓ Velocidades;
- ✓ Tempo de viagem do ônibus e do automóvel ao longo do trecho simulado;
- ✓ Tempo de viagem entre os pontos de parada do trecho simulado;
- ✓ Tempos médios nas interseções (impacto do TSP nas vias não priorizadas).

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Elaboração dos Cenários – Localização dos Sensores na via



Cenário 1

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Disposição dos sensores: 1 sensor = 1 cenário



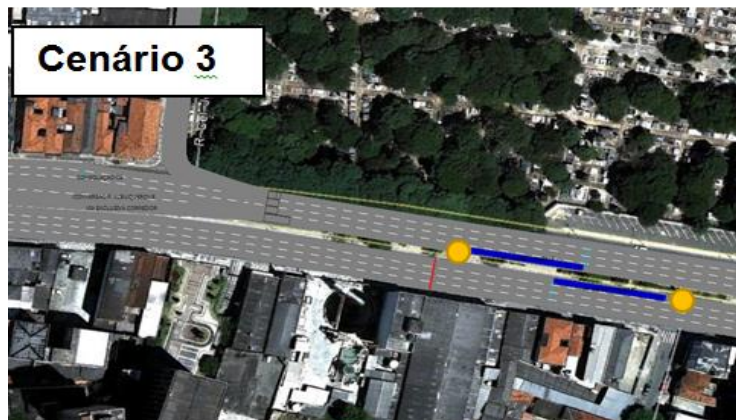
Cenário 1

Avenida Paulista e rua da Consolação;



Cenário 2

Rua Matias Aires e rua da Consolação;



Cenário 3

Rua Fernando de Albuquerque e Sergipe;

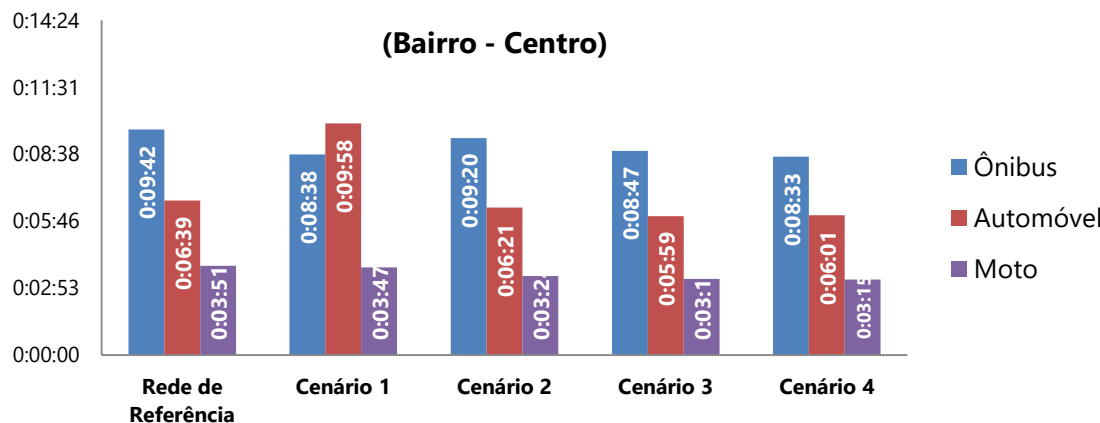


Cenário 4

Marques de Paranaguá e Caio Prado

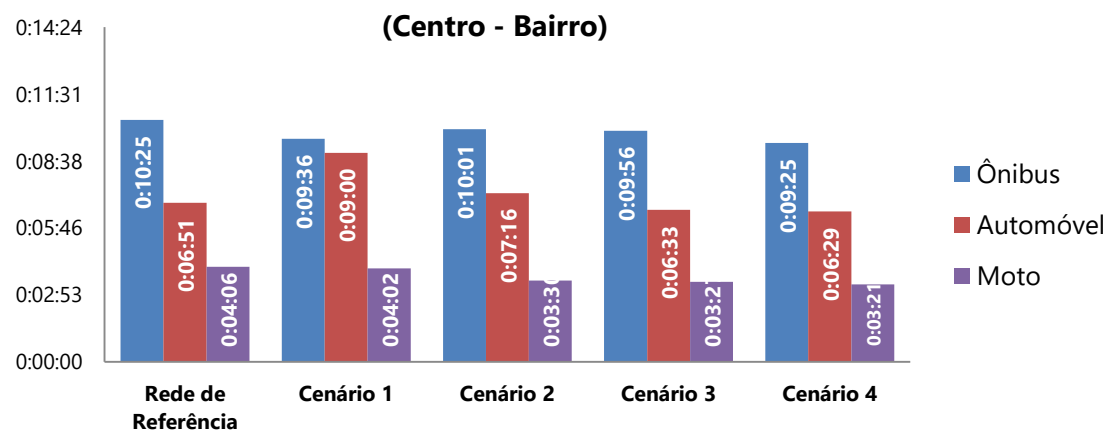
ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo entre os tempos médios de viagem (minutos)



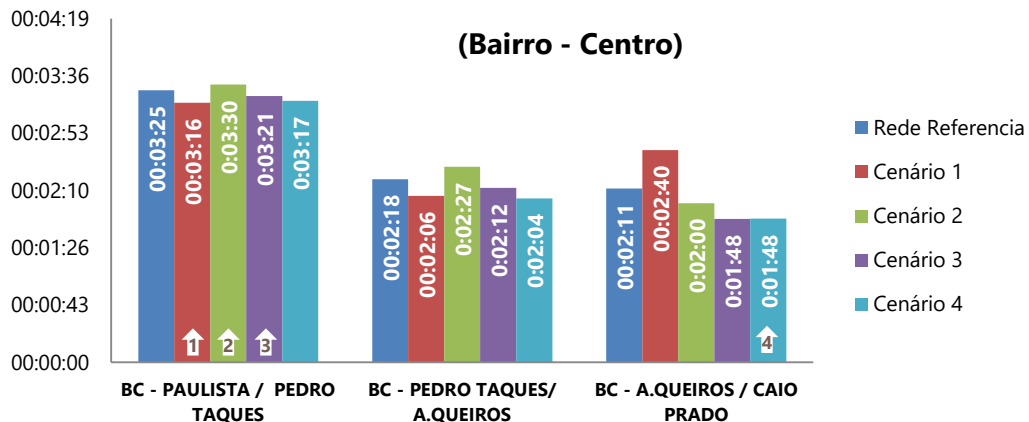
Resultados:

- ✓ Redução dos Tempos Médios de Viagem para o **modo ônibus** em todos os cenários;
- ✓ Impactos negativos para o modo automóvel nos cenários 1 e 2;
- ✓ Cenário 4: Mais eficiente.



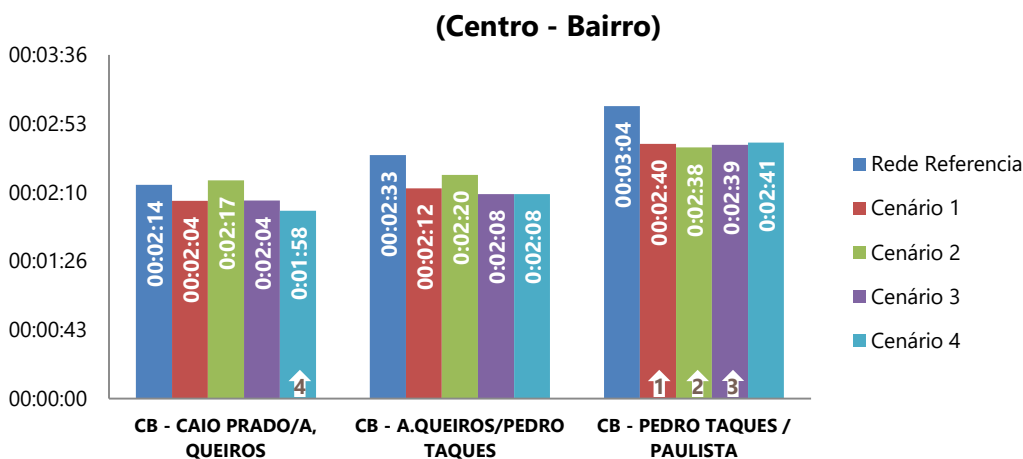
ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo dos tempos médios entre as os pontos de parada (minutos) (exclusivo modo ônibus)



Resultados:

- ✓ Redução dos tempos médios entre as paradas.
- ✓ Exceções;
 - Cenário 1 entre A. Queiros / Caio Prado (distancia) no sentido BC;
 - Cenário 2, cujo sensor não está instalado junto ao ponto de parada.



ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo das Velocidades Médias (km/h) e Impactos nos tempos médios de viagem

Velocidades Média (km/h)

CENÁRIOS	ÔNIBUS	AUTO	MOTO
Referência	20,7	35,0	49,0
Cenário 1	22,5	32,5	47,3
Cenário 2	22,6	39,7	50,9
Cenário 3	22,5	40,0	50,2
Cenário 4	22,6	40,2	51,2
MÉDIA GERAL	22,2	37,5	49,7

Tempos médios de viagem (%)

Rede	Automóvel	Moto	Ônibus
Sentido Bairro - Centro			
Cenário 1	+50%	-2%	-11%
Cenário 2	-5%	-12%	-4%
Cenário 3	-10%	-15%	-10%
Cenário 4	-9%	-15%	-12%
Sentido Centro - Bairro			
Cenário 1	31%	-2%	-8%
Cenário 2	+6%	-14%	-4%
Cenário 3	-4%	-16%	-5%
Cenário 4	-5%	-18%	-10%

Resultados:

- ✓ Cenários 2 e 4 apresentaram **aumento da velocidade média de 8,5%** para os ônibus;
- ✓ O **Cenário 4** apresentou os maiores ganhos de velocidade para os três modos simulados. Nele se constata, inclusive, as mais **significativas reduções nos tempos médios de viagem para o modo ônibus (até -12%)**;
- ✓ O Cenário 1 se mostrou como o mais desfavorável para o modo automóvel.

ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo dos tempos médios gastos nas interseções (minutos) (todos os modos)

TRECHO	REFERENCIAL	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
Av. Paulista	07:38	04:42	07:12	06:31	06:28
Rua Antônio Carlos	00:57	00:44	00:44	00:46	00:42
Rua Matias Aires	01:30	01:15	00:58	00:53	00:53
Rua Antônia de Queiros	04:15	03:26	02:45	02:51	02:54
Rua Visconde de Ouro Preto	02:58	02:47	00:00	02:51	03:02
Rua Caio Prado	04:52	02:51	02:17	02:25	02:25
Rua Sergipe - sentido Bairro	05:15	02:42	05:52	05:46	05:52
Rua Sergipe - sentido Centro	01:09	01:08	00:52	00:48	00:51
Tempo Médio por Cenário	28:33	19:38	20:38	22:51	23:06

- ✓ Em relação ao cenário referencial, apenas as interseções das ruas Visconde de Ouro Preto e Sergipe (sentido Bairro), não se beneficiaram diretamente do TSP em todos os cenários;
- ✓ A aplicação do TSP pode não só melhorar os tempos de viagem na via priorizada, mas também pode reduzir os tempos de espera (atrasos) nas transversais.
- ✓ Este fato pode ser atribuído à reconfiguração que o TSP faz nos ciclos semaforicos. A melhoria de fluidez do tráfego na via priorizada, auxilia o escoamento das filas nas vias transversais, fazendo com que haja ganhos de tempo.

PTR3514 – “Fundamentos” de ITS

- Claudio L. Marte
 - ▣ Tel (Poli): 3091-9983
 - ▣ E-mail: claudio.marte@usp.br

- STOA:
 - ▣ PTR3514_2sem18
 - ▣ Sistemas Inteligentes de Transporte



Contribuição metodológica para aplicação de prioridade semafórica condicional em corredores de ônibus

LUCIANO Peron (2015)

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Prioridade Ativa Condicional:

Ex: Portland, EUA.

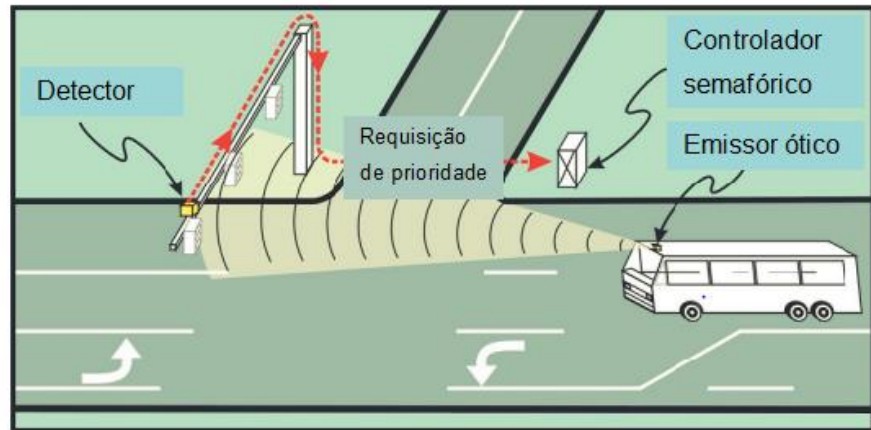
Características:

- ✓ 8 corredores;
- ✓ 250 interseções;
- ✓ 650 veículos;

Condicionantes do TSP:

- ✓ Apenas veículos pertencentes ao sistema municipal;
- ✓ Veículos em operação regular;
- ✓ Com as portas fechadas;
- ✓ Atraso mínimo: 30 segundos
- ✓ Extensão dos tempos de verde: 7 a 10 segundos

Arquitetura do TSP em Portland, EUA



Adaptado de Gardner *et al.* (2009)

REFERENCIAL TEÓRICO

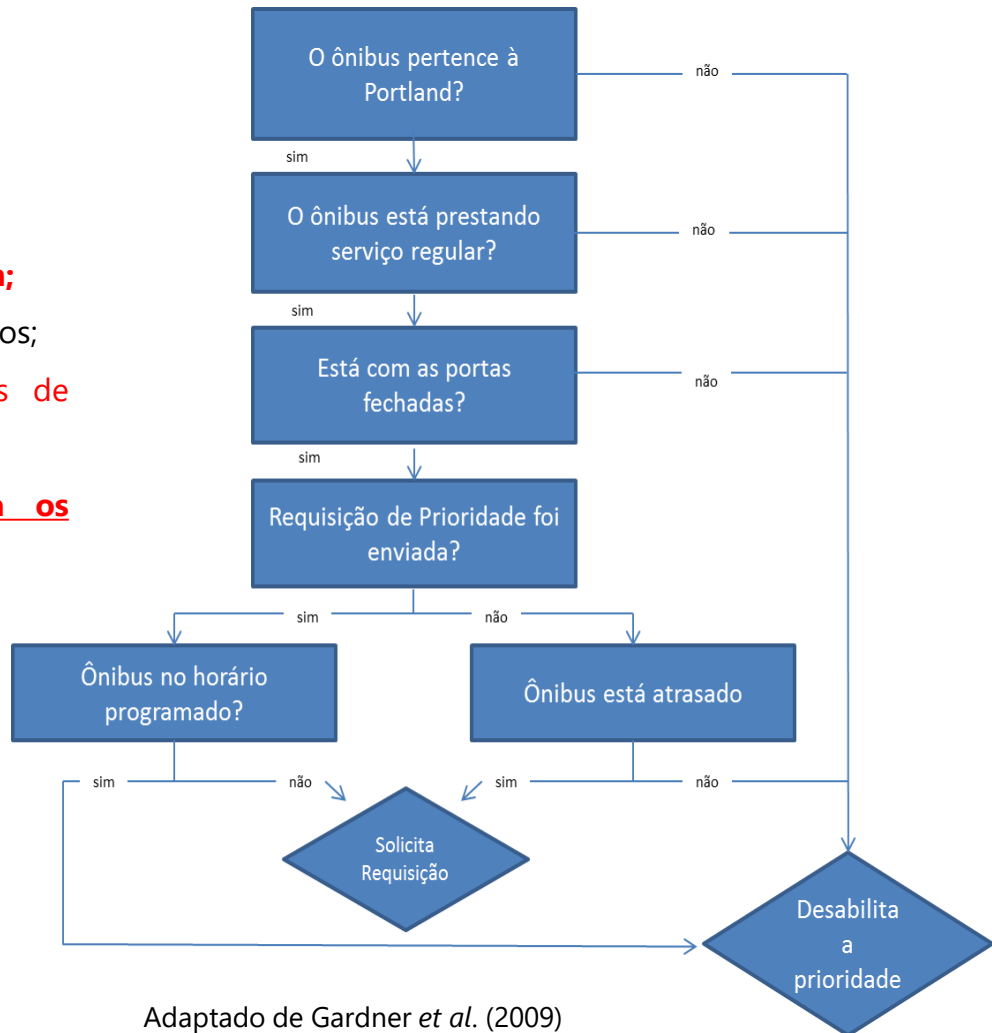
Sistemas Inteligentes de Transportes

Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

Prioridade Ativa Condicional: Exemplo de Portland, EUA.

Resultados:

- ✓ **14% de redução dos tempos de viagem;**
- ✓ Redução dos atrasos entre 2 e 13 segundos;
- ✓ Redução da variabilidade dos tempos de viagem;
- ✓ **Impactos pouco significativos para os modos não priorizados.**

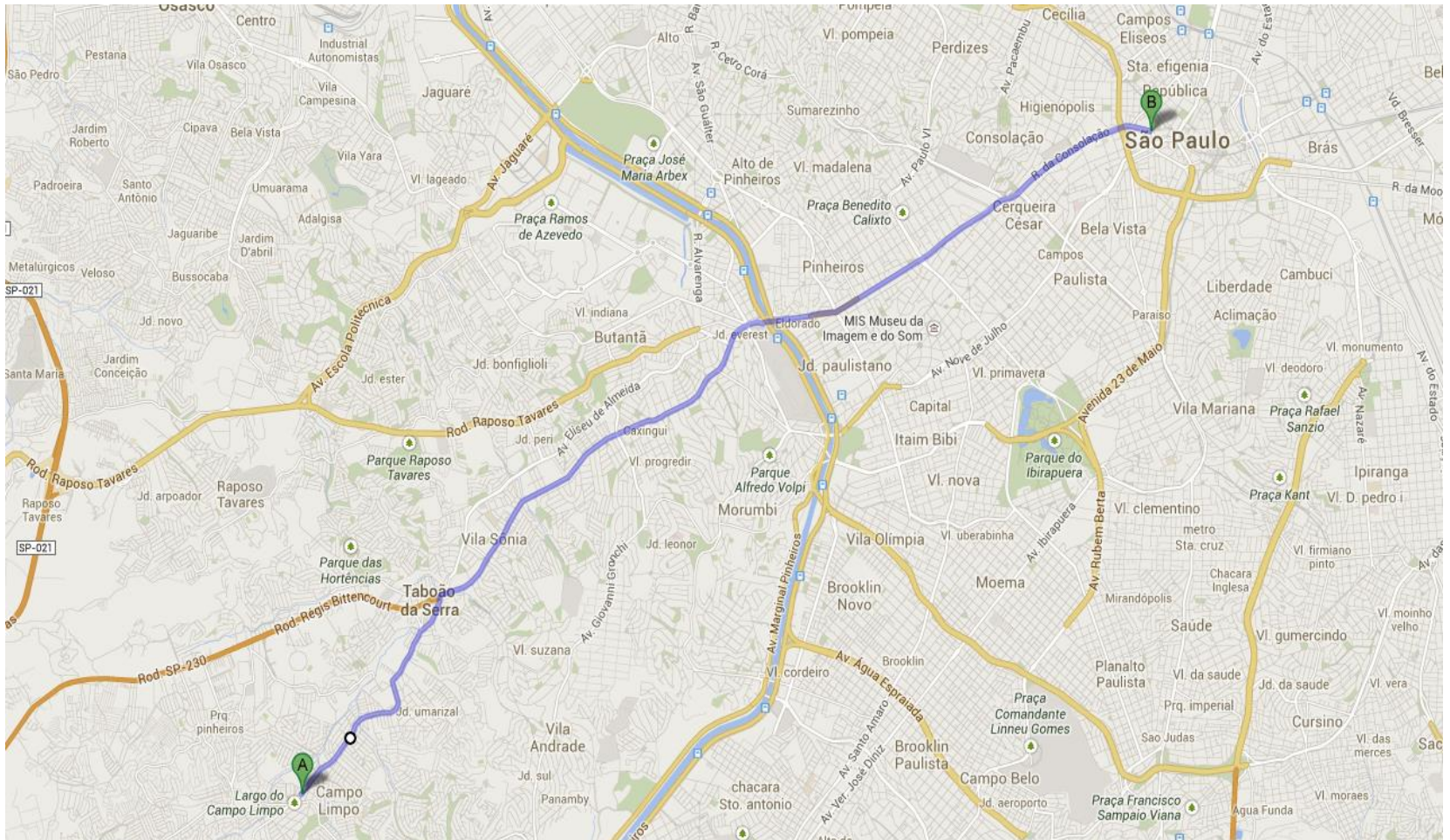


Adaptado de Gardner *et al.* (2009)

APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado

Corredor Analisado: Corredor Campo Limpo - Rebouças - Centro



APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado - Seleção de um trecho específico



Trechos onde ocorrem mais retenções



Trechos com retenções. Obras no sistema viário



Trecho com retenção isolada (semáforo)



Trecho onde as retenções são mais intensas

APLICAÇÃO

Especificação do corredor a ser estudado.

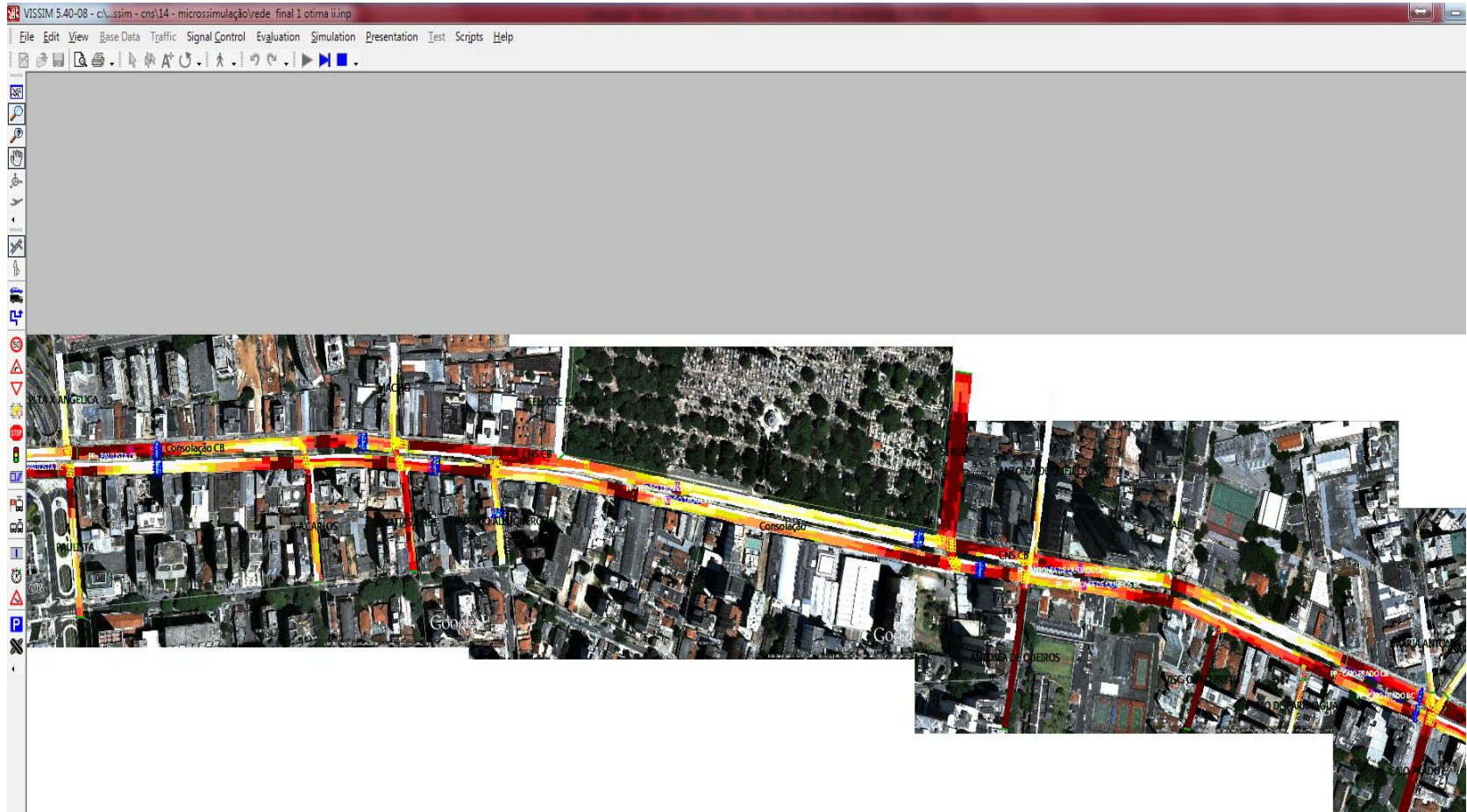
Trecho Selecionado: Rua da Consolação entre avenida Paulista e avenida Ipiranga

Extensão aproximada: 2km (cerca de 10% da extensão total do corredor)



CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Rede de Referência – Localização dos retardamentos



CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Estudos de Hipóteses e Elaboração dos Cenários

HIPÓTESE 1

- Aplicação do TSP diretamente sobre a rede calibrada;
- Oferta atual de transporte público equivalente a 306 ônibus/hora;
- Resultados: Controles semafóricos em operação desregulada, colapso na rede.

HIPÓTESE 2

- Aplicação do TSP diretamente sobre a rede calibrada;
- Prioridade condicional apenas para os principais serviços que operam no corredor;
- "Racionalização" . Apenas serviços troncais podem requisitar prioridade: Oferta de 265 ônibus/hora;
- Resultados: Satisfatórios, possibilitando a criação dos cenários

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

Elaboração dos Cenários – Localização dos Sensores na via



Cenário 1

CONSTRUÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO: VISSIM

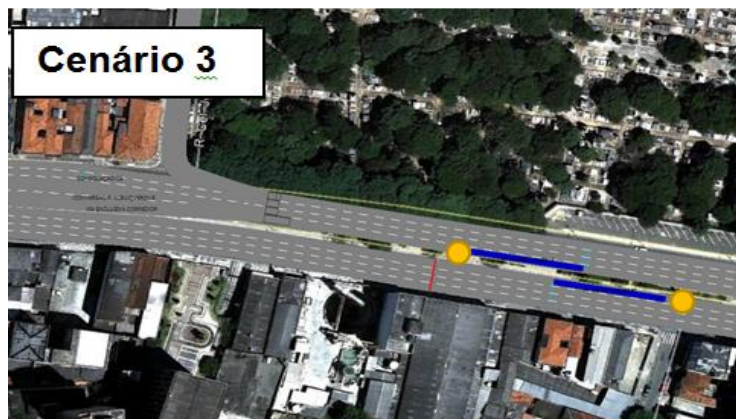
Disposição dos sensores: 1 sensor = 1 cenário



Avenida Paulista e rua da Consolação;



Rua Matias Aires e rua da Consolação;



Rua Fernando de Albuquerque e Sergipe;



Marques de Paranaguá e Caio Prado

ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo das Velocidades Médias (km/h) e Impactos nos tempos médios de viagem

Velocidades Média (km/h)

CENÁRIOS	ÔNIBUS	AUTO	MOTO
Referência	20,7	35,0	49,0
Cenário 1	22,5	32,5	47,3
Cenário 2	22,6	39,7	50,9
Cenário 3	22,5	40,0	50,2
Cenário 4	22,6	40,2	51,2
MÉDIA GERAL	22,2	37,5	49,7

Tempos médios de viagem (%)

Rede	Automóvel	Moto	Ônibus
Sentido Bairro - Centro			
Cenário 1	+50%	-2%	-11%
Cenário 2	-5%	-12%	-4%
Cenário 3	-10%	-15%	-10%
Cenário 4	-9%	-15%	-12%
Sentido Centro - Bairro			
Cenário 1	31%	-2%	-8%
Cenário 2	+6%	-14%	-4%
Cenário 3	-4%	-16%	-5%
Cenário 4	-5%	-18%	-10%

Resultados:

- ✓ Cenários 2 e 4 apresentaram **aumento da velocidade média de 8,5%** para os ônibus;
- ✓ O **Cenário 4** apresentou os maiores ganhos de velocidade para os três modos simulados. Nele se constata, inclusive, as mais **significativas reduções nos tempos médios de viagem para o modo ônibus (até -12%)**;
- ✓ O Cenário 1 se mostrou como o mais desfavorável para o modo automóvel.

ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo dos tempos médios gastos nas interseções (minutos)
(todos os modos)

TRECHO	REFERENCIAL	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
Av. Paulista	07:38	04:42	07:12	06:31	06:28
Rua Antônio Carlos	00:57	00:44	00:44	00:46	00:42
Rua Matias Aires	01:30	01:15	00:58	00:53	00:53
Rua Antônia de Queiros	04:15	03:26	02:45	02:51	02:54
Rua Visconde de Ouro Preto	02:58	02:47	00:00	02:51	03:02
Rua Caio Prado	04:52	02:51	02:17	02:25	02:25
Rua Sergipe - sentido Bairro	05:15	02:42	05:52	05:46	05:52
Rua Sergipe - sentido Centro	01:09	01:08	00:52	00:48	00:51
Tempo Médio por Cenário	28:33	19:38	20:38	22:51	23:06