

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

Sistema de Posicionamento por Satélite e suas aplicações na Eng^a de Transportes



28/5/2019



ITS (Sistemas Inteligentes de Transportes)

Ênfase 1: Aplicação na Operação de Ônibus Urbanos

Dissertações já concluídas

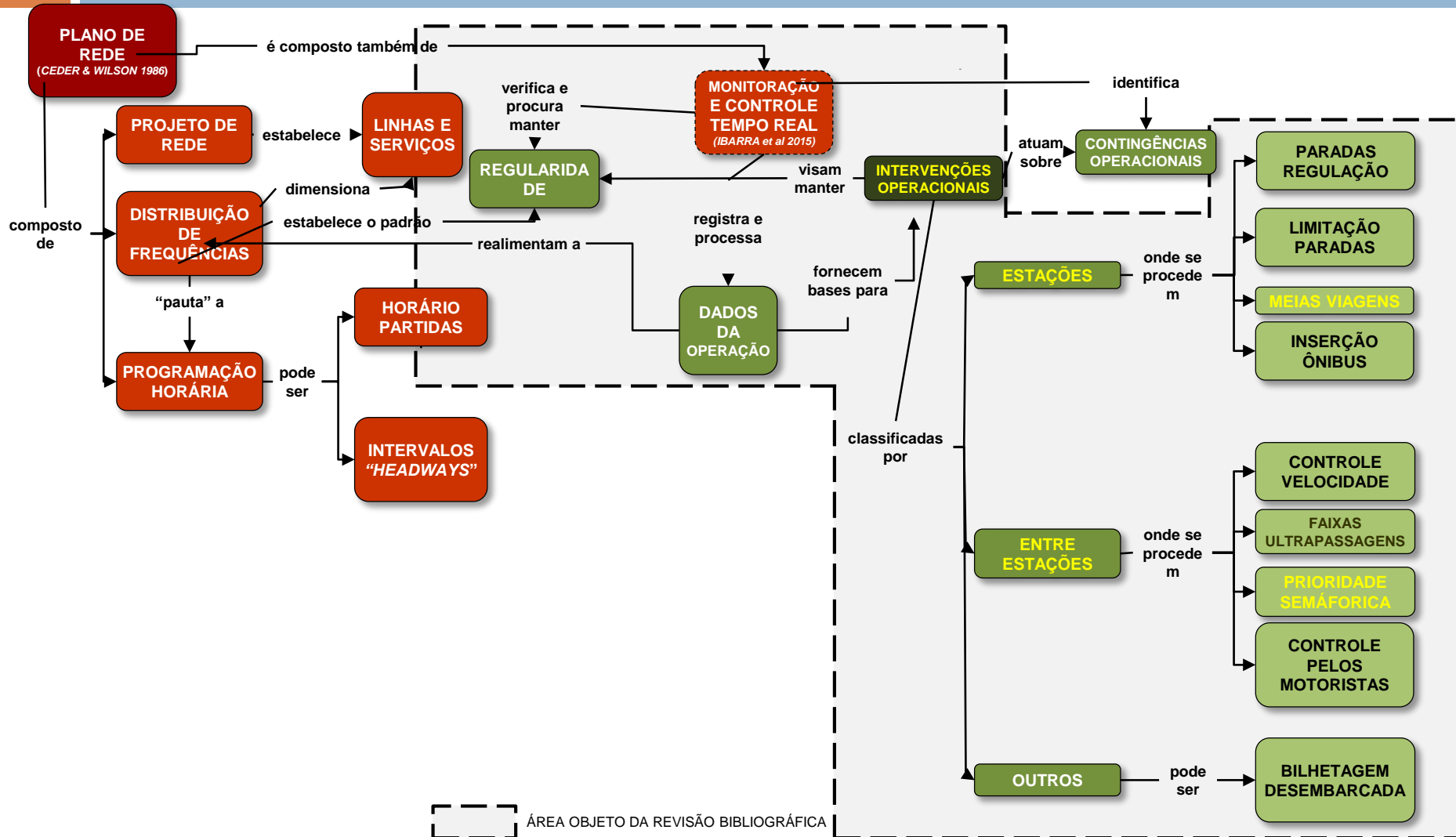
1. Modelagem e Simulação da Aplicação de Prioridade Semafórica Condicional em Corredores de ônibus [2015]
2. Influência de fatores climáticos na operação de frotas de ônibus urbanos [2017]
3. [Não listado]
4. Intervenções operacionais visando a regularidade e a eficiência de sistemas de ônibus urbanos: resenha de estudos acadêmicos e simulação de aplicações com dados reais [2019]
5. Estimativa da ocupação de ônibus do transporte público através do sensoriamento por Wi-Fi de telefones móveis [2019]
6. Aplicativo móvel para uma operação de ônibus comandada pelo viajante: um projeto de experiência do usuário (UX) [2019]

Operational Intervetion aiming regularity and efficiency in urban buses traffic: academic studies and simulation with real data applications

2019

ARNALDO Luís Santos Pereira

Monitoring, Control and Operational Interventions



Metodological contribution to semaforical conditional priority application in bus corridors (TSP – Transit Signal Priority)

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

Biblioteca Digital USP Teses e Dissertações

Início BR UK ES FR

SHARE Facebook Twitter Email

Dissertação de Mestrado

DOI	10.11606/D.3.2015.tde-05112015-103715
Documento	Dissertação de Mestrado
Autor	Peron, Luciano (Catálogo USP)
Nome completo	Luciano Peron
E-mail	
Unidade da USP	Escola Politécnica
Área do Conhecimento	Engenharia de Transportes
Data de Defesa	2015-05-22
Imprenta	São Paulo, 2015
Orientador	Marle, Claudio Luiz (Catálogo USP)
Banca examinadora	Marle, Claudio Luiz (Presidente) Paiva Junior, Humberto de Yoshioka, Leopoldo Rideki
Título em português	Contribuição metodológica para aplicação de prioridade semafórica condicional em corredores de ônibus
Palavras-chave em português	Sistemas Inteligentes de Transportes Transit Signal Priority VISSIM VISVAP
Resumo em português	<p>Esta pesquisa traz à discussão a implantação de Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS), em particular a funcionalidade Transit Signal Priority (TSP), ou Prioridade Semafórica, como uma solução a ser considerada para melhorar o desempenho de um corredor de ônibus. Os dados do Sistema Integrado de Monitoramento (SIM) foram empregados para identificar os locais com maior retardamento no Corredor Campo Limpo - Rebouças- Centro em São Paulo e, selecionado um trecho crítico, foi elaborada uma rede de microssimulação no software PTV - Vissim. A aplicação da prioridade semafórica foi feita através do VISVAP, controlador de lógica externo, no qual foram escritas as condicionantes de prioridade. O TSP foi simulado em quatro cenários distintos e, os resultados obtidos permitiram concluir que as expectativas verificadas no referencial teórico (por exemplo: aumento da velocidade média dos ônibus e automóveis), puderam ser comprovadas e, além disso, a prioridade semafórica condicional foi capaz de reduzir os retardos inclusive nas vias transversais não priorizadas.</p>
Título em inglês	Methodological contribution to improve conditional transit signal priority on bus lanes.
Palavras-chave em inglês	BRT Intelligent Transport Systems Transit Signal Priority VISSIM, VISVAP
Resumo em inglês	

Serviços

- Trabalhos decorrentes
- Estatísticas
 - Visitas 257
 - Downloads 217
- Como citar
- Formato MARC
- Formato OAI DC

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

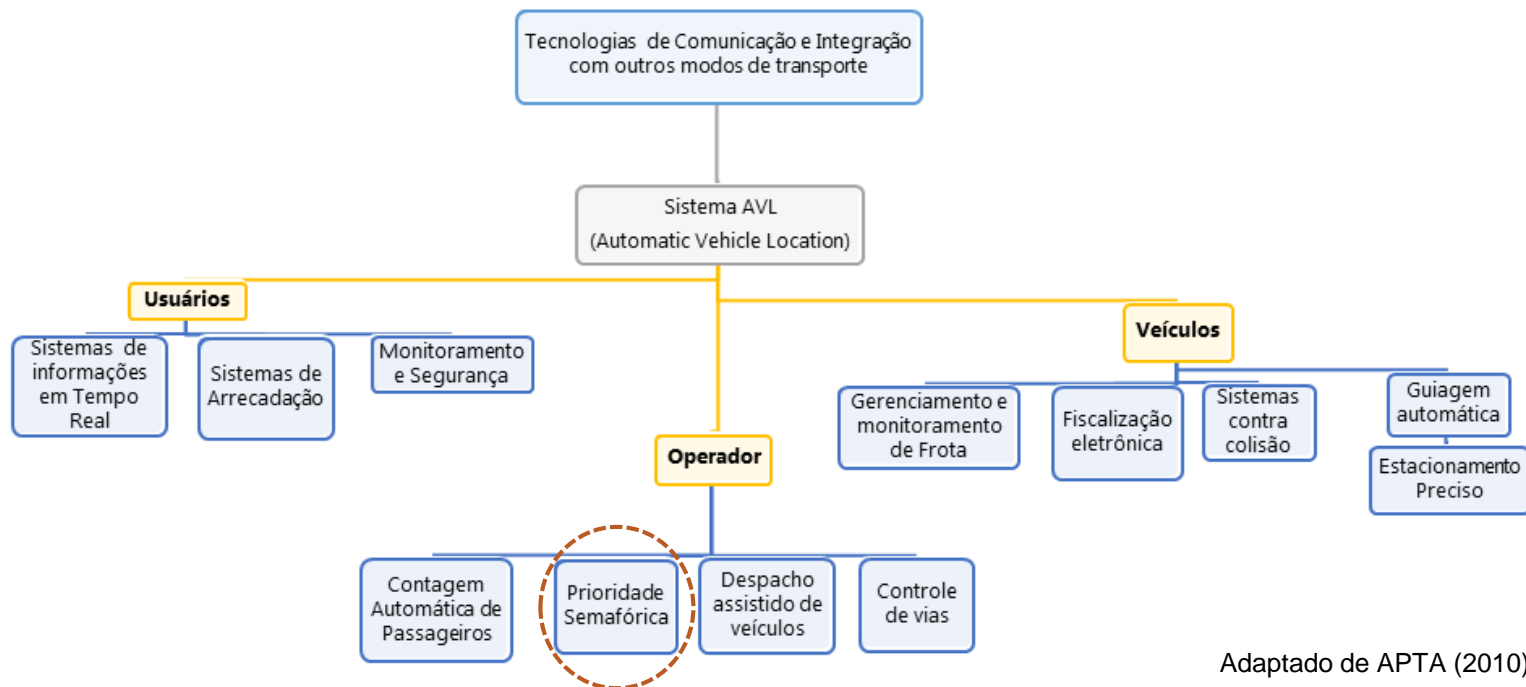
Arquitetura, sistemas de prioridade semafórica e medidas de desempenho

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).

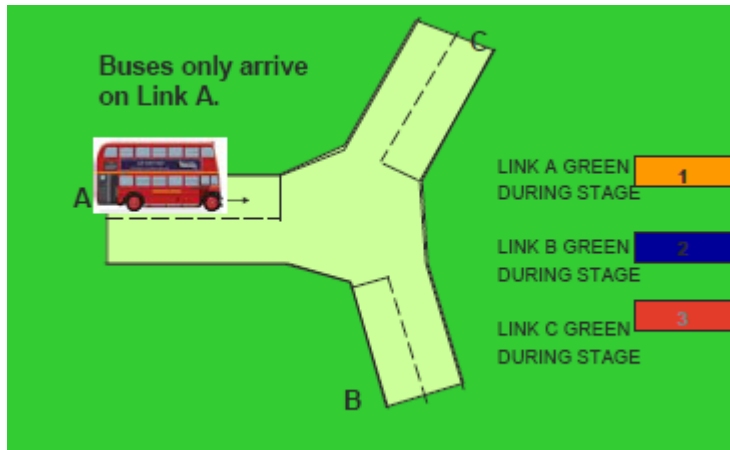
São necessários três componentes (**atores**) para que as funcionalidades ITS possam ser aplicadas:

VEÍCULO, USUÁRIO, OPERADOR.

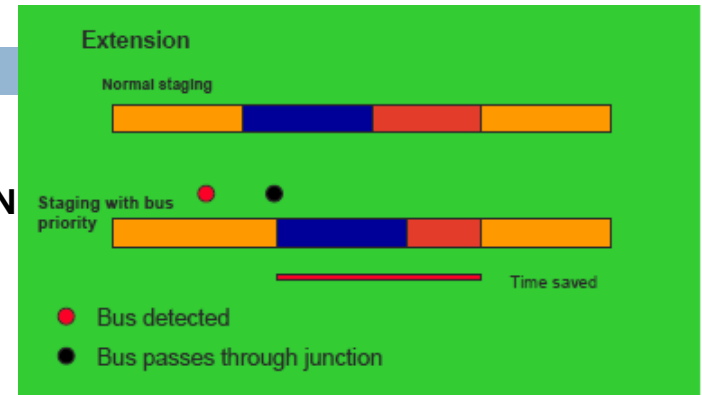
(APTA, 2010)



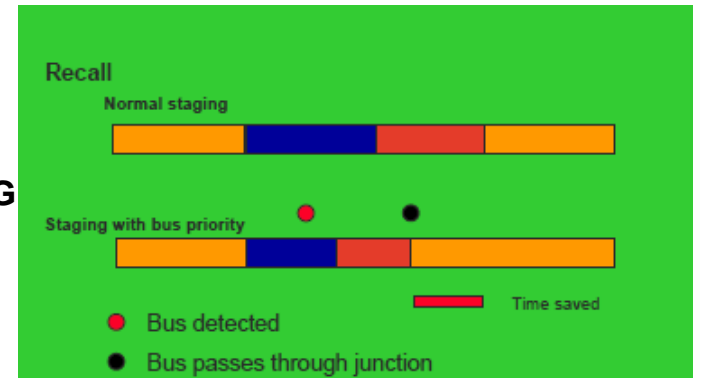
Transit Signal Priority (TSP)



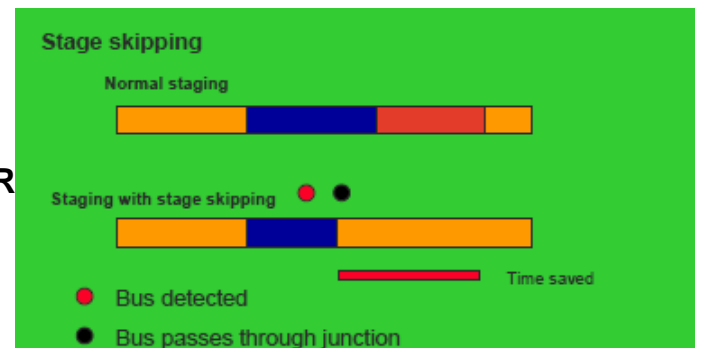
EXTENSION



SHORTENING



SUPPRESSOR



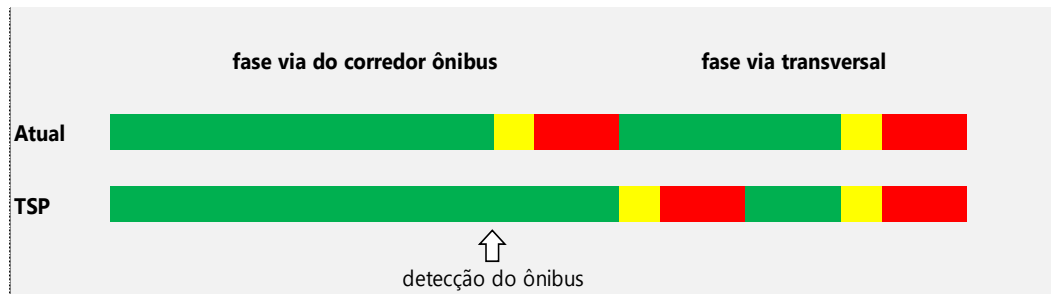
REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Inteligentes de Transportes

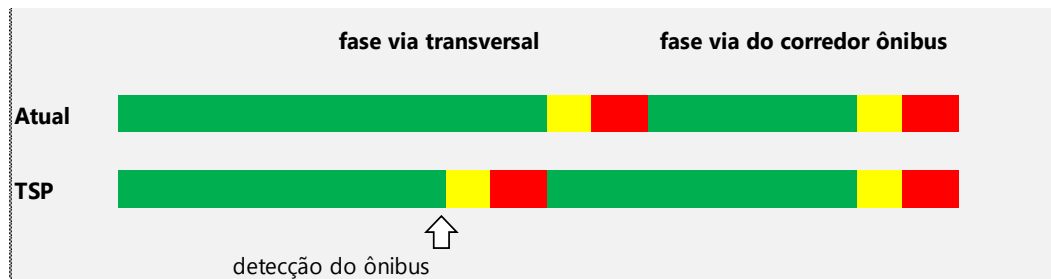
Arquitetura, **sistemas de prioridade semafórica** e medidas de desempenho.

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.

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).

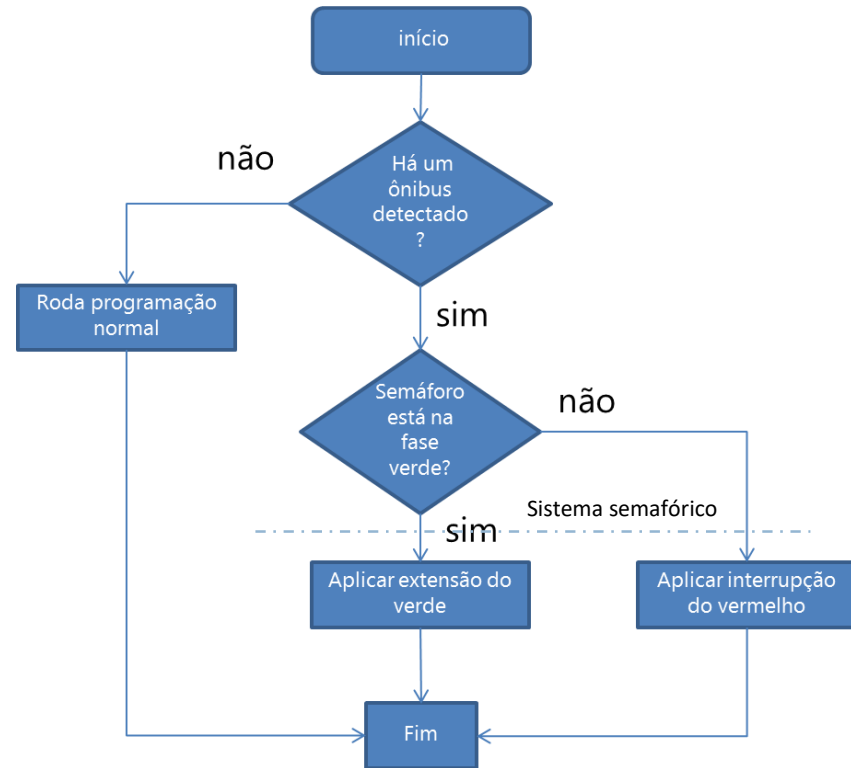
Dois algoritmos:

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)

Transit Signal Priority (TSP): Portland

Prioridade Ativa Condicional:
Ex: Portland, EUA.

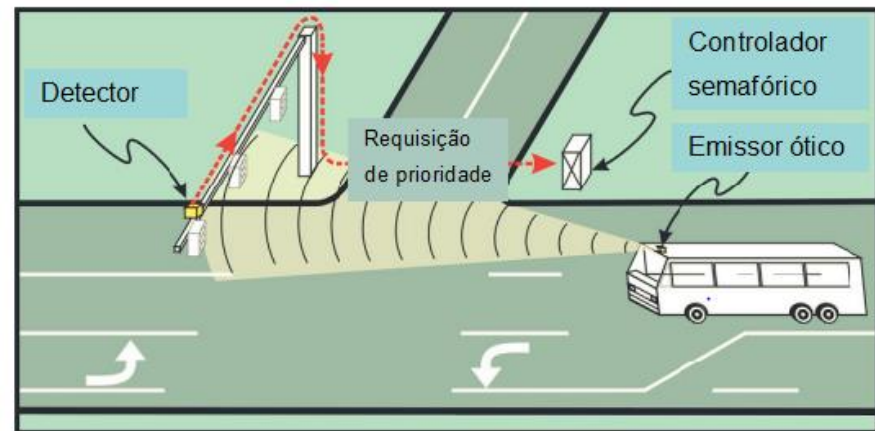
Características:

- ✓ 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



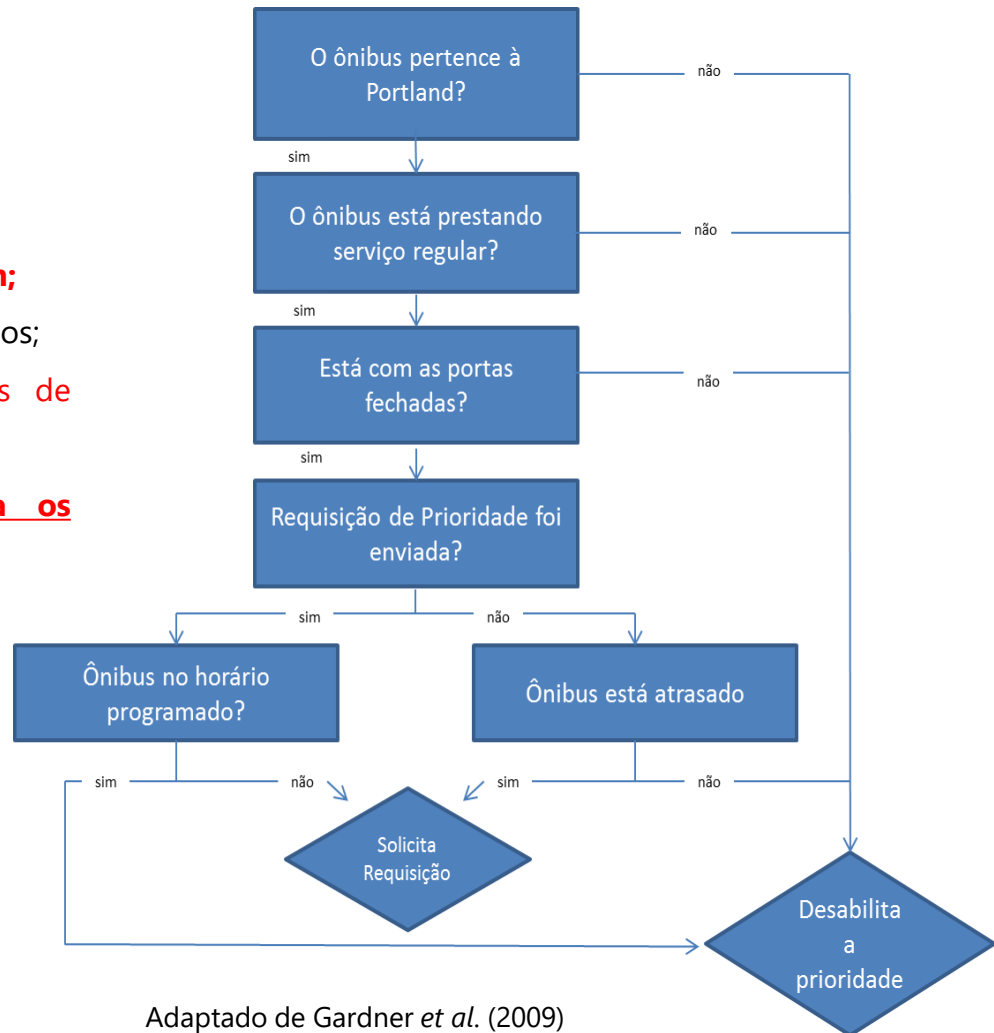
Adaptado de Gardner *et al.* (2009)

Transit Signal Priority (TSP): Portland

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.

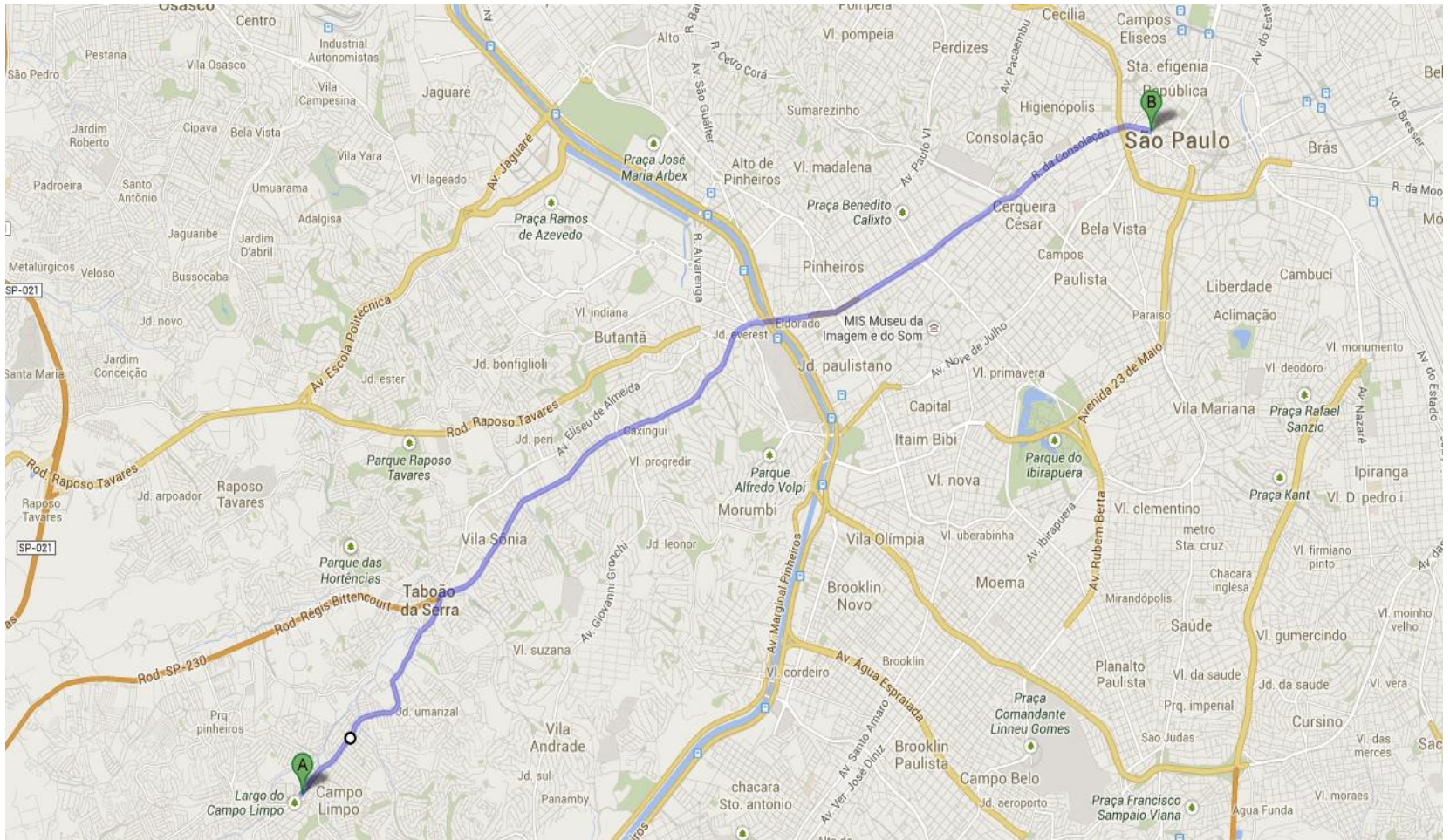


Adaptado de Gardner *et al.* (2009)

MODELAGEM DE DADOS



Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor 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

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Trechos onde ocorrem mais retenções



Trechos com retenções. Obras no sistema viário



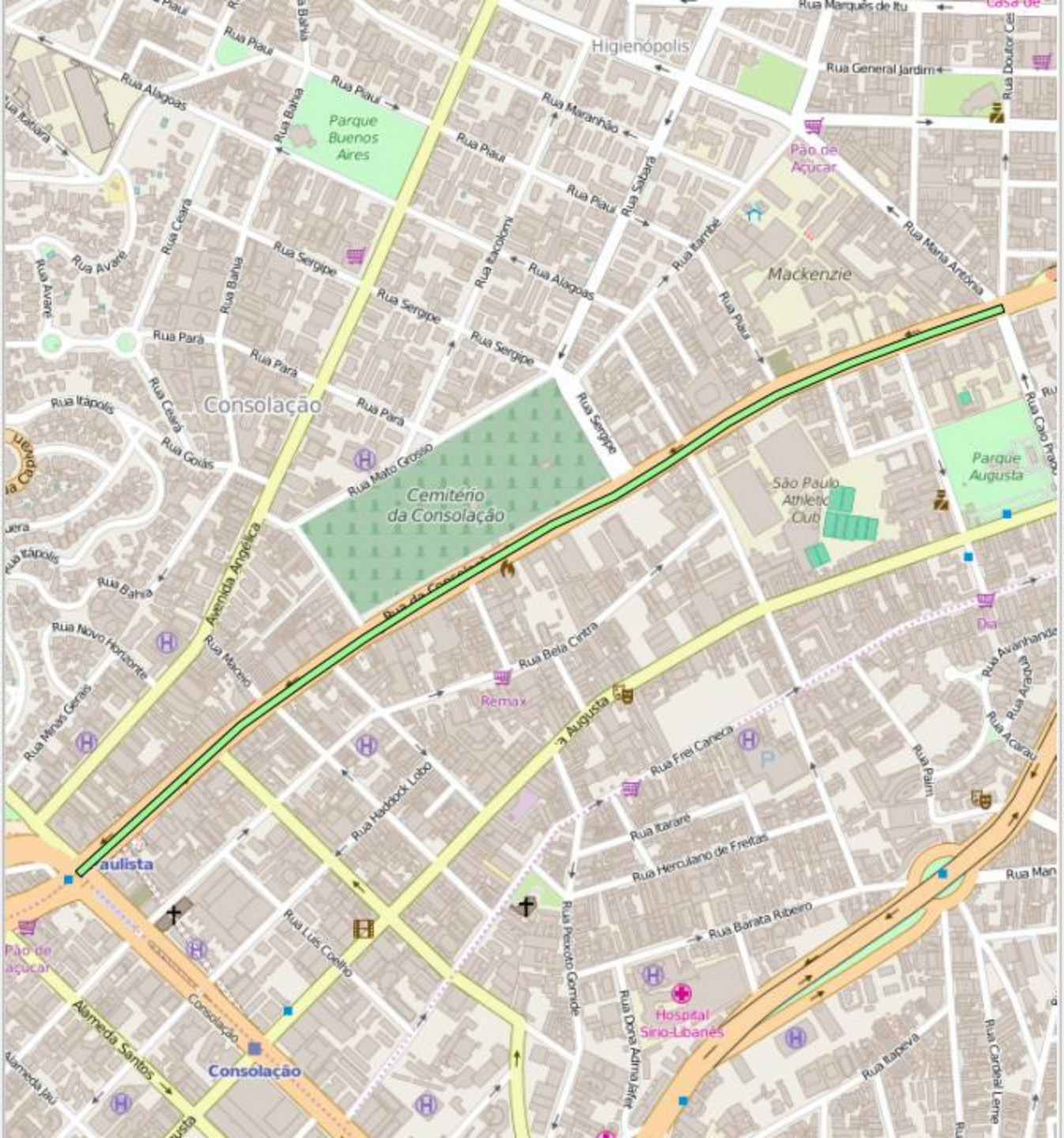
Trecho com retenção isolada (semáforo)



Trecho onde as retenções são mais intensas



- ☑ Recently used
- 🌐 Join a...
- 🗺 GDAL/OGR
- 🌱 GRASS com...
- 🗄 GeoServer
- 📦 Models [4...
- 🎨 Orfeo Tool...
- 🌿 QGIS geoa...
- 🌐 SAGA [243...
- 📄 Scripts [10...



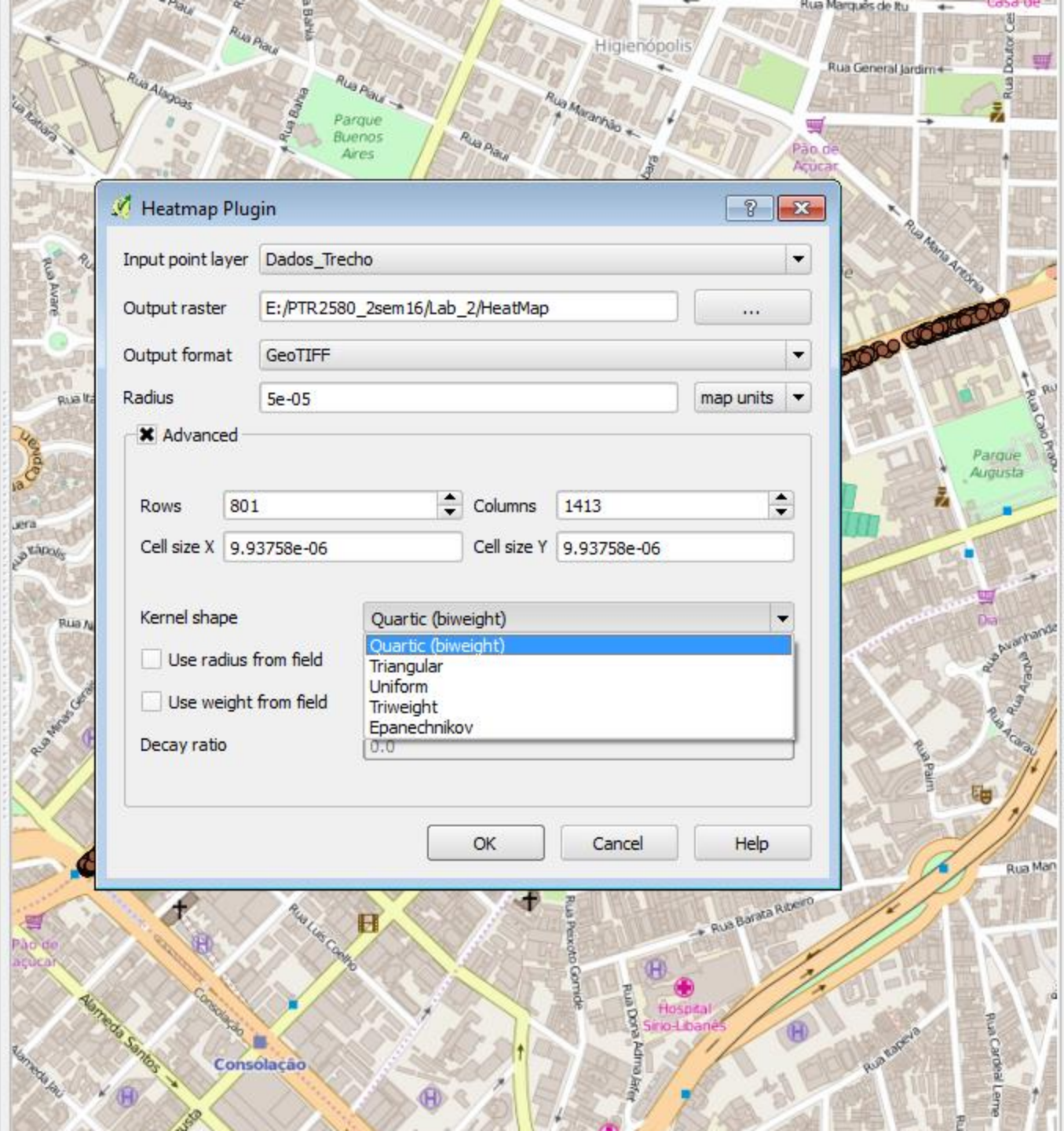
- Recently used
- Join a...
- GDAL/OGR
- GRASS com...
- GeoServer
- Models [4
- Orfeo Tool
- QGIS geoa...
- SAGA [24]
- Scripts [10



- Recently used
- Join a...
- GDAL/OGR
- GRASS com...
- GeoServer
- Models [4
- Orfeo Tool
- QGIS geo...
- SAGA [24]
- Scripts [10



- ☰ Recently used
- 🌐 Join a...
- 🗺️ GDAL/OGR
- 🌱 GRASS com...
- 🗄️ GeoServer
- 📦 Models [4
- 🏠 Orfeo Tool
- 🌿 QGIS geo...
- 🌐 SAGA [24]
- 📄 Scripts [10



Heatmap Plugin

Input point layer: Dados_Trecho

Output raster: E:/PTR2580_2sem16/Lab_2/HeatMap

Output format: GeoTIFF

Radius: 5e-05 map units

Advanced

Rows: 801 Columns: 1413

Cell size X: 9.93758e-06 Cell size Y: 9.93758e-06

Kernel shape:

- Quartic (biweight)
- Quartic (biweight)**
- Triangular
- Uniform
- Triweight
- Epanechnikov

Use radius from field

Use weight from field

Decay ratio: 0.0

OK Cancel Help

Search...

Recently used

- Join a
- GDAL/OGR
- GRASS com
- GeoServer
- Models [4
- Orfeo Tool
- QGIS geo
- SAGA [24
- Scripts [10

ecno

00

72

43

15

36

58

29

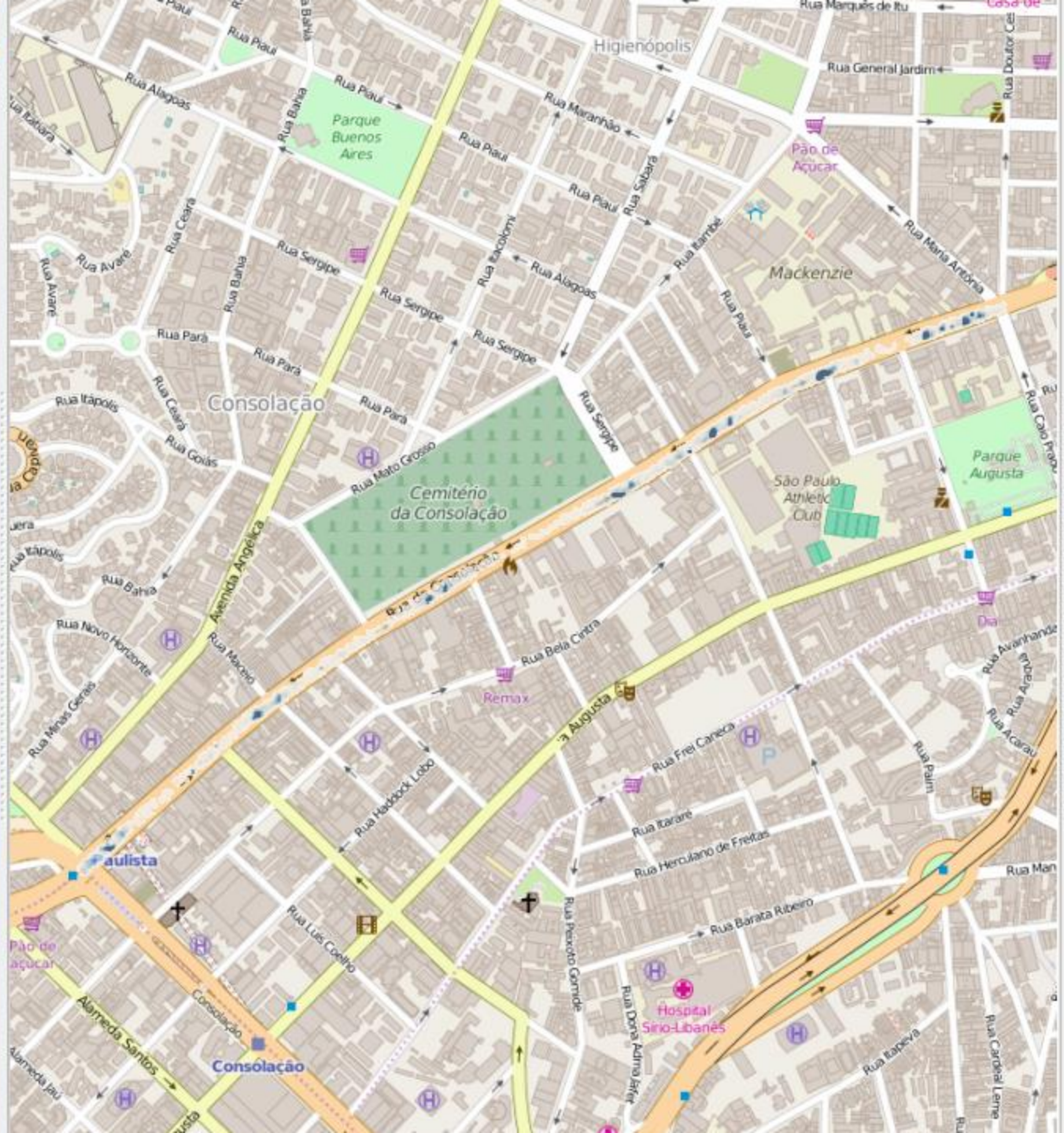
95

50

Consolacao

Consolacao.shp

StreetMap



Search...

Recently used

- Join a...
- GDAL/OG...
- GRASS com...
- GeoServer
- Models [4
- Orfeo Tool
- QGIS geoa...
- SAGA [24]
- Scripts [10

Onibus

mp

00

72

43

15

86

58

29

95

50

Consolacao

Consolacao.shp

o

StreetMap



Search...

Recently used

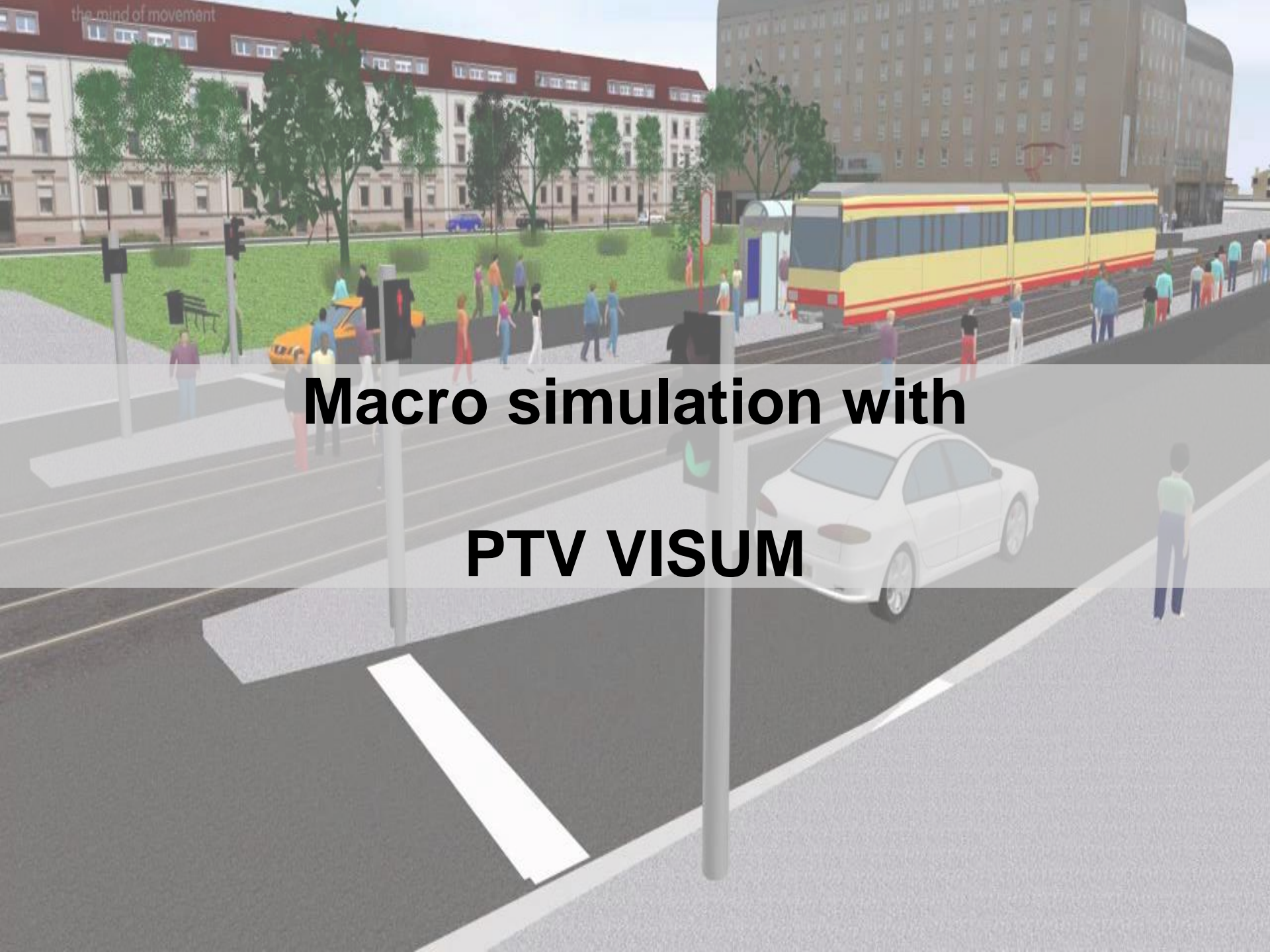
- Join a...
- GDAL/OGR
- GRASS com...
- GeoServer
- Models [4
- Orfeo Tool
- QGIS geoa...
- SAGA [24]
- Scripts [10

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



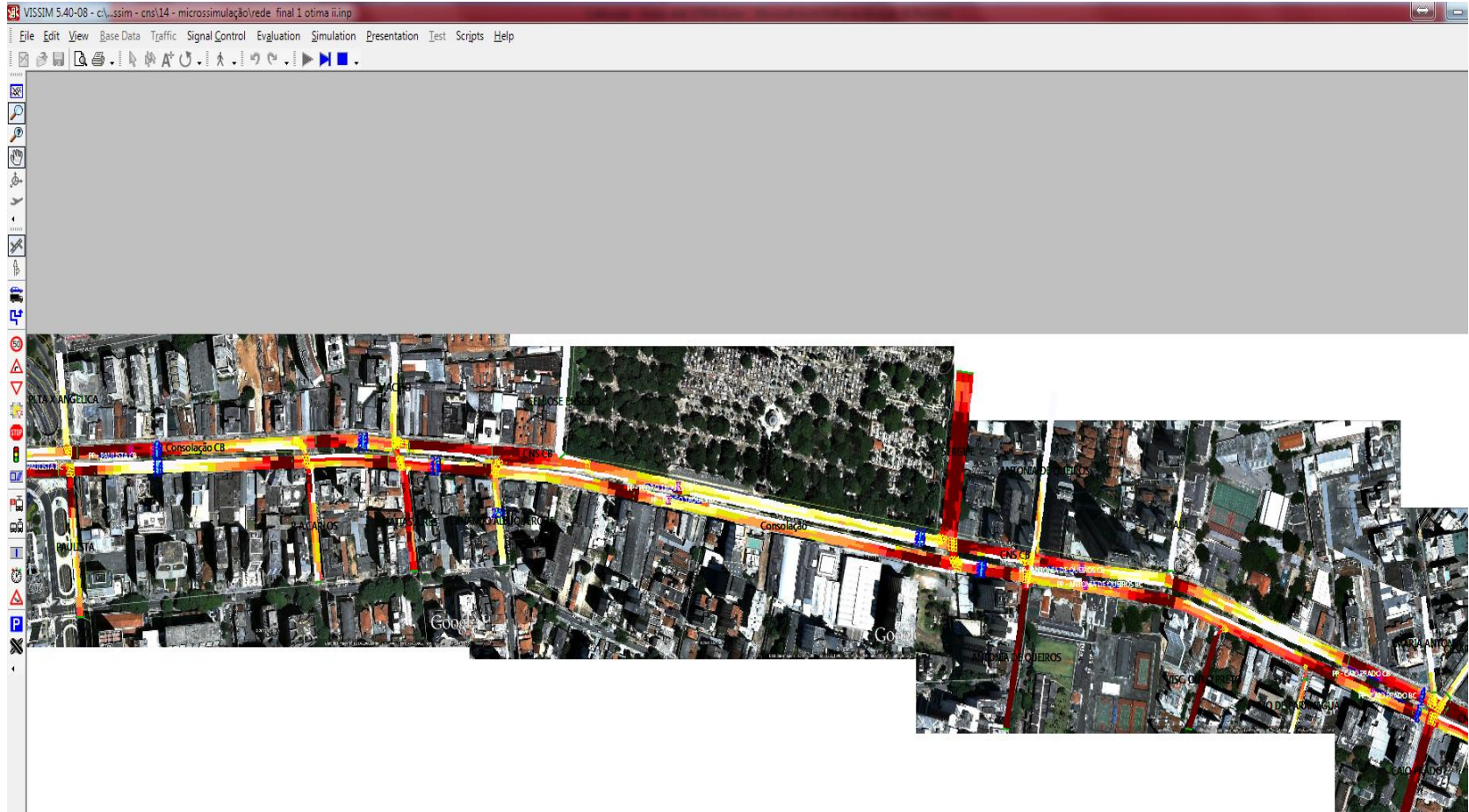
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E RESULTADOS





**Macro simulation with
PTV VISUM**

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



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%

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



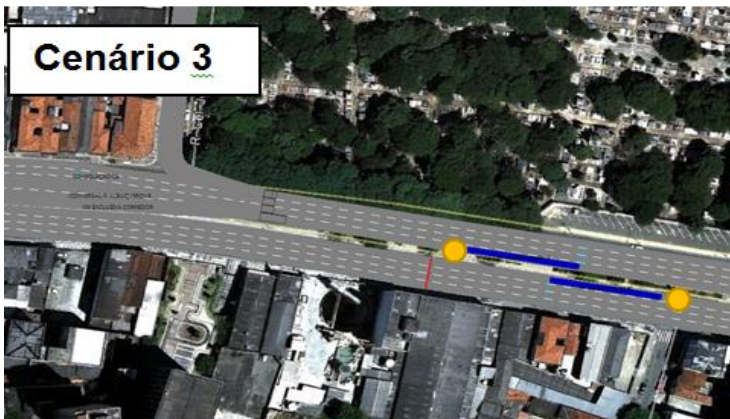
Cenário 1

Avenida Paulista e rua da Consolação;



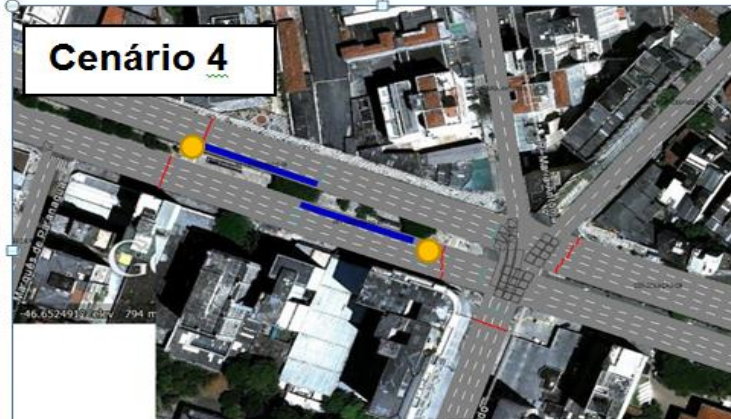
Cenário 2

Rua Matias Aires e rua da Consolação;



Cenário 3

Rua Fernando de Albuquerque e Sergipe;



Cenário 4

Marques de Paranaguá e Caio Prado

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Cenário 1

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

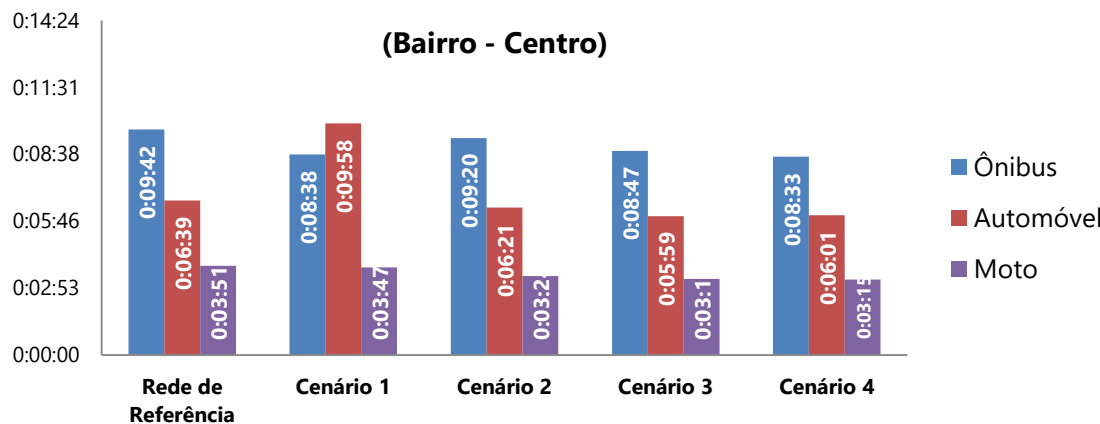
- Aplicação do TSP diretamente sobre a rede calibrada;
- Oferta atual de transporte público equivalente a 306 ônibus/hora;
- Resultados: Controles semaforicos em operação desregulada, colapso na rede.

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

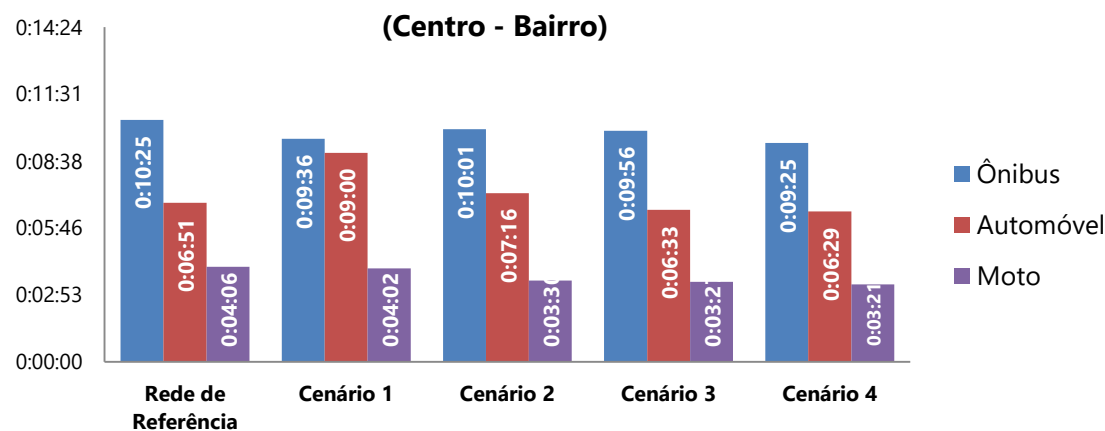
ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

Comparativo entre os tempos médios de viagem (minutos)



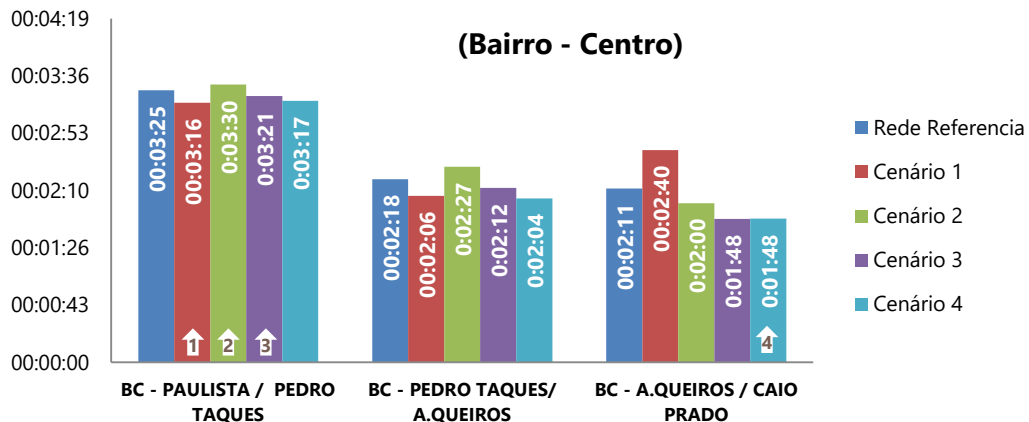
Resultados:

- ✓ 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.



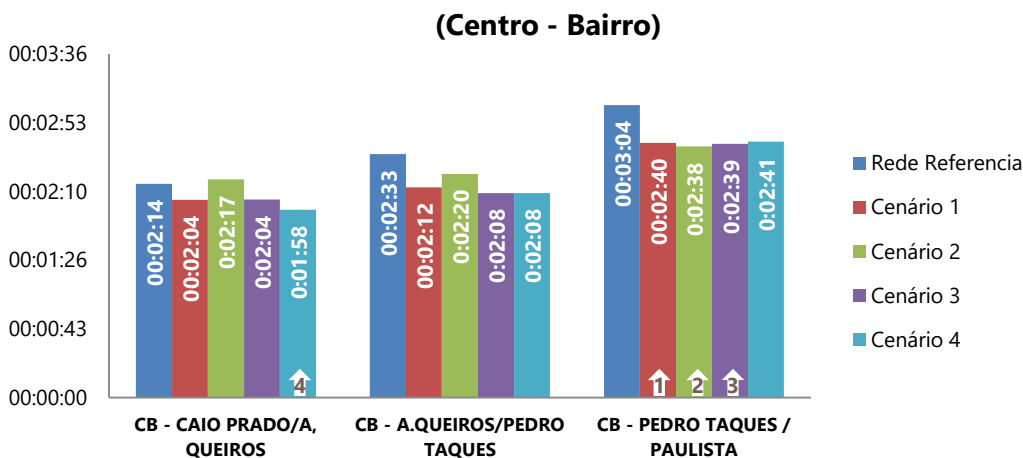
ANÁLISES SOBRE OS RESULTADOS

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.

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

MODELAGEM DE DADOS



MODELAGEM DE DADOS

- Processo de construção de um banco de dados contendo:
 - ▣ dados de rastreamento dos ônibus (GPS)
 - ▣ dados pluviométricos
 - ▣ dados de velocidades
 - obtidas a partir dos dados do GPS/AVL

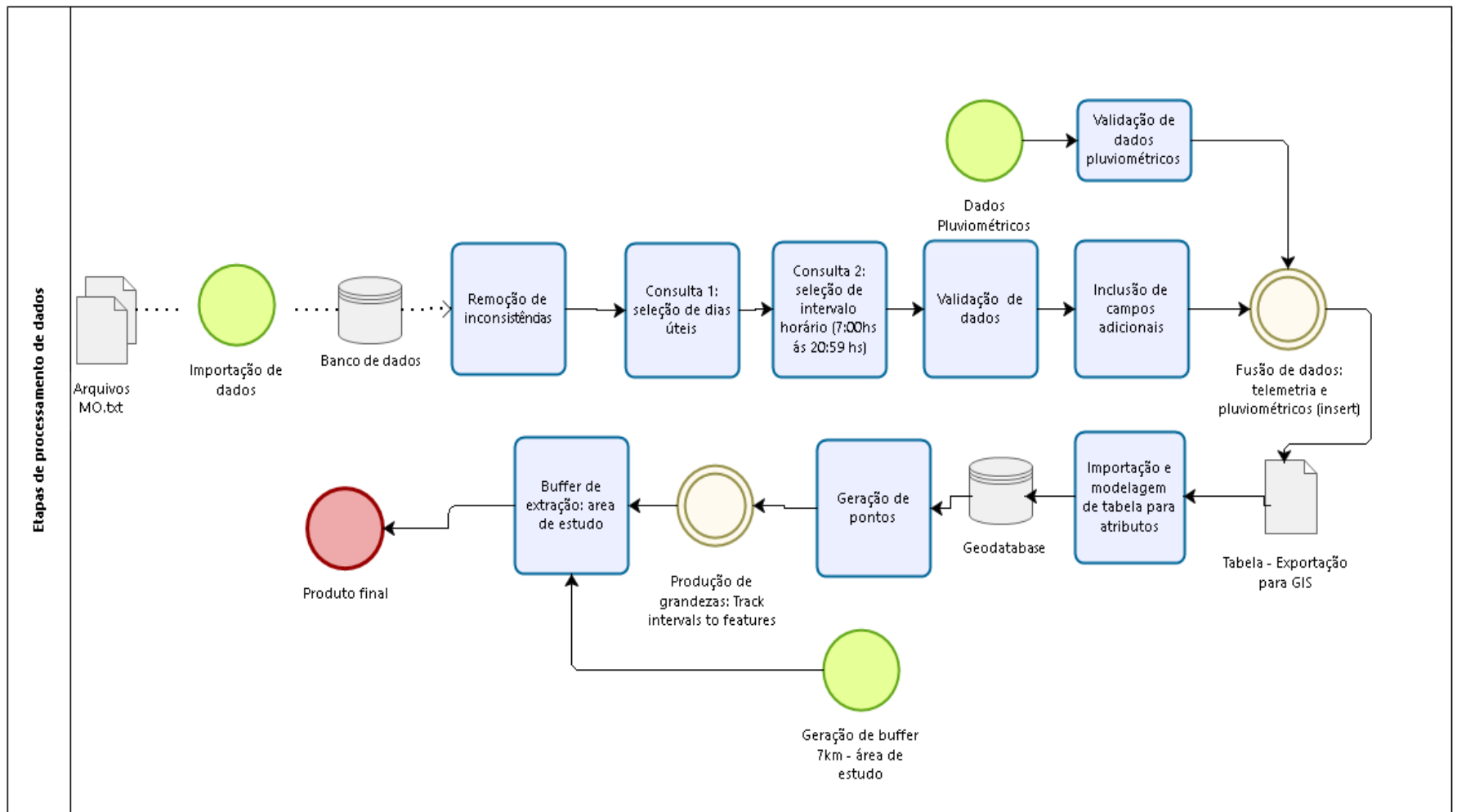
MODELAGEM DE DADOS

- ▣ Partiu-se de 32 milhões de registros AVL (Automatic vehicle location), que após as exclusões de dados que não atendiam a critérios estabelecidos, resultou em 20 milhões de registros, que serão utilizados subsequentemente para mostrar a variabilidade da velocidade em cenários com e sem precipitação de chuva
- ▣ O universo final resultou, da ordem de:
 - 17 milhões de registros sem a presença de chuva
 - 3 milhões de registros com a presença de chuva

Modelo de arquivo MO.txt fornecido pela São Paulo Transportes

Campos originais arquivo MO.txt	
Campo	Conteúdo
Data 1	Data/hora do Servidor de recebimento dos dados
Data 2	Data/hora do momento de captura do dado
Código AVL	Código único identificador do dispositivo de rastreamento
Latitude	Latitude
Longitude	Longitude
Código da linha	Código de identificação da linha
Código de referências	Código de referência a pontos de interesse
Sentido	Sentido ida ou volta

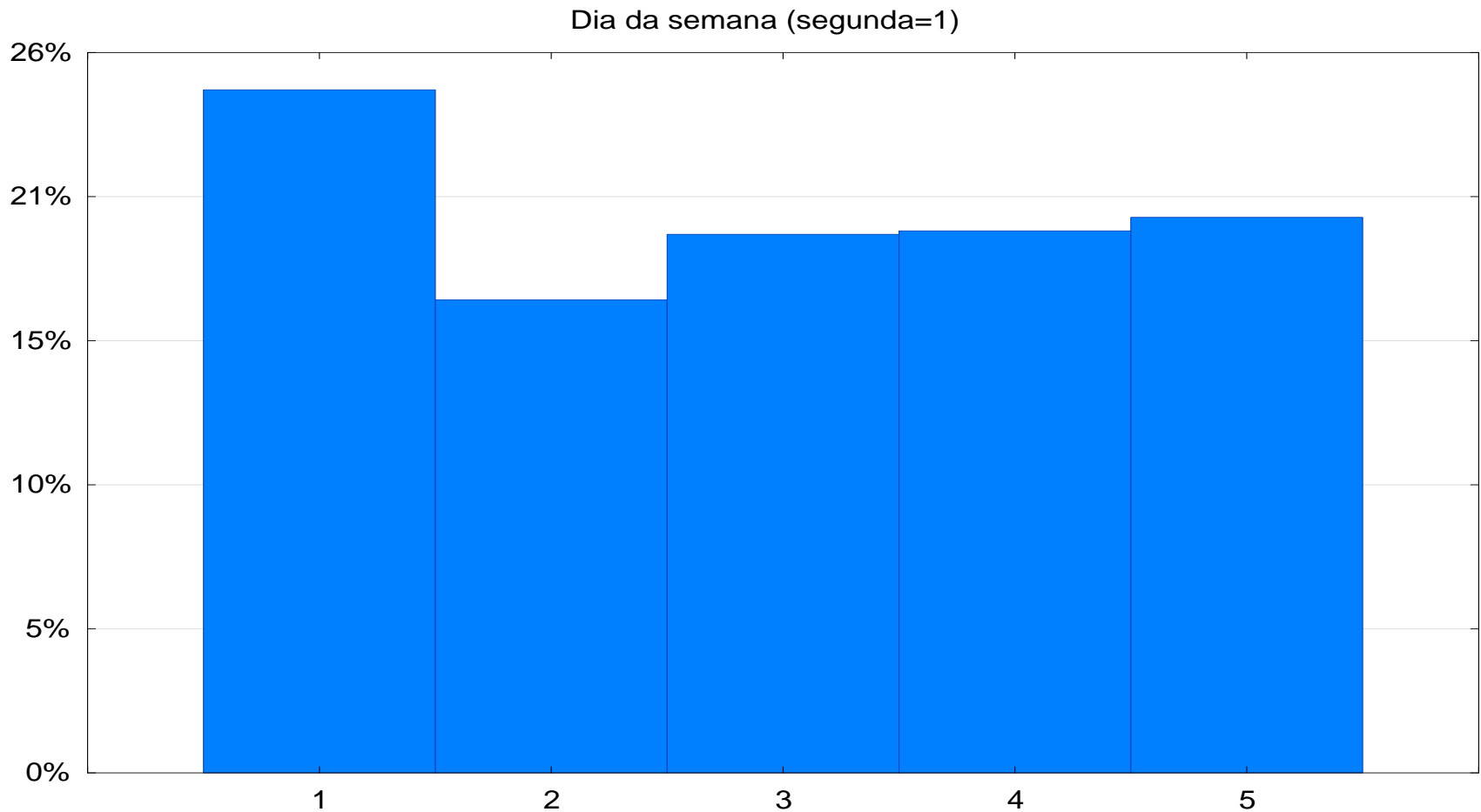
Etapas da modelagem de dados



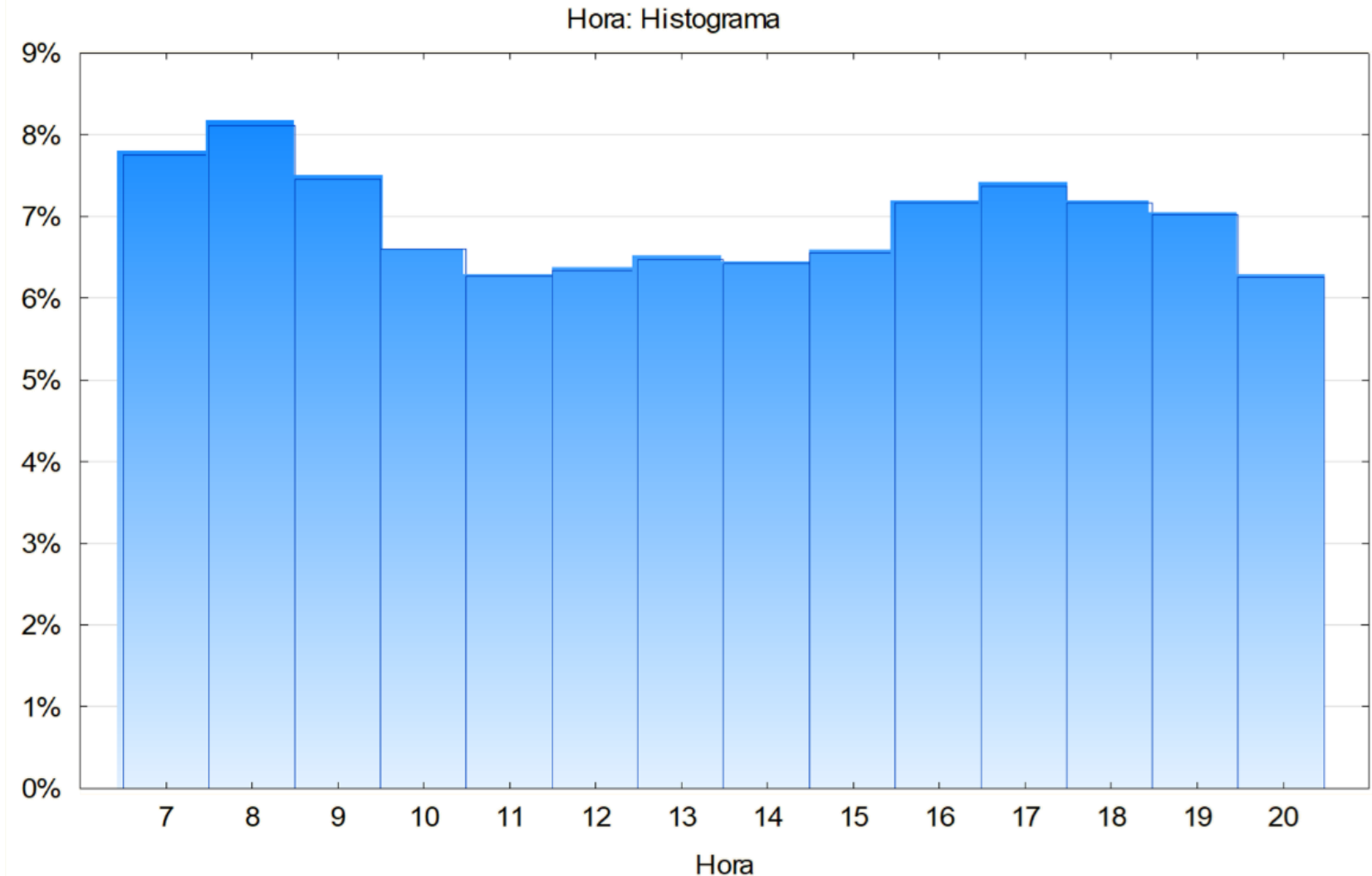
Dados Primários: Rastreamento dos Ônibus e Pluviometria

- Foram processados 32 milhões de pontos de GPS, obtidos no mês de março de 2014
- Foram selecionados registros de todos os dias úteis da semana
 - ▣ segundas até sextas-feiras
 - na faixa de horário entre 7:00 horas e 20:59 horas
 - ▣ Com esses dias da semana buscou-se caracterizar a maior demanda cíclica de transporte
 - ▣ como com essa faixa de horário buscou-se caracterizar como se dá o impacto das precipitações de chuva no período de pico da tarde
 - quando estas normalmente ocorrem com maior frequência, caracterizando o período das chuvas de verão no Brasil.

Histograma (normal): Microviagens por dia da semana



Histograma (normal): Variação horária diária - microviagens



Dados Primários: **Rastreamento dos ônibus** e Pluviometria

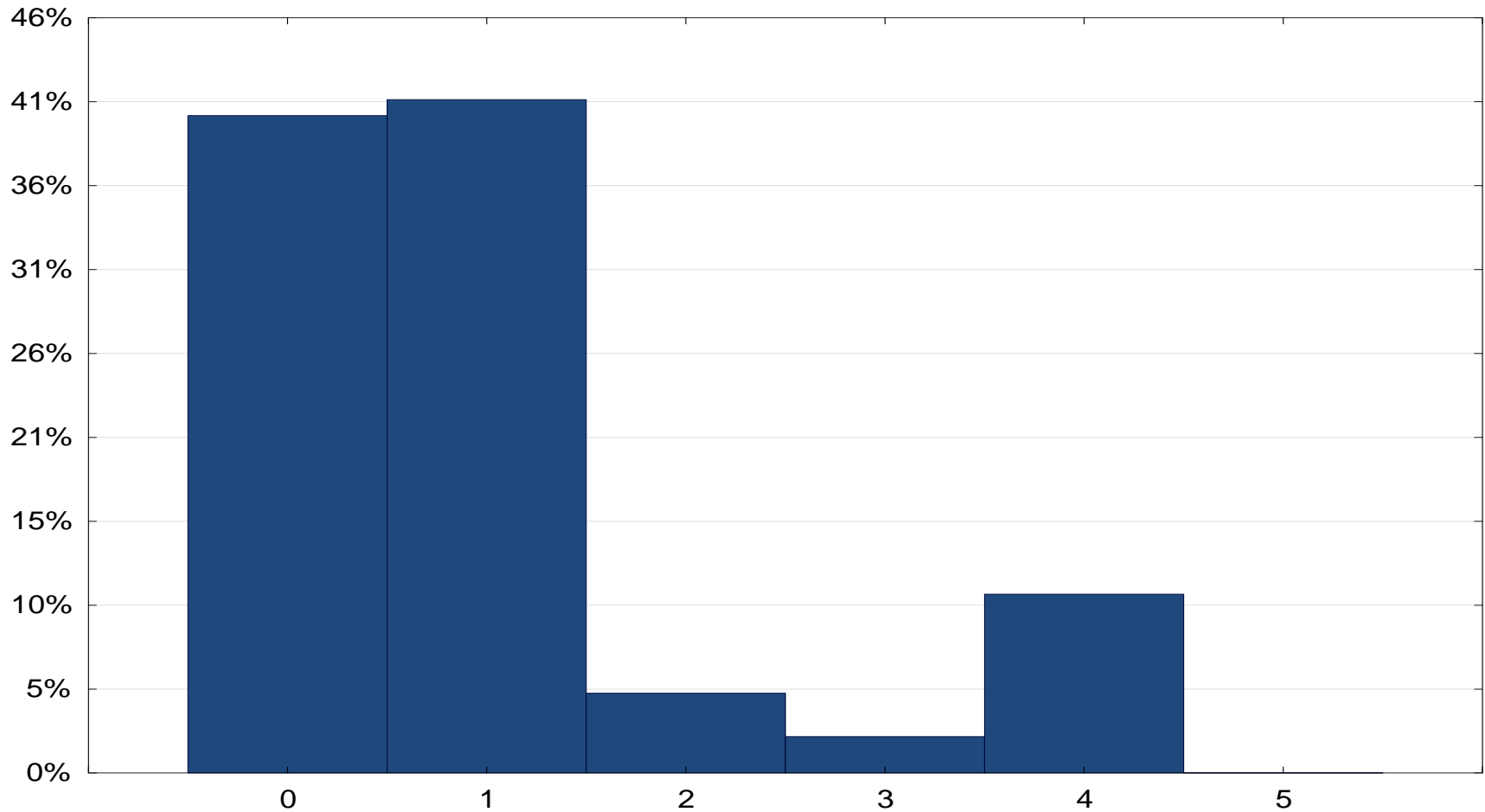
- Concluída a limpeza e seleção, foram criados campos adicionais para simplificar futuros processamentos:
 - ▣ Campo “hora cheia” – derivado do campo data/hora do servidor para fins de agrupamento;
 - ▣ Campo dia da semana – derivado do campo data/hora do servidor para fins de agrupamento;
 - ▣ Campo “contagem” – para fins de processamento estatístico.

Dados Primários: **Rastreamento dos ônibus** e Pluviometria

- Foram selecionados registros cuja frequência de leitura se deu em até 5 minutos
 - ▣ garantindo uma uniformidade temporal na aquisição de dados, priorizando distâncias euclidianas curtas
 - ▣ Dados provenientes de equipamentos com envios intermitentes, com interrupção na transmissão, entre outras inconsistências, foram descartados
 - representando em torno de 3% do total dos registros.

Histograma: Duração do intervalo entre leituras (em minutos) - microviagens

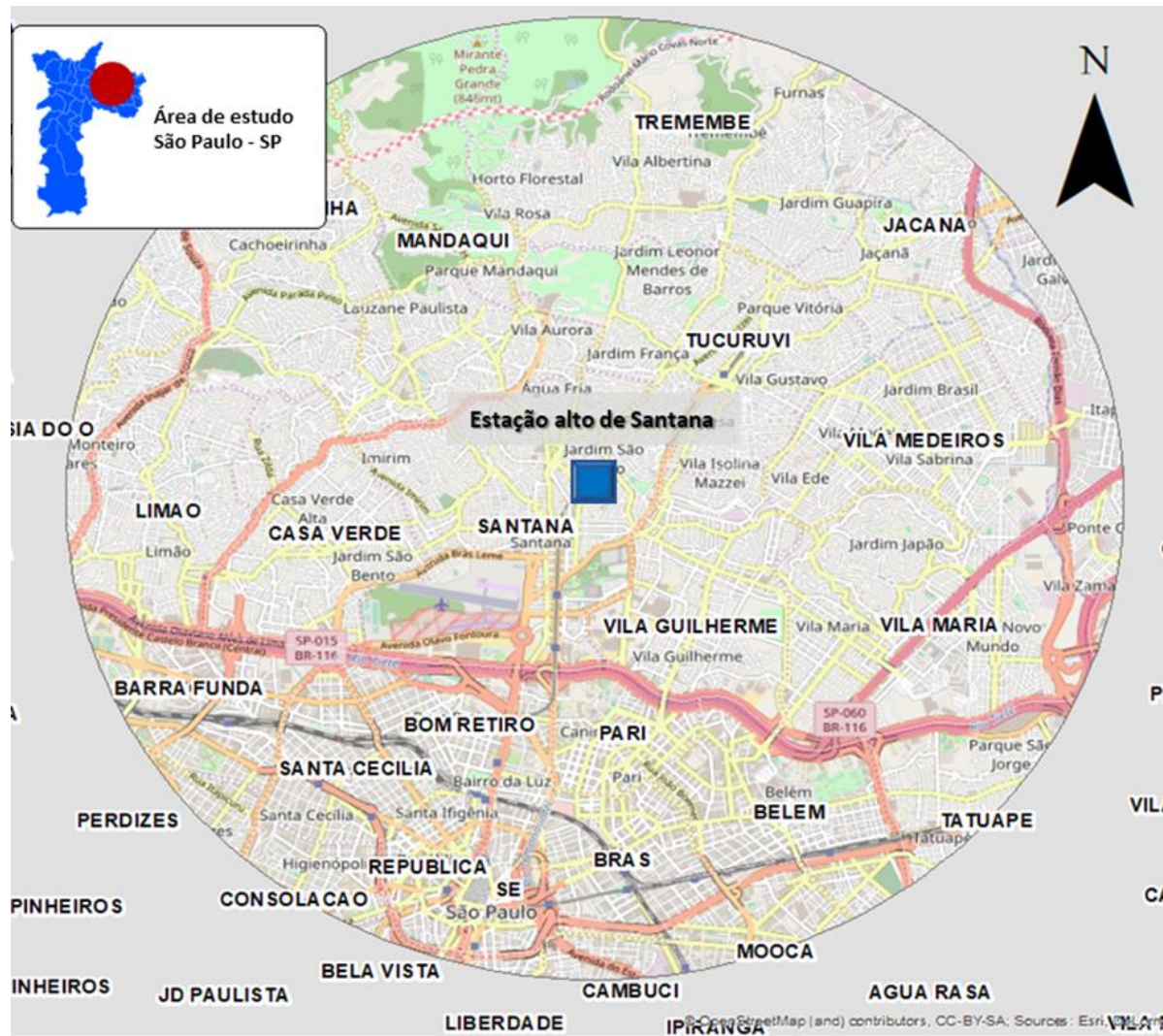
Histograma: Duração do intervalo entre leituras (minutos)



Dados Primários: Rastreamento dos ônibus e **Pluviometria**

- A área de estudo foi circunscrita ao raio de 7 Km, no entorno na Estação Meteorológica “Mirante de Santana”
 - ▣ Além de extensa, a região cobre diferentes tipos de vias urbanas, incluindo vias centrais, vias de alta velocidade - como partes da Avenida Marginal Tietê e da Rodovia Presidente Dutra e regiões periféricas.

Área de estudo



Dados Primários: Rastreamento dos ônibus e **Pluviometria** (*Data Fusion*)

- Os dados meteorológicos, disponíveis de forma consolidada hora a hora, foram incorporados aos dados de rastreamento
 - ▣ considerando todos os dados de rastreamento adquiridos em uma mesma hora,
 - ▣ para um valor único de chuva (em milímetros) obtido na estação meteorológica no mesmo horário.

Diagrama ilustrativo: generalização da precipitação horária (*Data Fusion*)



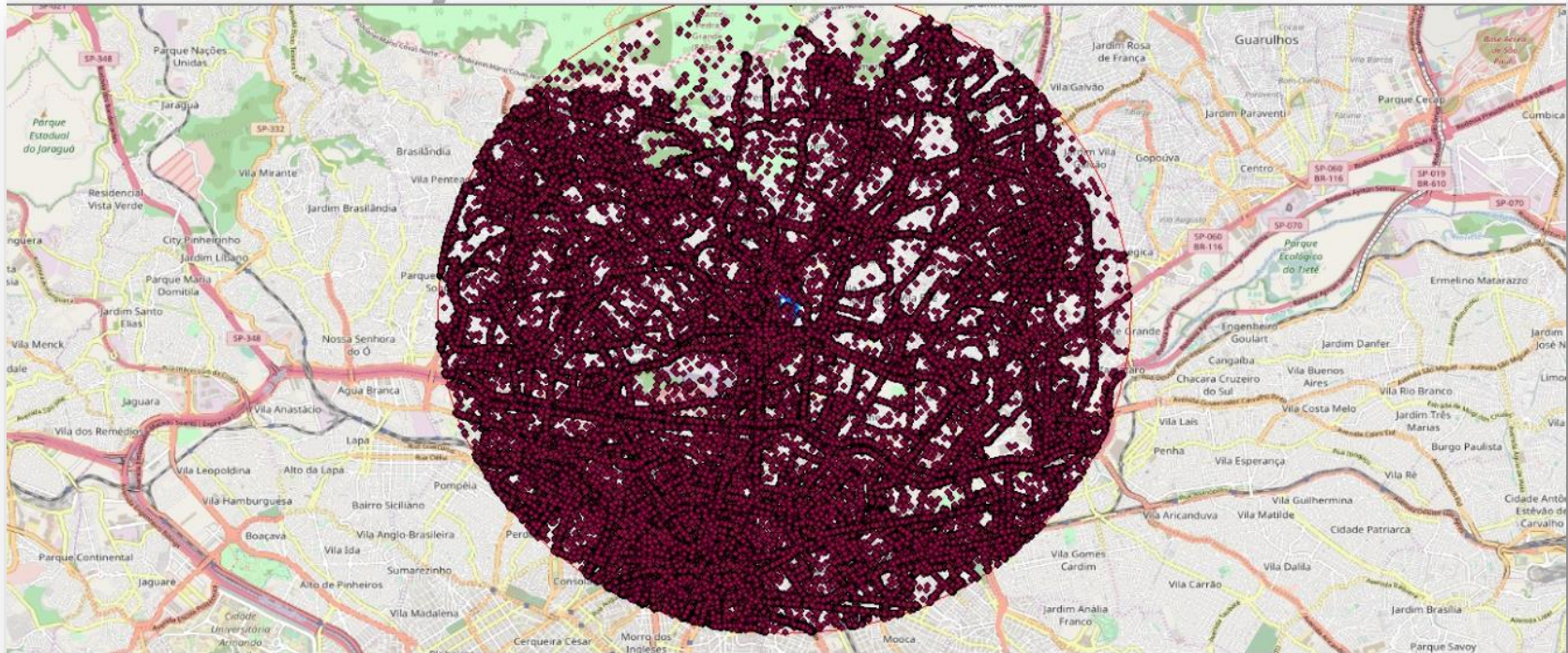
Determinação das Velocidades

- A análise da operação da frota de ônibus pode ser feita por meio da medida dos tempos de viagem, distâncias percorridas ou pelas **velocidades médias** calculadas entre origem e destino
- Considerando o grande número de linhas circulantes ao longo do dia, em todas as direções, esta pesquisa aborda os dados de forma desagregada (Casas, 2003; Lindner et al., 2016; Strambi and Van De Bilt, 1998)
- Como os intervalos de marcação do AVL são esparsos no tempo e, portanto, nem a medida dos tempos de viagem, nem a distância percorrida foram considerados adequados para o tratamento dos dados.

Determinação das Velocidades

- Diferentemente do cálculo dos tempos de viagem (KAMGA; YAZICI, 2014), nesta pesquisa o intervalo de tempo de duração e a distância entre dois pontos AVL, foram utilizados para estabelecer um conjunto de velocidades médias
- Para o cálculo das velocidades médias foram considerados dois pontos de marcação sequenciais, gerados a partir de um único AVL, ordenados de forma cronológica, ou seja, definidos sequencialmente no tempo e no espaço

Produto final pós modelagem de dados



t	dia	cod dias	hserver	hcheia	lat	long	Cod1	cod2	Distance M	hserver	Duration MIN	hserver	Speed KPH	hserver	Course DEG	hserver	Pluvi0	codchuv	h0	Shape *	pluvi22
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:57	11	-23,5305	-46,64672	461	11960	89,764508	0,116667	46,164604	140,826342	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:53	11	-23,544727	-46,64341	34195	13141	340,95273	0,783333	26,115528	227,661536	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:51	11	-23,501982	-46,623578	625	9567	22,327513	0,1	13,396508	189,975127	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:44	11	-23,50933	-46,591348	862	44788	274,908843	1,416667	11,643198	101,900762	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:35	11	-23,54966	-46,653387	610	37658	174,830719	1,133333	9,255744	59,206469	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:57	11	-23,5406	-46,594823	33630	44850	640,589374	4,25	9,043615	278,848446	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:55	11	-23,479435	-46,601977	864	44753	293,124333	1,1	15,9886	231,230578	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:46:08	11	-23,54884	-46,601932	1091	56869	215,920531	1,4	9,253737	325,395504	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:53	11	-23,513183	-46,580843	33627	44853	317,840819	1,416667	13,461494	83,553969	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:59	11	-23,52574	-46,644568	33326	12571	292,137243	1,666667	10,516941	63,444062	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:47	11	-23,541908	-46,627645	718	57863	81,194865	1	4,871692	316,171312	0	0	Ponto	0					
1	quinta	4	20/03/2014 11:47:42	11	-23,498333	-46,609533	34872	9532	1106,837366	4,25	15,623116	65,406325	0	0	Ponto	0					

Cálculo de grandezas a partir dos dados de telemetria

- A ferramenta “Track Intervals to Features” é parte integrante do módulo “Tracking Analyst” do software Arcgis. Este recurso calcula grandezas em um intervalo entre dois pontos
- Presume-se que a ferramenta explore a equação de Haversine (e suas derivações) (SHUMAKER; SINNOTT, 1984) a qual fornece a distância entre dois pontos na superfície terrestre a partir de suas latitudes e longitudes

Cálculo de grandezas a partir dos dados de telemetria

- As opções de parametrização da ferramenta permitem que se estabeleçam critérios de agrupamento e indexação dos dados a serem processados
- Nestas pesquisa definiu-se o código identificador do dispositivo embarcado como indexador sequencial
- Este código é único e garante que os dados gerados por cada veículo sejam processados individualmente

Cálculo de grandezas a partir dos dados de telemetria

- O processamento foi estabelecido em sequência cronológica contínua, garantindo que o resultado final representasse valores desempenhados em intervalos recorrentes de leitura, sobre um mesmo veículo ao longo da sua operação diária

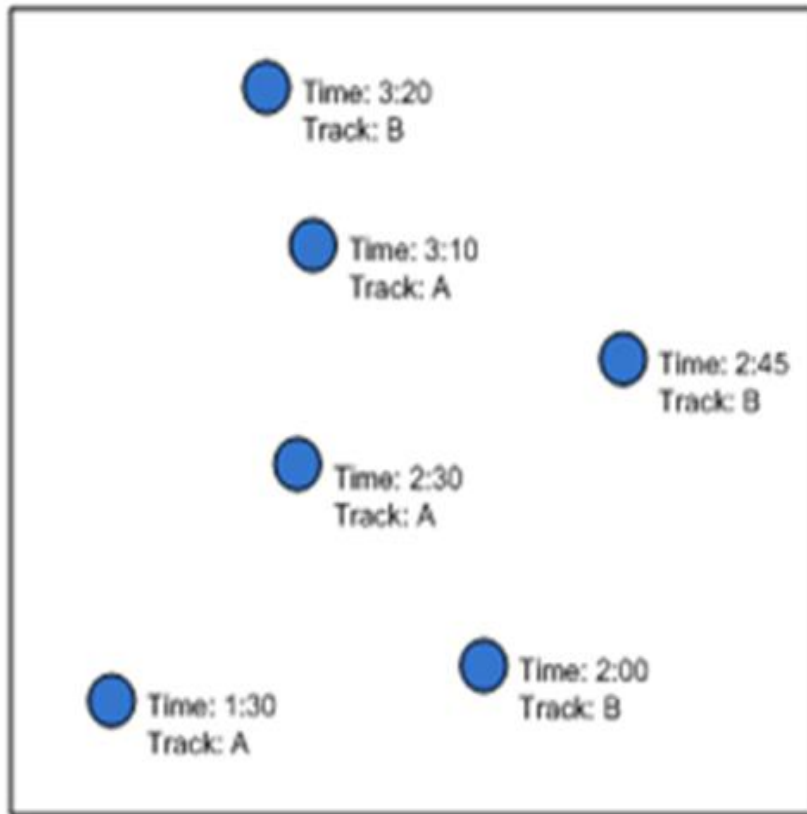
Cálculo de grandezas a partir dos dados de telemetria

- Esse procedimento gerou quatro novos campos no “Geodatabase”:
 - ▣ **Velocidade média**
 - ▣ **Distância euclidiana entre pontos de leitura**
 - ▣ **Intervalo de tempo entre leituras**
 - ▣ **Sentido de deslocamento**

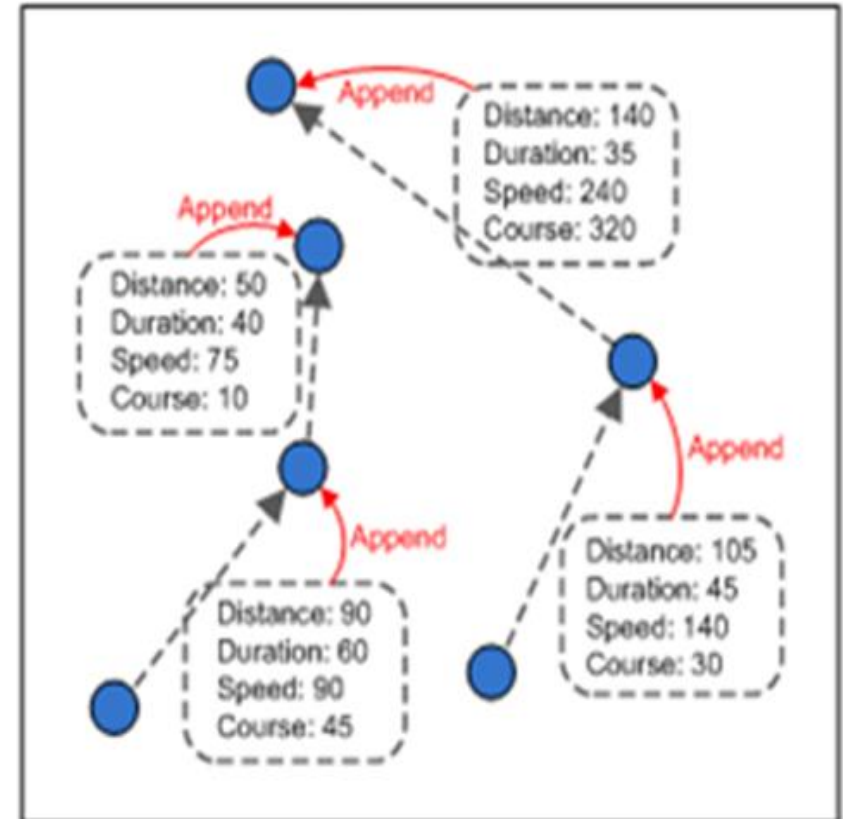
Cálculo de grandezas a partir dos dados de telemetria

- Apesar de serem consideradas distâncias euclidianas e não a distância efetiva percorrida sobre o mapa, o erro médio não é considerável em áreas urbanas, como mostrou Selby e Kockelman (2013)

Diagrama explicativo do cálculo de grandezas a partir de coordenadas geográficas e data/hora: ferramenta “track intervals to features”



Pontos de GPS contendo latitude, longitude, data e hora



Inclusão dos campos **distância**, **duração**, **velocidade** e **direção** aos atributos.

Conceito de Variabilidade

- Foram obtidos dados de tempo entre as leituras, distância euclidiana e **velocidade média (VM)**
 - ▣ sendo esta considerada **vetor de análise de variabilidade das velocidades**
 - (Akin et al., 2011; Chen et al., 2003; Chung et al., 2005; Haynes et al., 2006; Kim and Dongjoo, 2011; Lowry, 2014; Quddus, 2013; Selby and Kockelman, 2013; Skabardonis et al., 2003)

Conceito de Variabilidade

- A percepção de fluidez está fortemente associada à variabilidade no tempo gasto para percorrer uma determinada distância
- O comportamento do tráfego e da operação da frota de ônibus pode ser avaliado a partir da **variabilidade**
 - **medida relativa a um padrão previamente observado, tipicamente mensurada através de medidas estatísticas, como média e desvio-padrão entre outros**

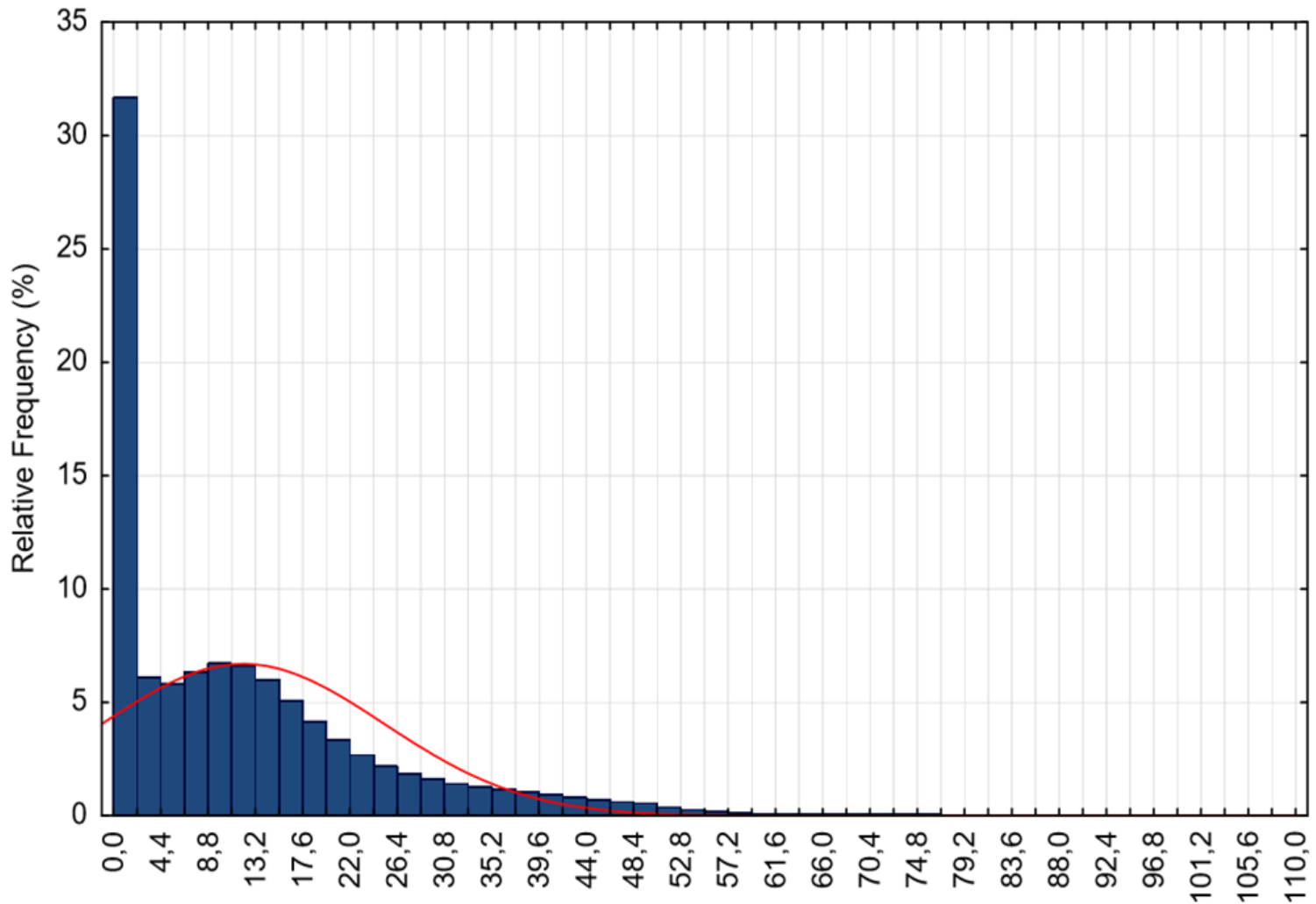
Conceito de Variabilidade

- A **variabilidade** é considerada por diversos autores como uma **boa medida para o nível dos serviços de transporte** (Chen et al., 2003) e para análises de custo benefício nos investimentos em transporte regional (Lyman and Bertini, 2008; Taylor, 2009; Waara et al., 2015).

Caracterização das velocidades médias (VM)

- A análise da distribuição normal das VM entre dois pontos de marcação AVL permitiu constatar a extensão do fenômeno de embarque e desembarque dos ônibus de transporte público de São Paulo
- Cerca de 32% dos registros encontravam-se em classes de velocidade média (VM) menores ou iguais a 2 km/h

Histograma (normal): Velocidades médias (km/h) - microviagens



Caracterização das velocidades médias (VM)

- É possível que, além do embarque e desembarque de passageiros, outros fenômenos, como por exemplo semáforos ou tráfego intenso, contribuam neste contexto
- Segundo a Prefeitura de São Paulo, em cerca de 50% do tempo os ônibus se encontram em movimento, estando - no restante do tempo e de forma equivalente – retidos no trânsito (em semáforos) ou em pontos de parada.
(PERON, 2015)

Caracterização das velocidades médias (VM)

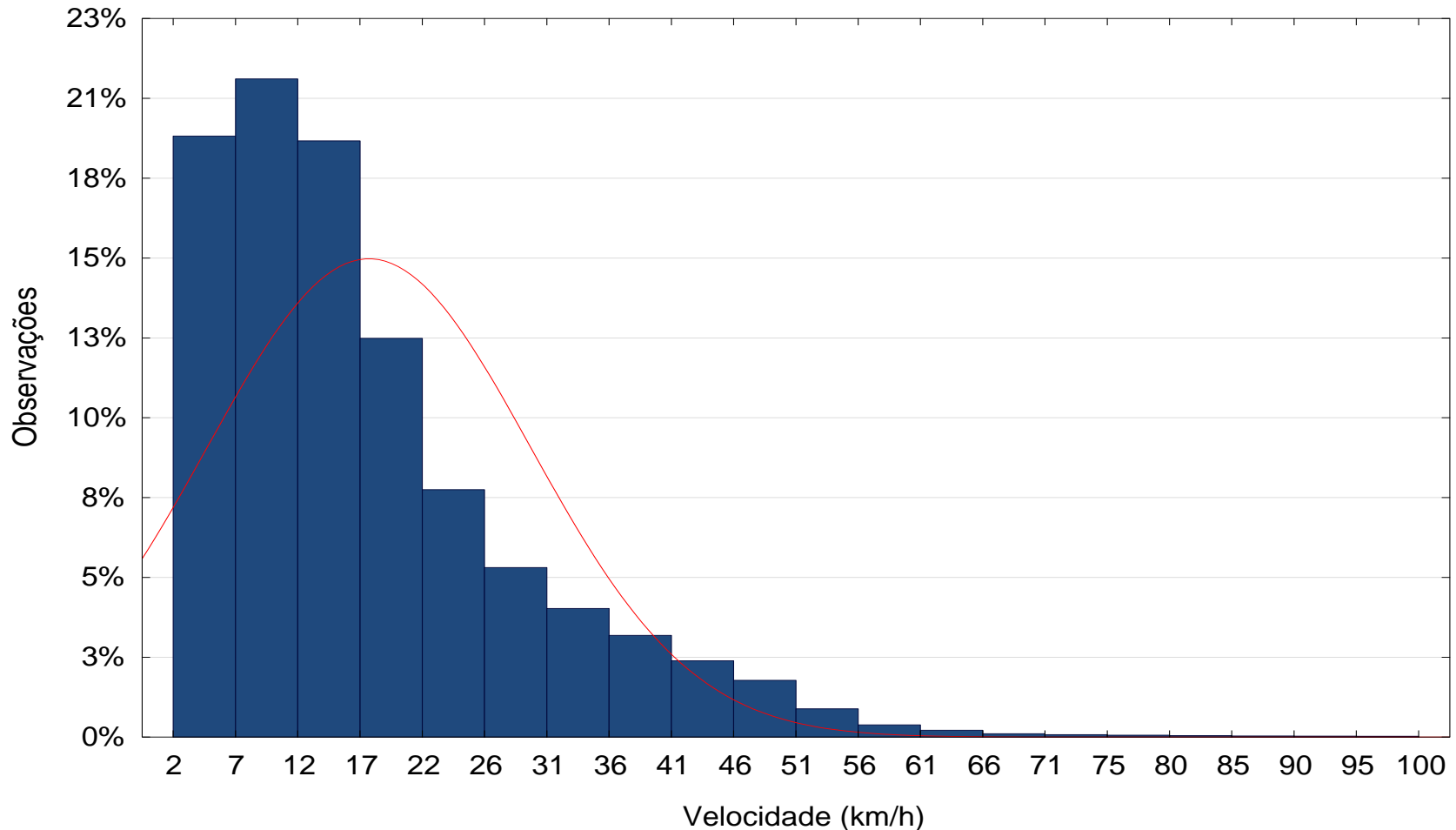
- Considera-se que as características operacionais dos ônibus de transporte urbano, como as encontradas em São Paulo, e provavelmente análogas às grandes metrópoles ao redor do mundo, são um obstáculo à análise da variabilidade, seja das velocidades e dos tempos de viagem entre outros
- Considerando tais fatos, foram excluídos registros com velocidades abaixo de 2 km/h

Caracterização das velocidades médias (VM)

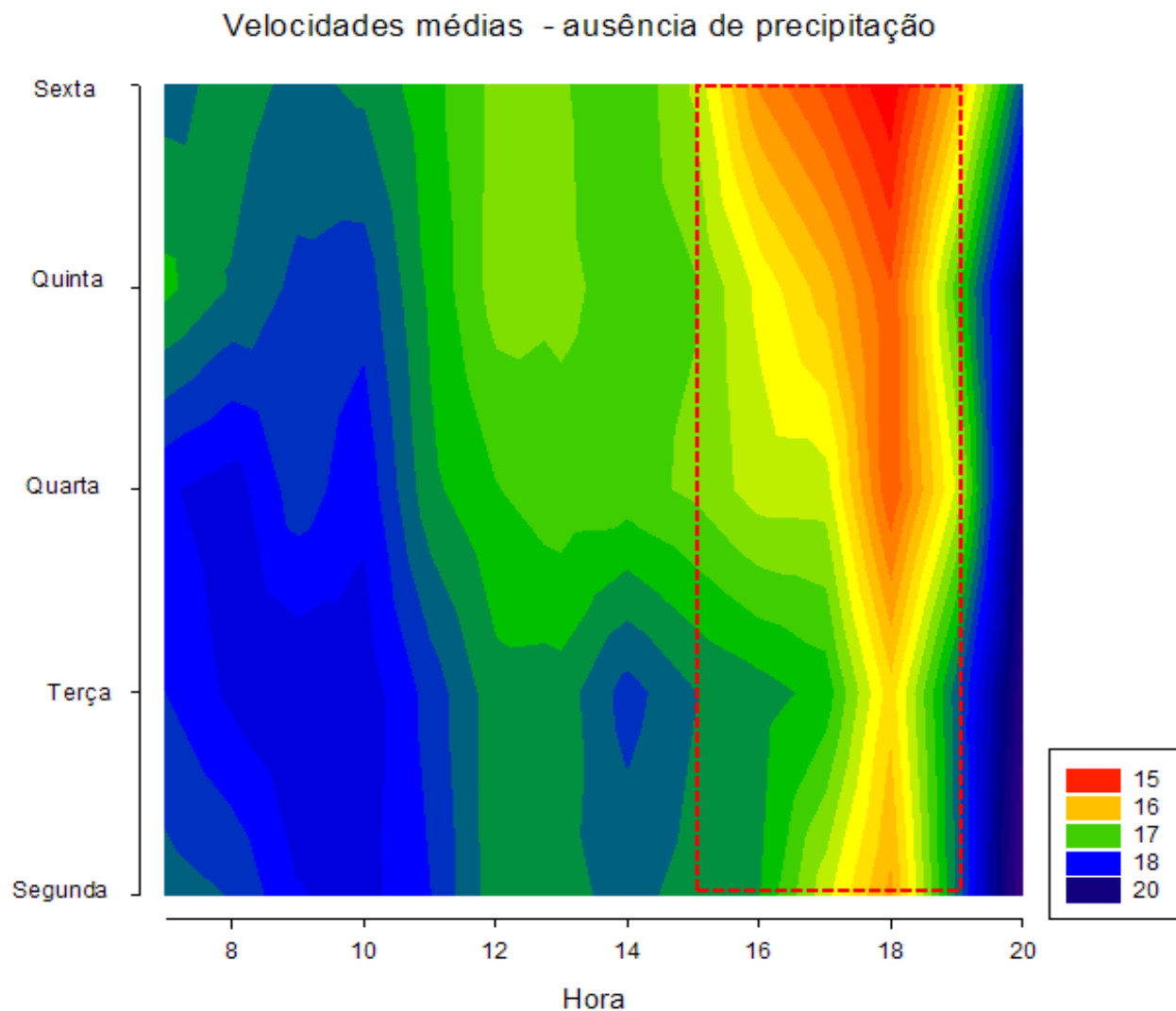
- O objetivo dessa exclusão é garantir que a análise da variabilidade das VM se atenha aos eventos relacionados aos **ônibus em pleno movimento**.
- E essa exclusão resultou numa distribuição mais uniforme das VM entre 2 e 20 km/h
- Com a aplicação desse filtro o conjunto final de dados analisados contabilizou 20 milhões de registros, distribuídos uniformemente durante os dias úteis das semanas do mês de março de 2014

Histograma (normal): Microviagens com velocidades médias a partir de 2 km/h

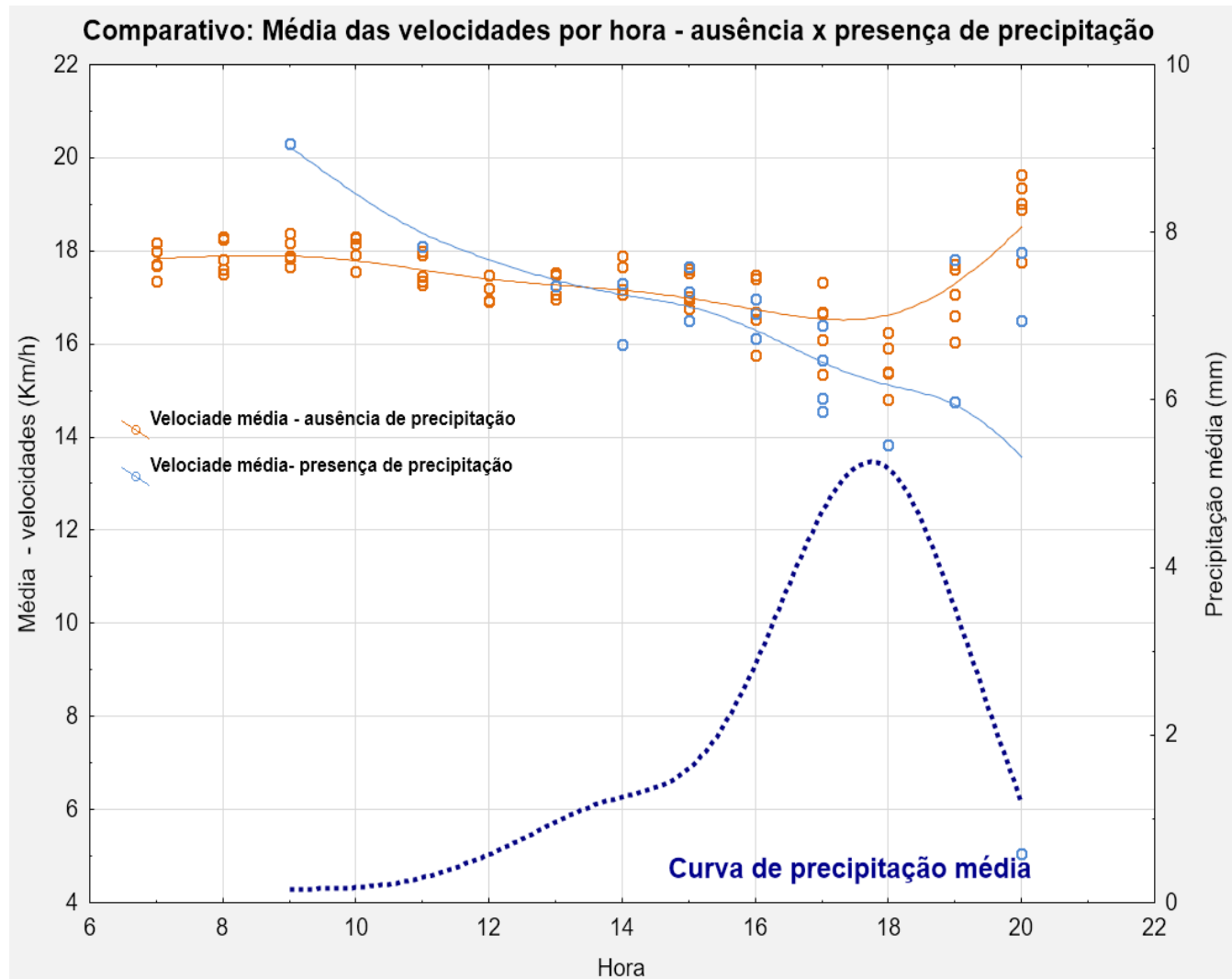
Histogram of Velocidade (km/h)
Normal - Localização:17,31 e escala 12,64



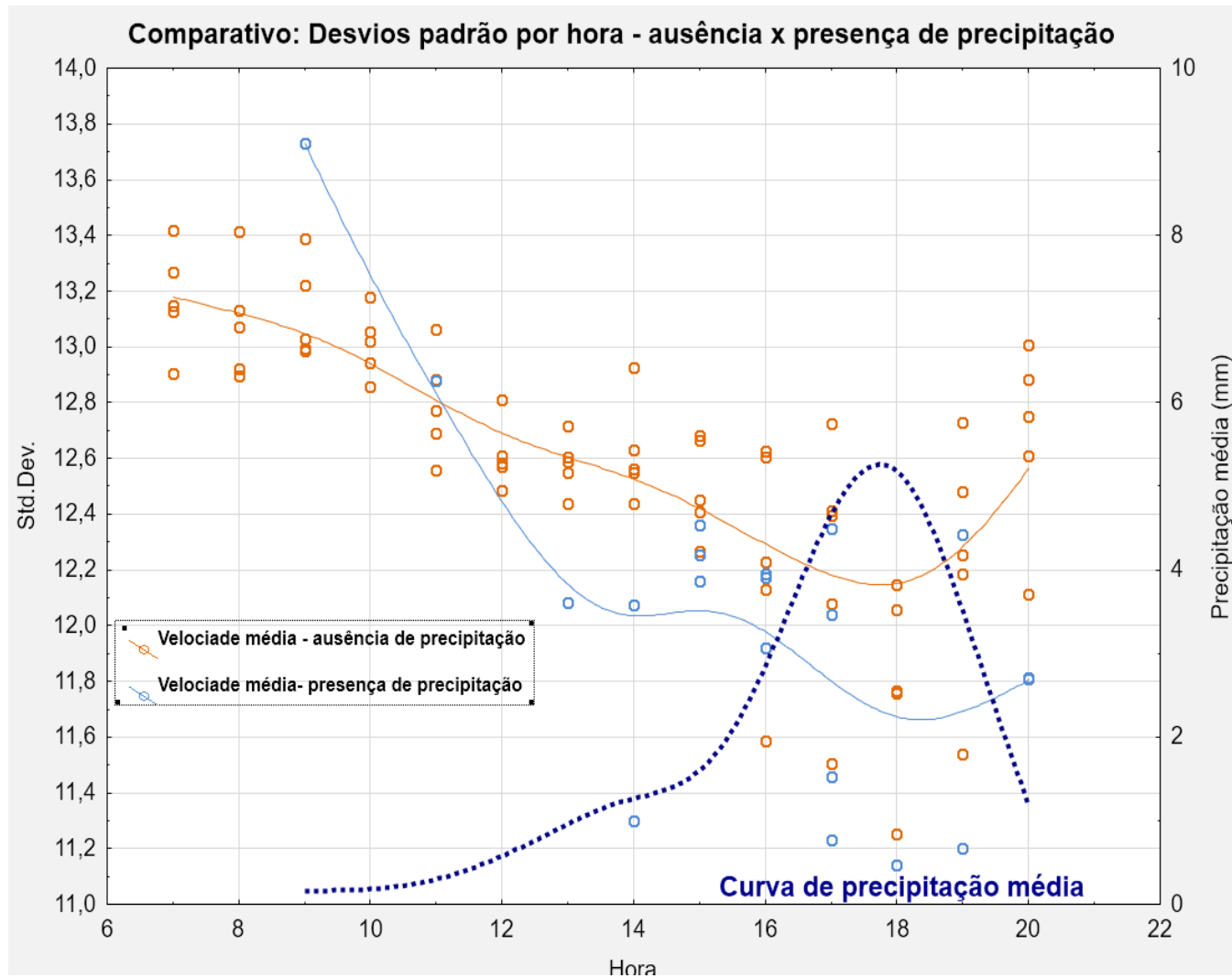
Médias das velocidades (km/h) das microviagens por dia de semana e hora do dia



Médias das velocidades das microviagens: chuva x seco x curva de precipitação



Desvios padrão das velocidades das microviagens: chuva x seco x curva de precipitação



APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E RESULTADOS

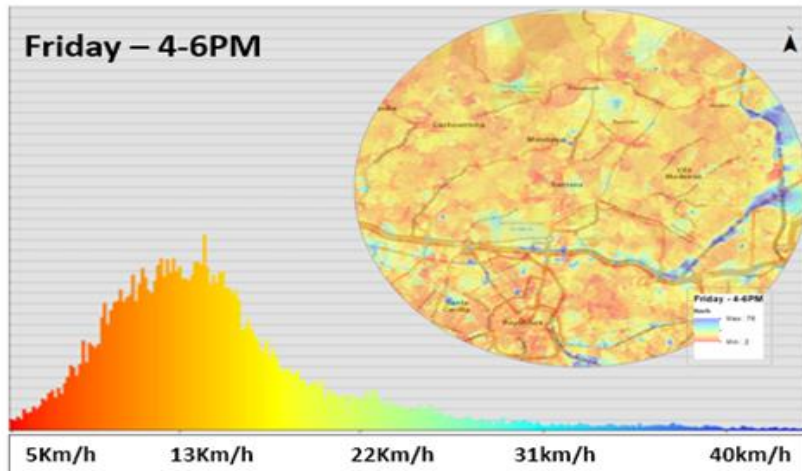
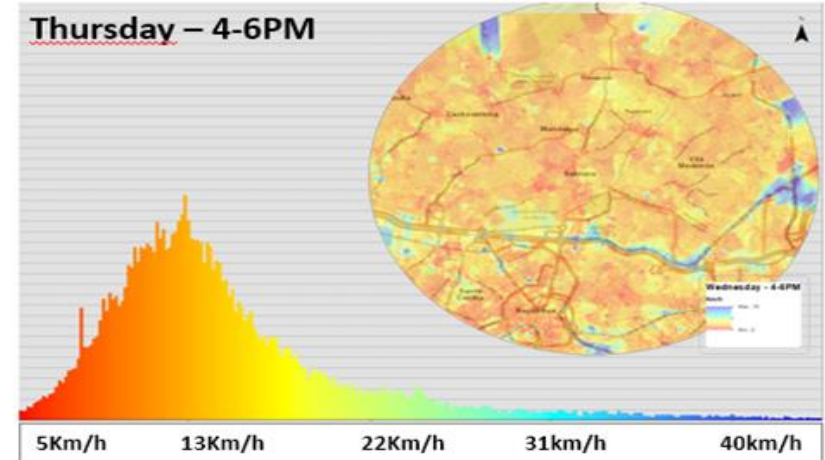
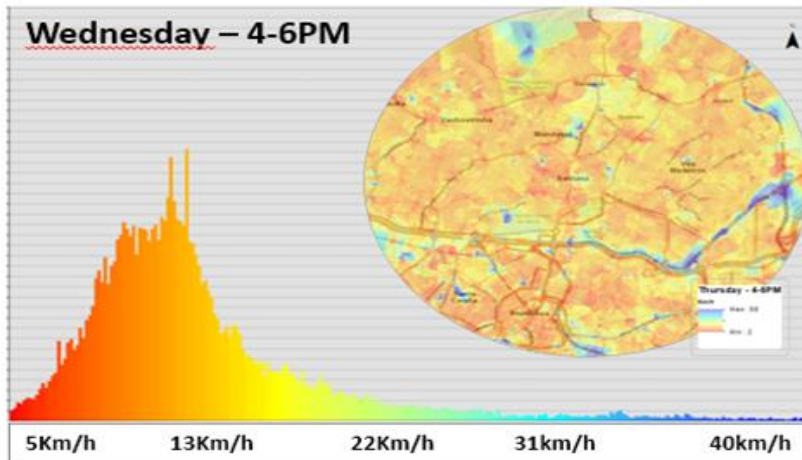


VM dos ônibus urbanos frente à ausência de precipitação de chuva (0 mm de chuva / hora)

	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

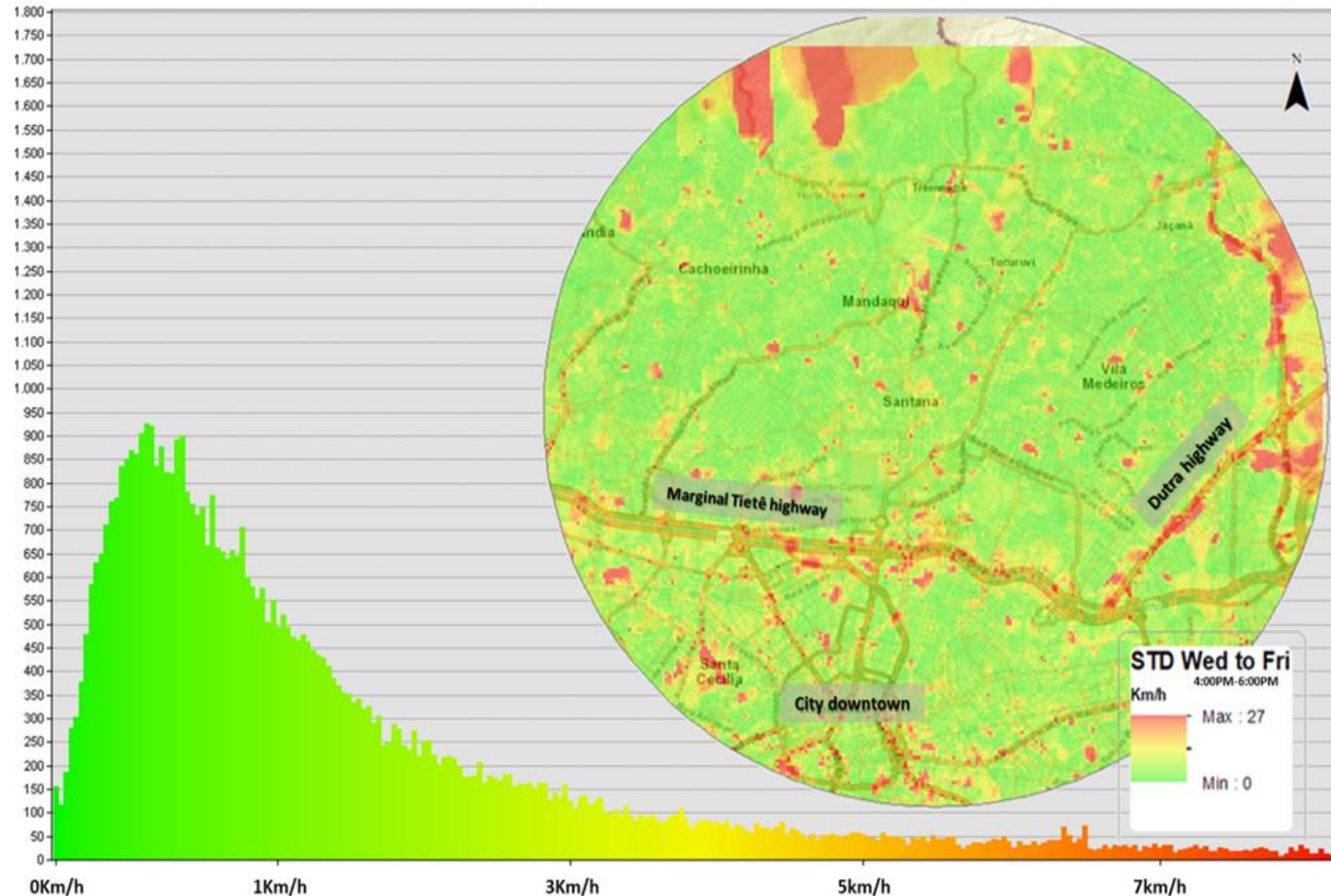


Statistics comparsion

	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)

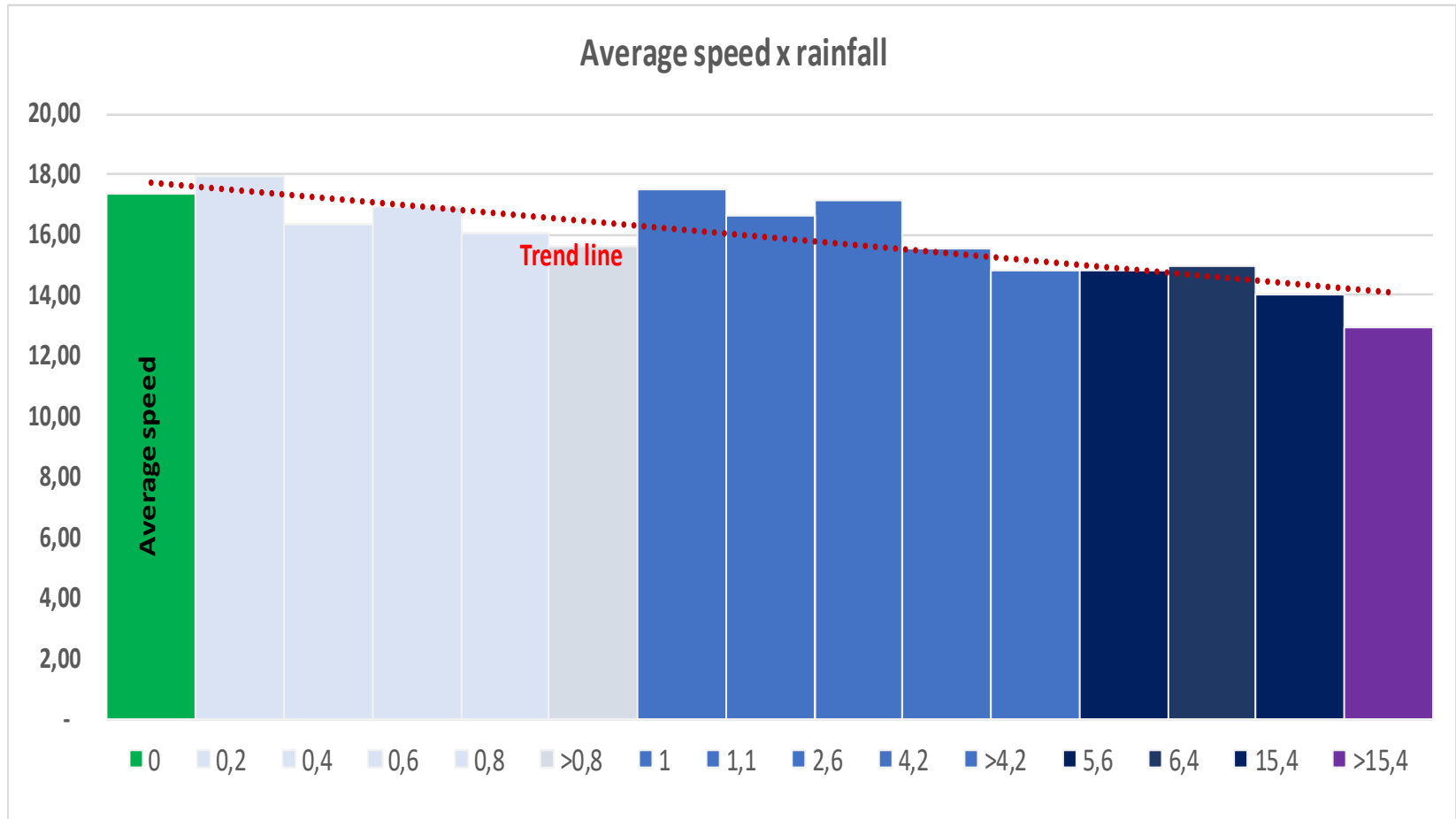
Standard deviation map: 4PM-6PM Wednesday-Friday maps



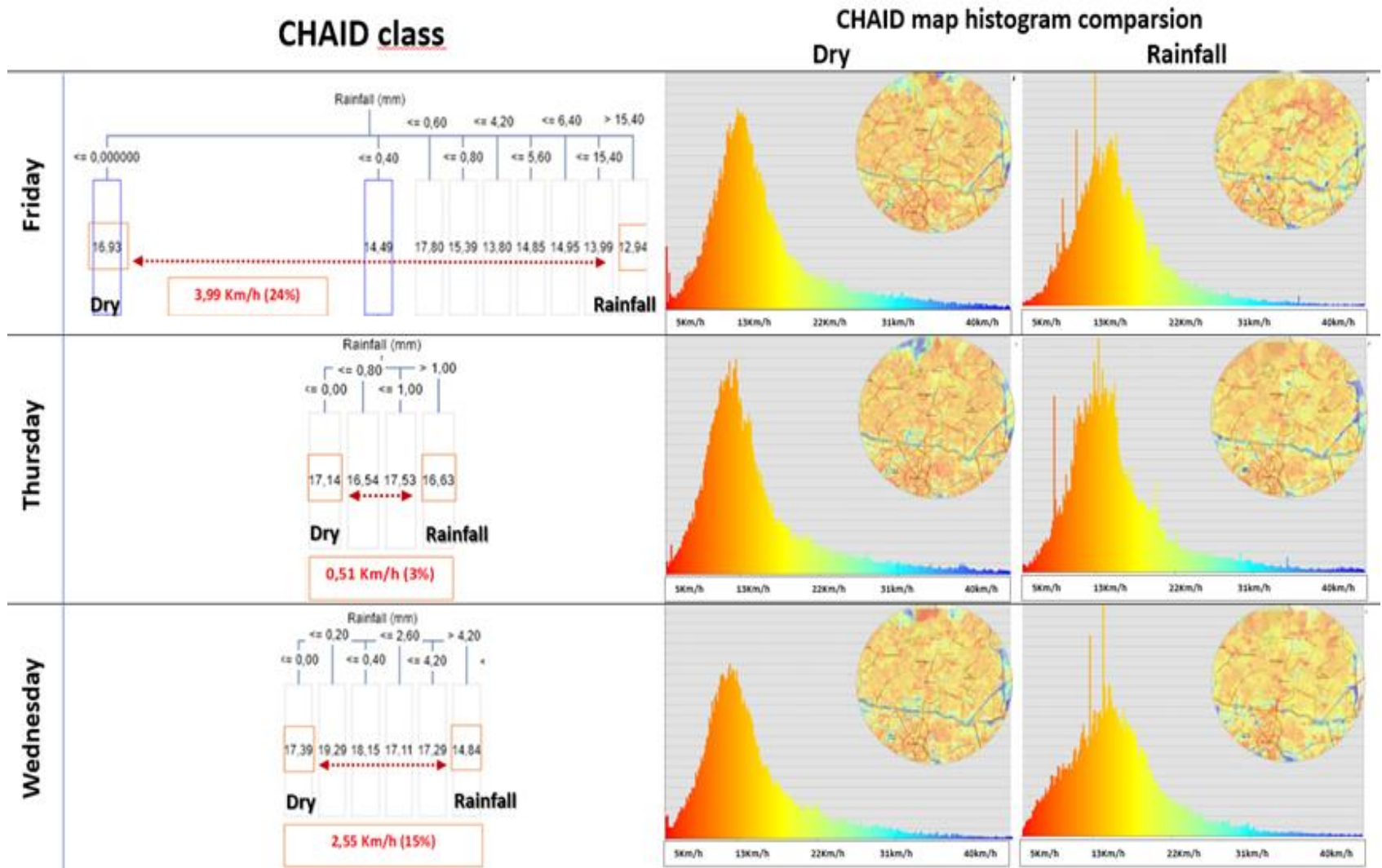
VM dos ônibus urbanos frente à precipitação de chuva (> 0 mm de chuva / hora) [1]

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]

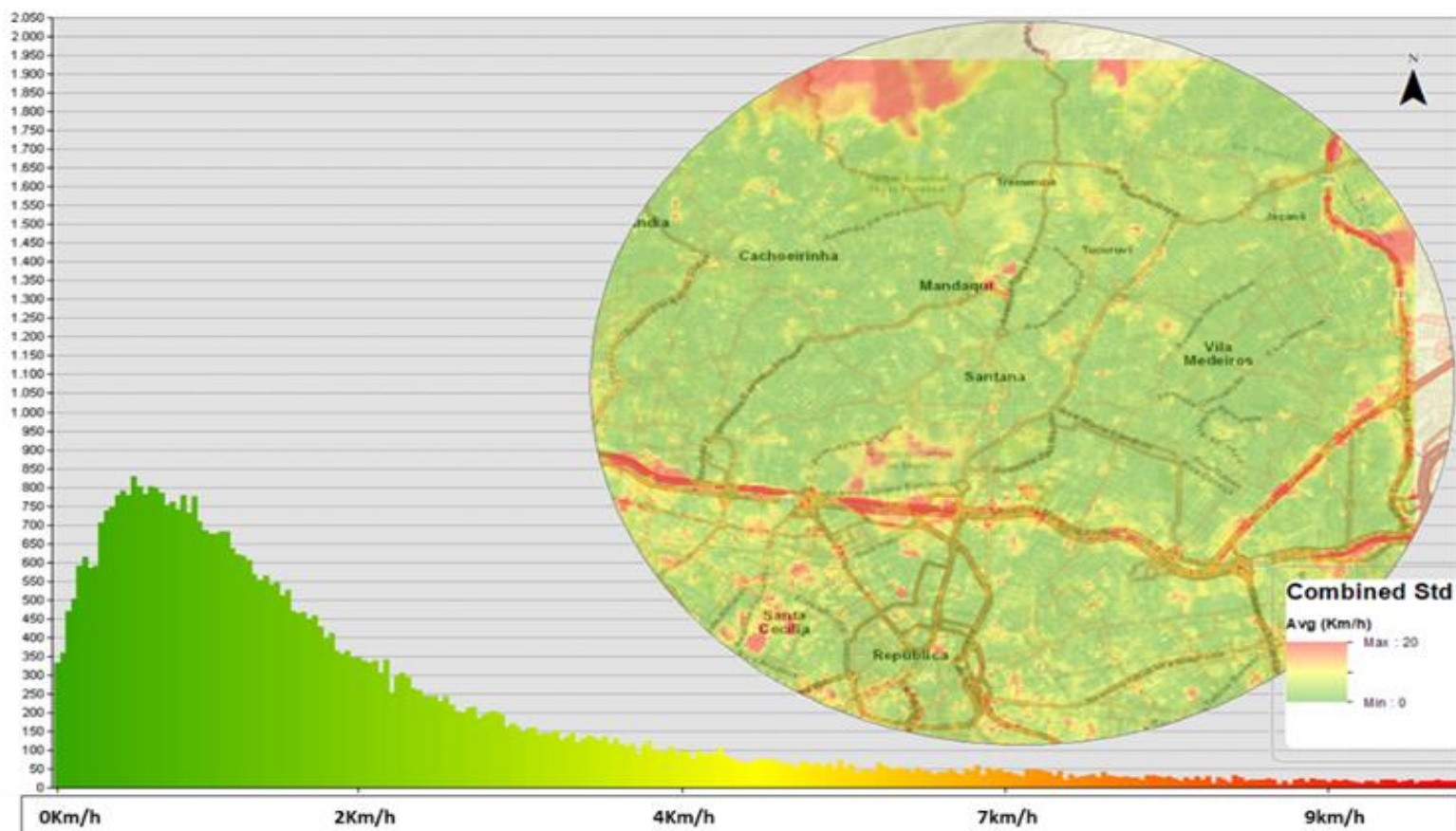


Árvores ChAID, superfícies e histogramas das VM dos ônibus urbanos frente à ausência e com precipitação de chuva, para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)

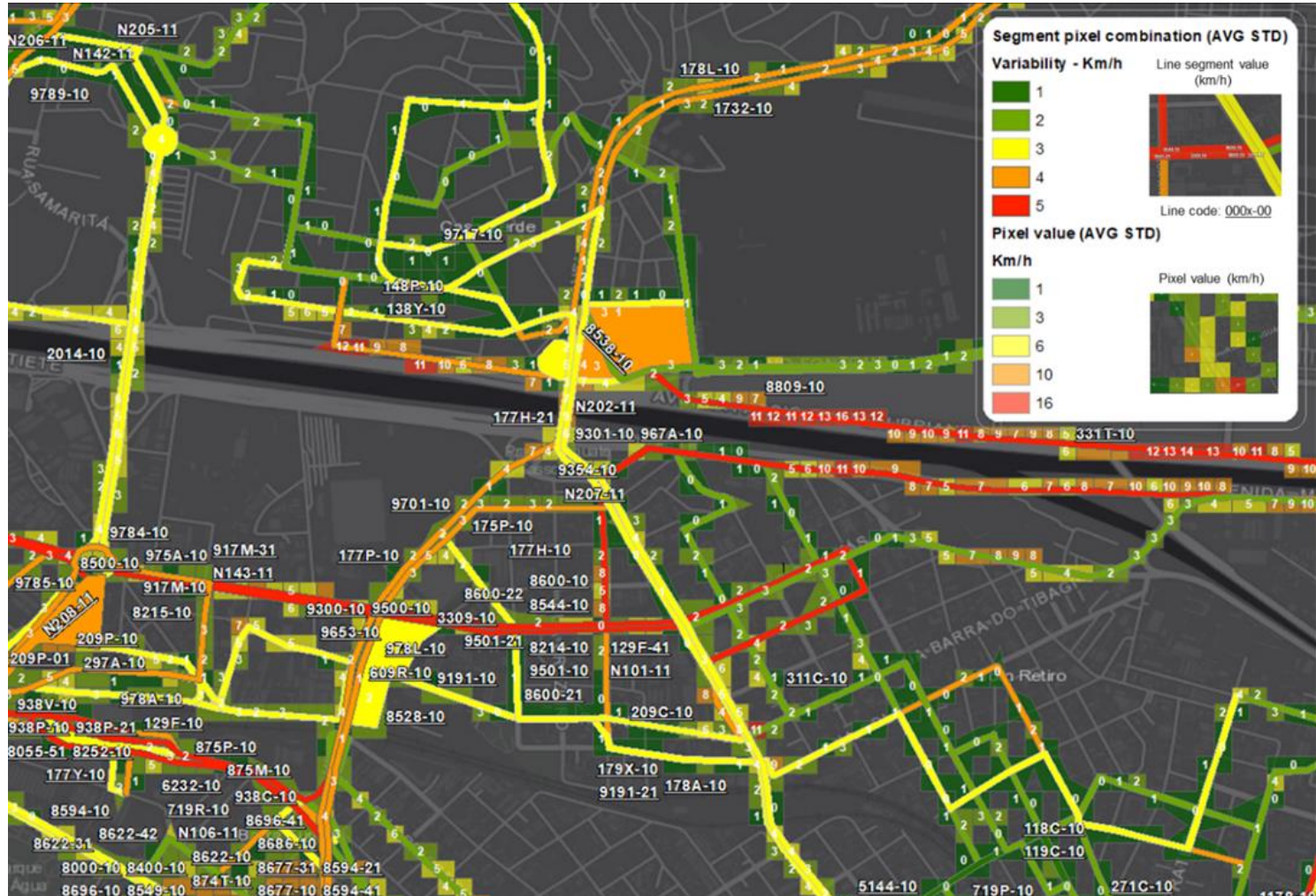


Superfície e histograma dos DP das velocidades dos ônibus urbanos frente à ausência e com a presença de precipitação de chuva para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)

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



PTR3514 – “Fundamentos” de ITS

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

- STOA:
 - ▣ PTR3514_2sem19
 - ▣ Sistemas Inteligentes de Transporte