

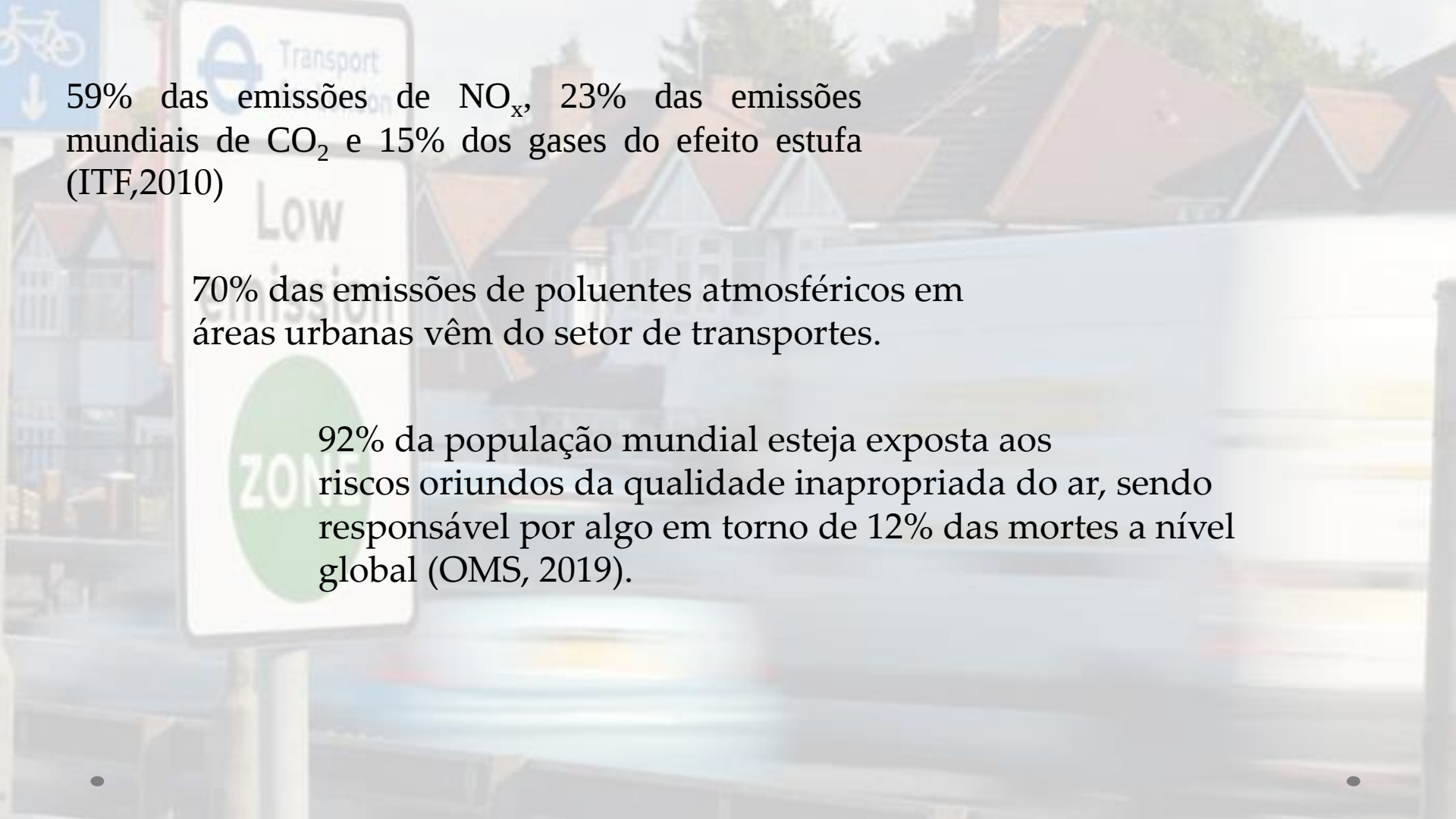


AARHUS
UNIVERSITET



O Impacto de Zonas de Baixa Emissão na Poluição do Ar de Fortaleza – Projeto Inovador no Brasil

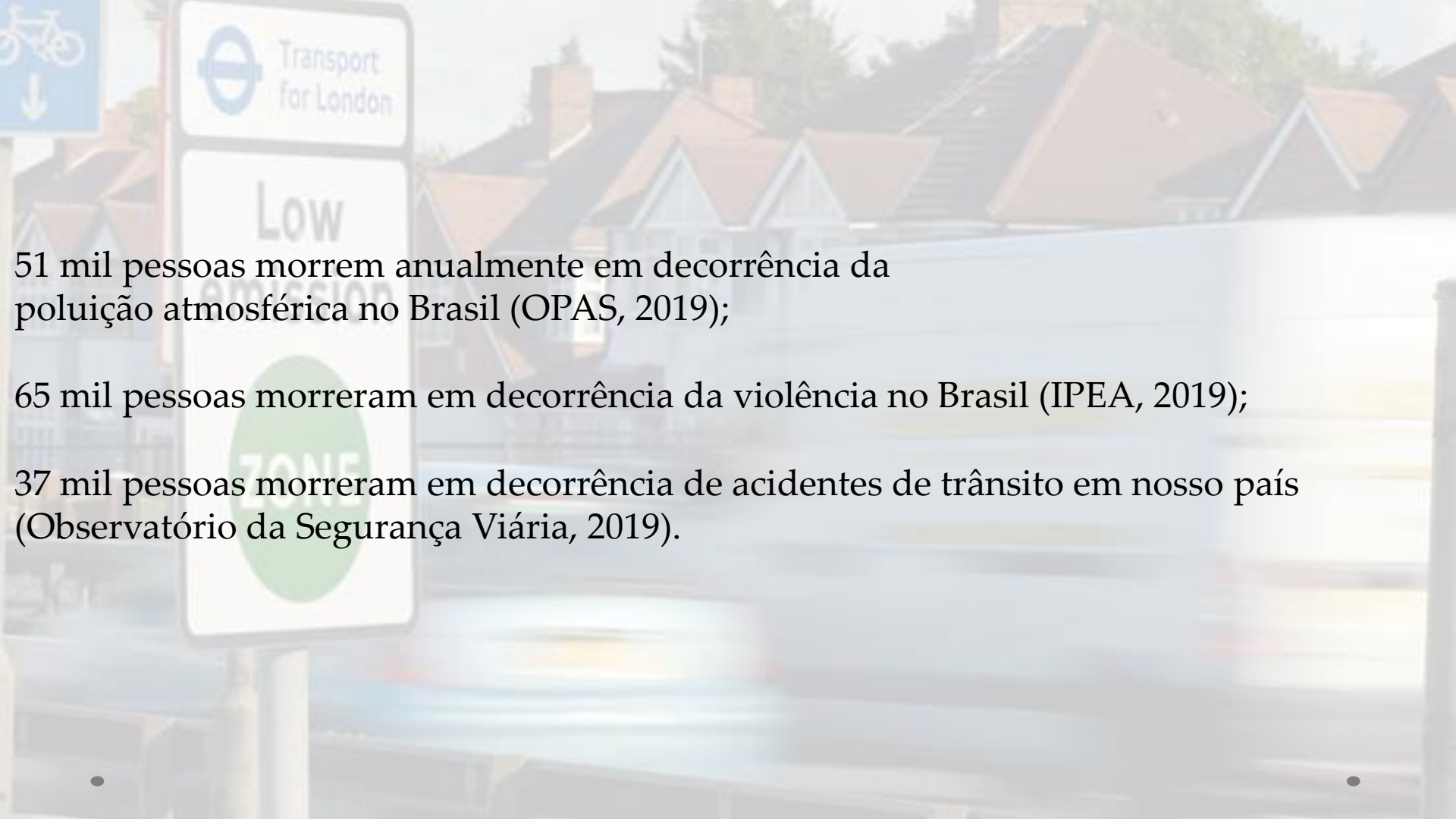
Helry Luvillany Fontenele Dias
Bruno Vieira Bertoncini



59% das emissões de NO_x, 23% das emissões mundiais de CO₂ e 15% dos gases do efeito estufa (ITF,2010)

70% das emissões de poluentes atmosféricos em áreas urbanas vêm do setor de transportes.

92% da população mundial esteja exposta aos riscos oriundos da qualidade inapropriada do ar, sendo responsável por algo em torno de 12% das mortes a nível global (OMS, 2019).



51 mil pessoas morrem anualmente em decorrência da poluição atmosférica no Brasil (OPAS, 2019);

65 mil pessoas morreram em decorrência da violência no Brasil (IPEA, 2019);

37 mil pessoas morreram em decorrência de acidentes de trânsito em nosso país (Observatório da Segurança Viária, 2019).

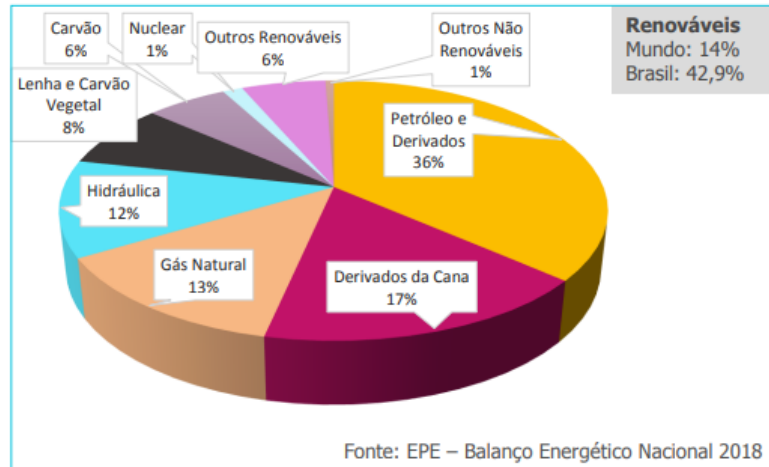
Problema

- Contínuo crescimento das cidades e crescimento nas taxas de motorização (EPA, 2015);
- Código de Transito Brasileiro (CTB, 2008) estabelece os objetivos para o trânsito:
 - Segurança;
 - Fluidez;
 - Conforto;
 - Proteção Ambiental;
 - Educação para Trânsito.
- No âmbito nacional, aspectos ambientais, não costumam figurar no conjunto de políticas públicas;
- Uso de modelos podem ser úteis para estimar o comportamento de um local de estudo(DCE, 2014);

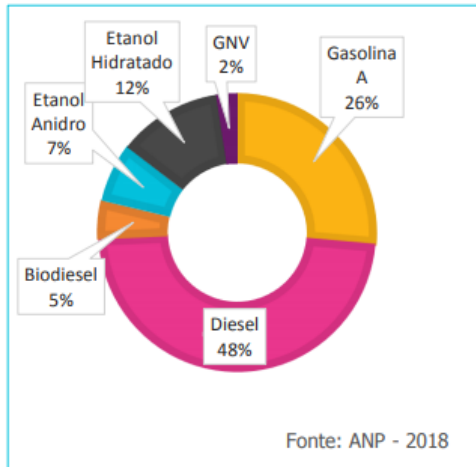


Problema

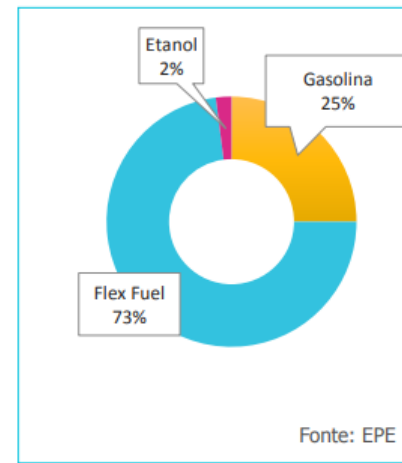
Matriz Energética Brasileira



Matriz Veicular Nacional



Frota Nacional - 2017



Elaborado por Luiz Henrique Guimarães

Problema

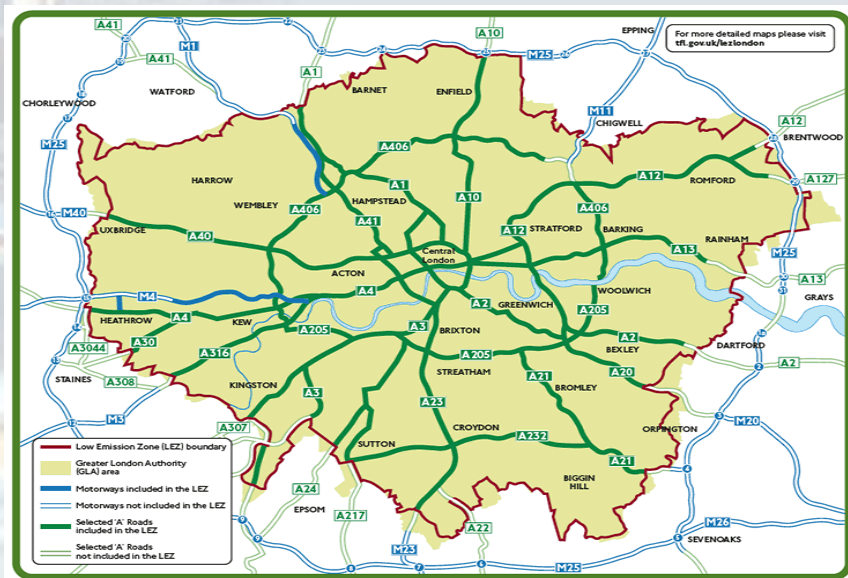


A culpa é da nossa matriz energética????

Problema

- Setor de transportes tem incorporado as seguintes medidas:

- Janela de tempo;
- Rodizio de placas;
- Pedágio Urbano;
- Zona de baixa emissão



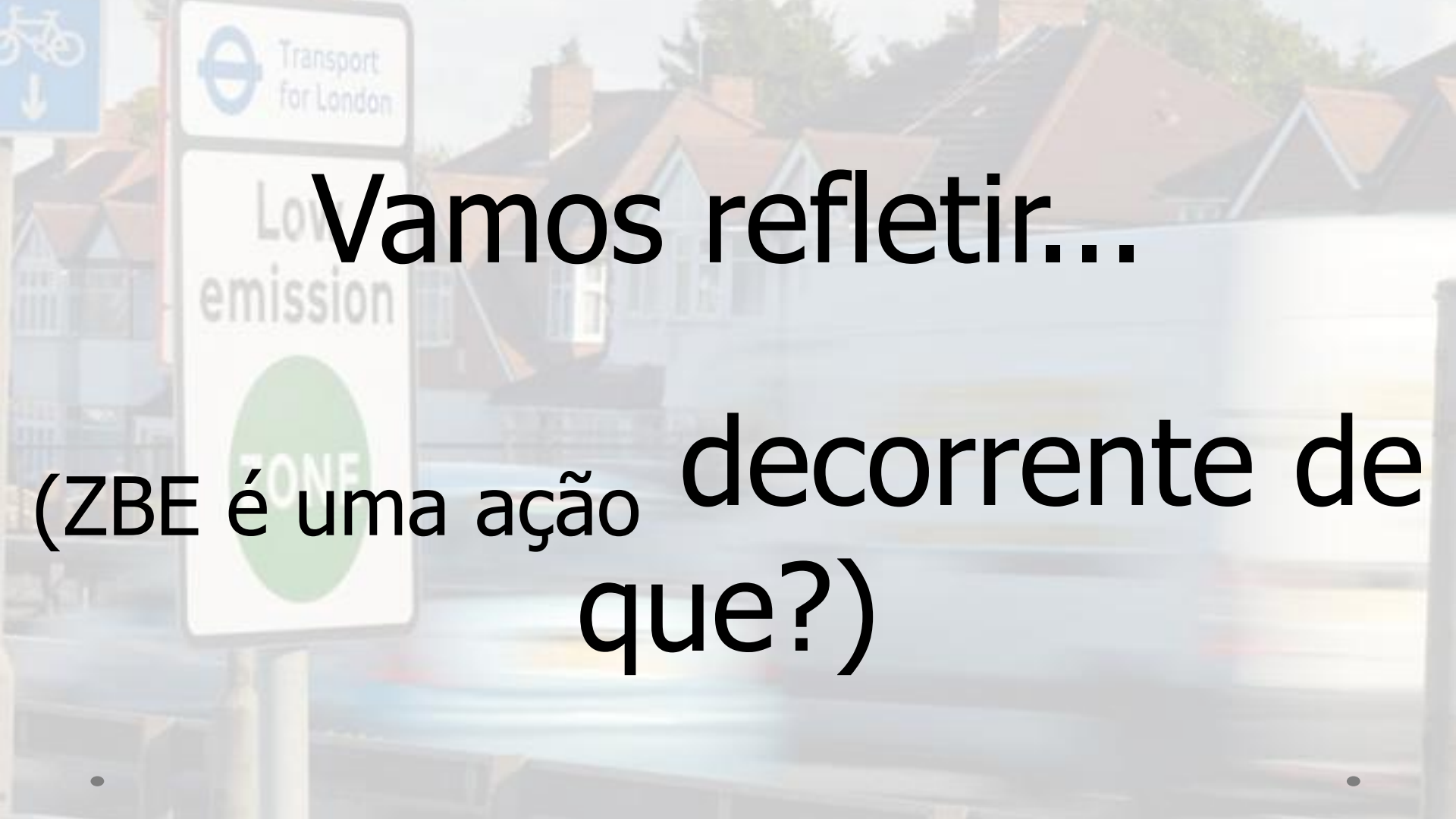


ZBE

Zona de Baixa Emissão

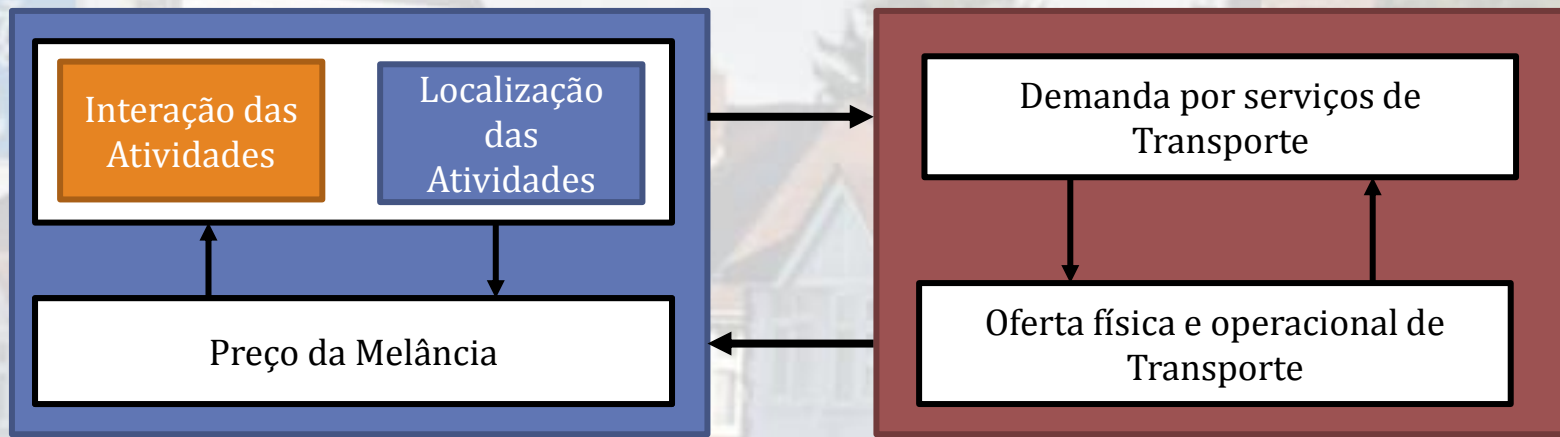
- Medida restritiva que busca melhorias para qualidade do ar e para a vida das pessoas;
- Bons resultados: Inglaterra, Suécia, Japão, Dinamarca...
- Em implantação: França e Índia
- No Brasil ainda não existe concretamente;



The background of the slide is a blurred photograph of a residential street. On the left, a white signpost holds two signs: a blue 'Transport for London' sign with a white 'T' and a downward arrow, and a white 'Low emission zone' sign with a green circle and the word 'ZONE' in white. The street is lined with houses, and a white car is visible in the distance.

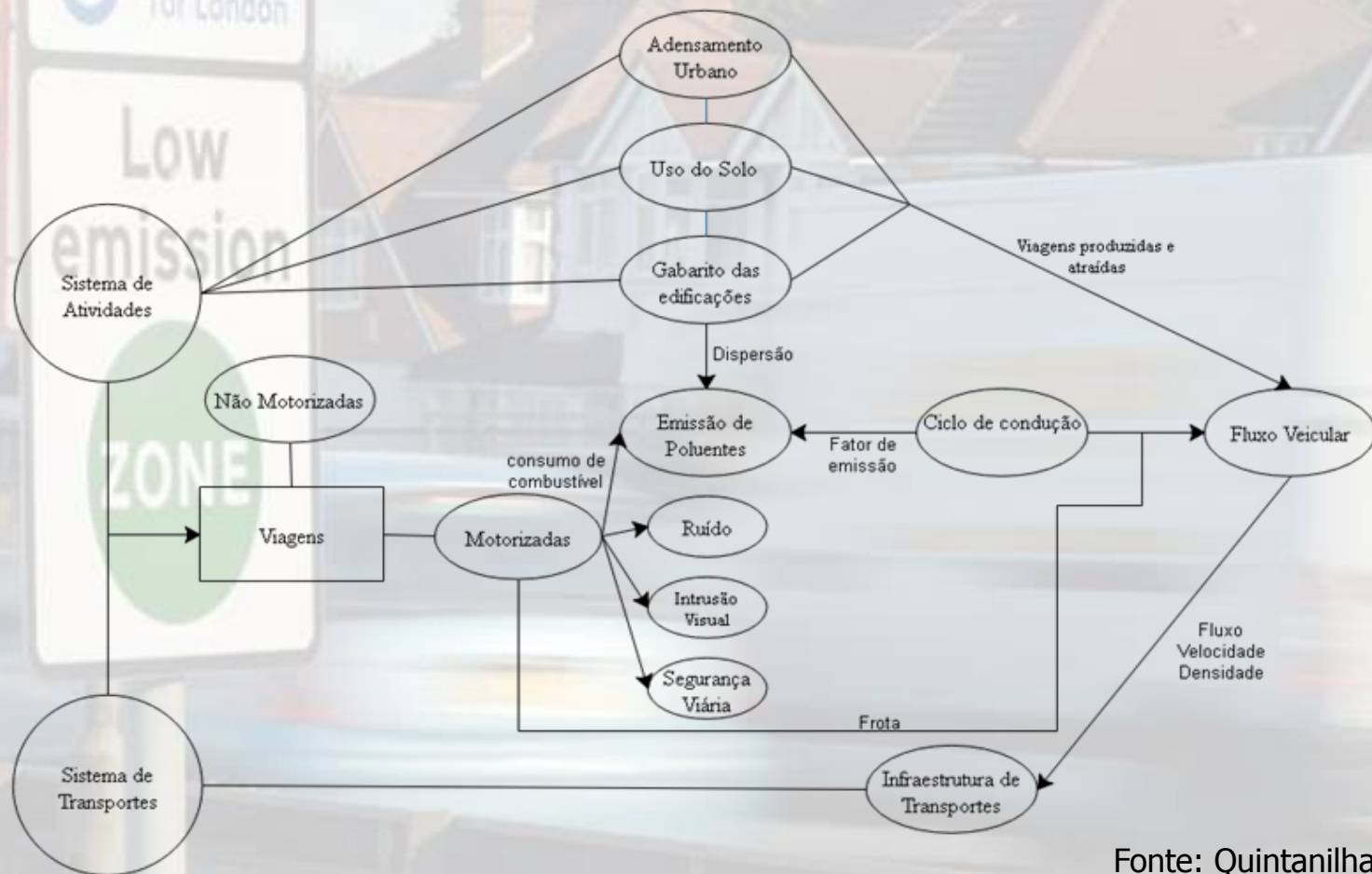
Vamos refletir...

(ZBE é uma ação decorrente de que?)

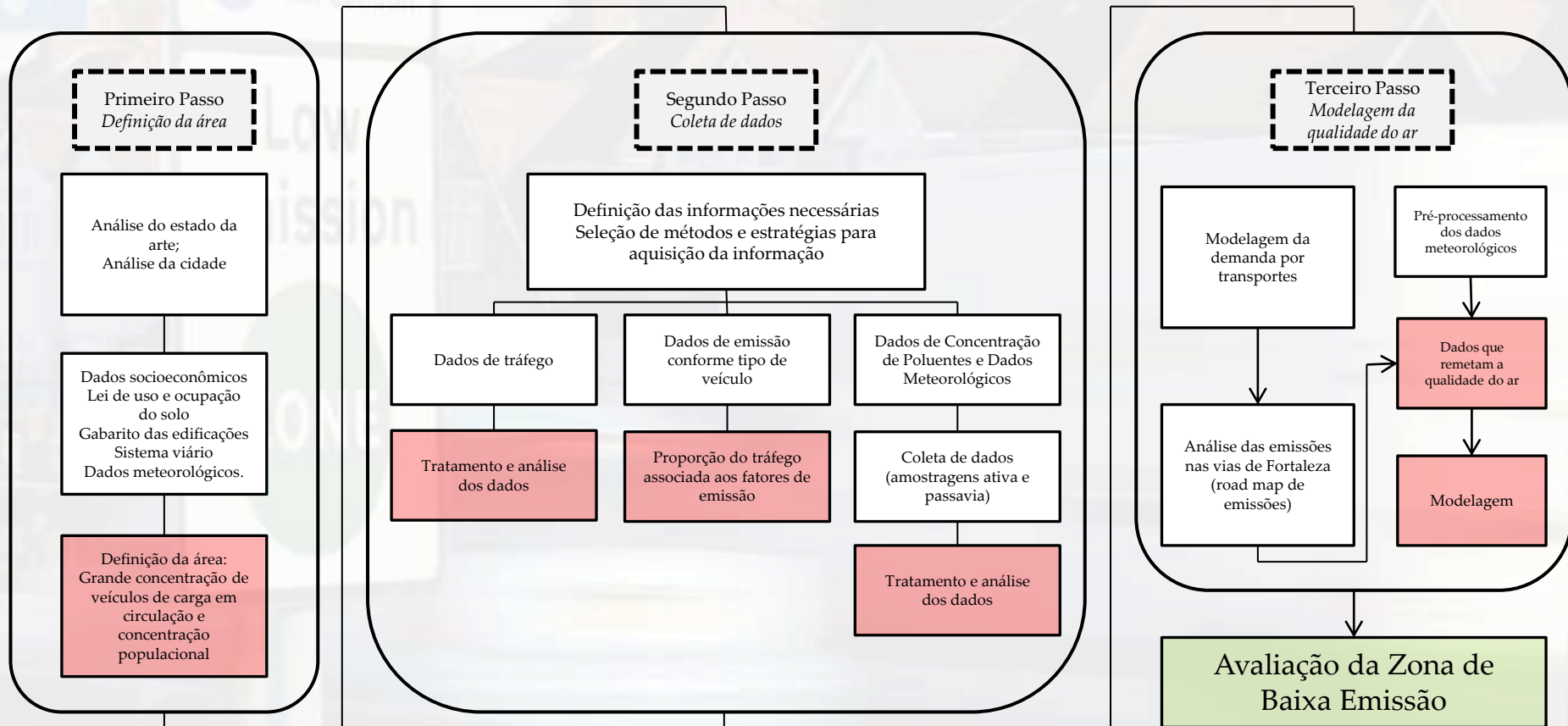


Elaborado por Franco Matos

Modelo Conceitual



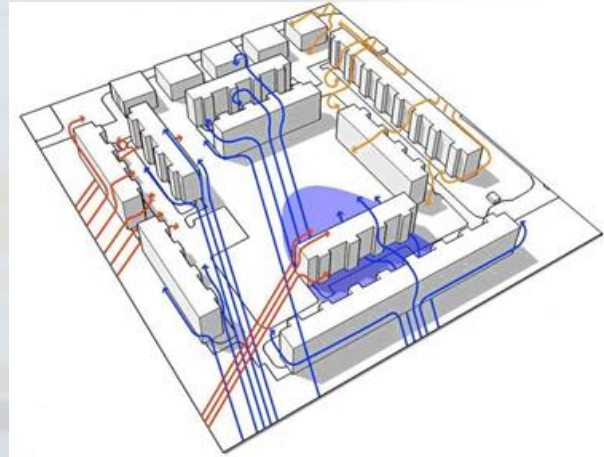
Método Proposto



Método Proposto

■ Primeiro Passo:

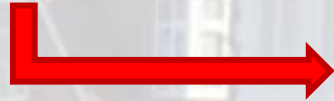
- *Adaptação para Fortaleza;*
- *Análise de dados socioeconômicos e uso do solo;*
- *Definição da área piloto;*



Método Proposto

- Segundo Passo:

- *Coleta de dados de tráfego;*



- *Composição da frota veicular;*

- *Fatores de emissão nacionais;*



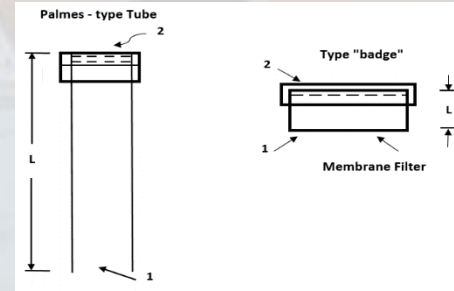
Método Proposto

■ Segundo Passo:

○ *Dados de concentração e meteorológicos:*

- Passivo;
- Ativo;

Área de estudo



FUNCEME

Método Proposto

- Terceira Etapa:

- *Carregamento de tráfego (Fortaleza 2040);*



- *Emissão veicular nas vias;*



Método Proposto

■ Terceira Etapa:

- *Pré-processamento Meteorológico (OML-Highway, simplistic model);*
- *Modelagem da “Qualidade do Ar”* →
- *Avaliação de cenários;* →

THOR-AirPAS Air Pollution Assessment System
Setup for Denmark Funen, years 2000 - 2012

DEHM - Regional background and meteorology

Open DEHM file in TextPad DEHM file: AGO_hourly_Denmark_ghd.dat

SPREAD - Urban Emissions

Show Transport Emi. Transport emissions: Funen_Transport.csv
Show Area Emi. Other area emissions: Funen_Area.csv
Show Point Emi. Point source emissions: Funen_Point.csv

UBM - Urban Background Model

Grid or Rec_val: Calculate for whole grid
Edit Rec_val

Run UBM

Start Date: 01-01-2000 00h
End Date: 31-12-2000 23h
Run Name: Funen_Example
Folder Name: Funen_v14

Export of UBM Emissions (Sum of Transport and Area or Point including Scaling)

Export (T.+A.) as polygon shape Open in TextPad
Export Point Emi. as shape file

Export of UBM concentration results (averages only)

Export as GIS-polygon shp file Open in TextPad
Export as GIS-point shp file

OSPM - Operational Street Pollution model

OSPM Project Name: DSPMProject_Funen_Example.osp
ProjPathName (as in UBM): Funen_v14

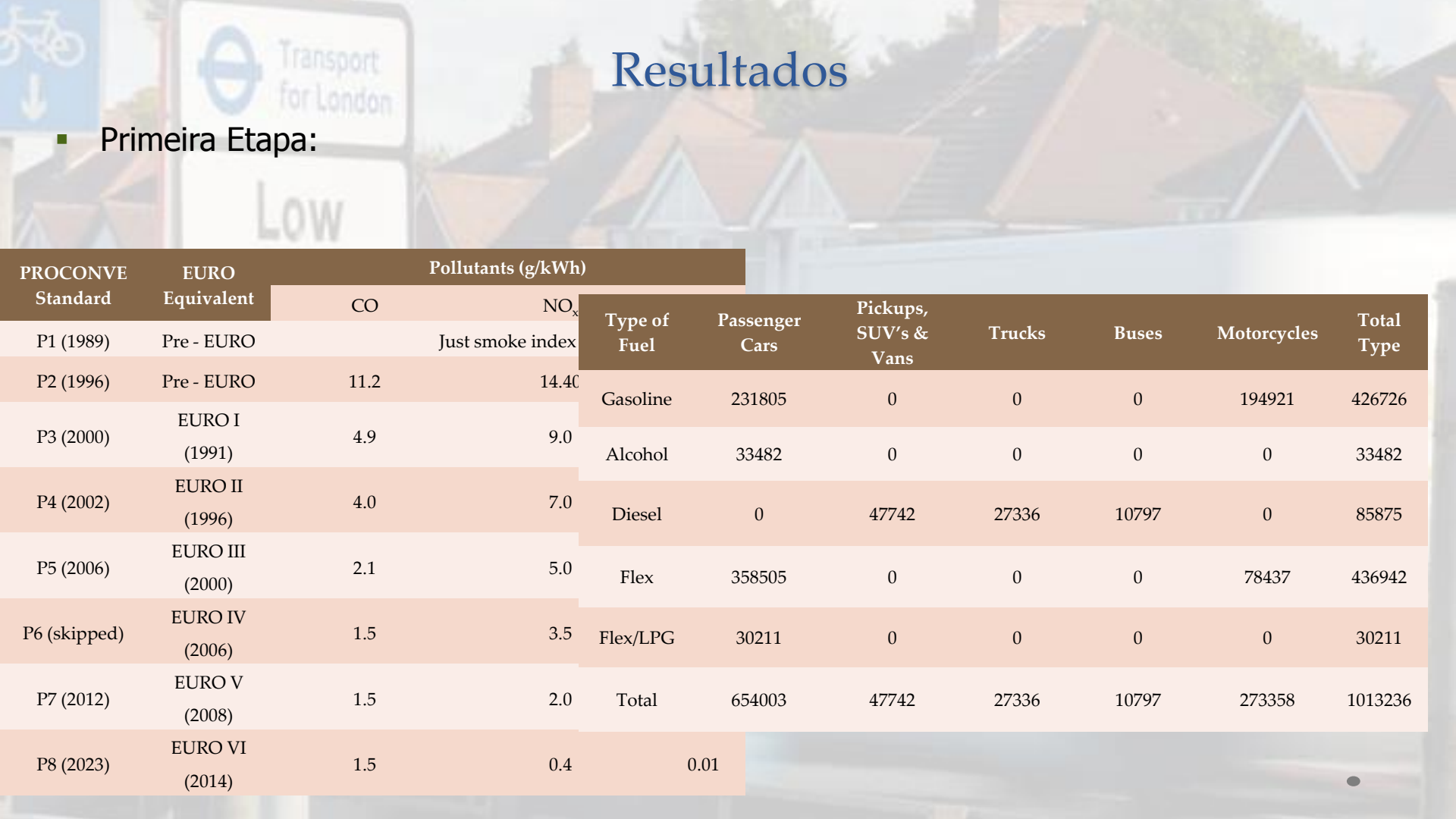
Street Name: High street
Height (m): 25
Width (m): 20
Orientation (deg): 111

Daily Traffic (veh/day): 2250
Vehicle Speed (km/h): 31

Start OSPM with selected options

Export data from OSPM_Results

Show OSPM result sheet Export as GIS-point shp file



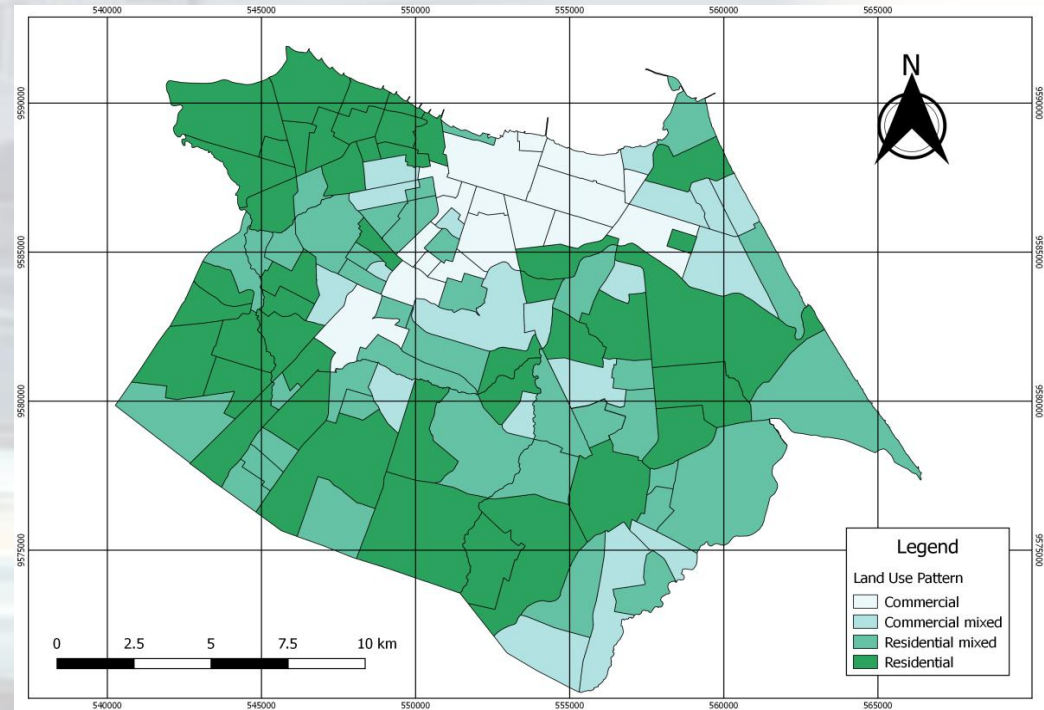
Resultados

■ Primeira Etapa:

PROCONVE Standard	EURO Equivalent	Pollutants (g/kWh)								
		CO	NO _x	Type of Fuel	Passenger Cars	Pickups, SUV's & Vans	Trucks	Buses	Motorcycles	Total Type
P1 (1989)	Pre - EURO	Just smoke index								
P2 (1996)	Pre - EURO	11.2	14.40	Gasoline	231805	0	0	0	194921	426726
P3 (2000)	EURO I (1991)	4.9	9.0	Alcohol	33482	0	0	0	0	33482
P4 (2002)	EURO II (1996)	4.0	7.0	Diesel	0	47742	27336	10797	0	85875
P5 (2006)	EURO III (2000)	2.1	5.0	Flex	358505	0	0	0	78437	436942
P6 (skipped)	EURO IV (2006)	1.5	3.5	Flex/LPG	30211	0	0	0	0	30211
P7 (2012)	EURO V (2008)	1.5	2.0	Total	654003	47742	27336	10797	273358	1013236
P8 (2023)	EURO VI (2014)	1.5	0.4	0.01						

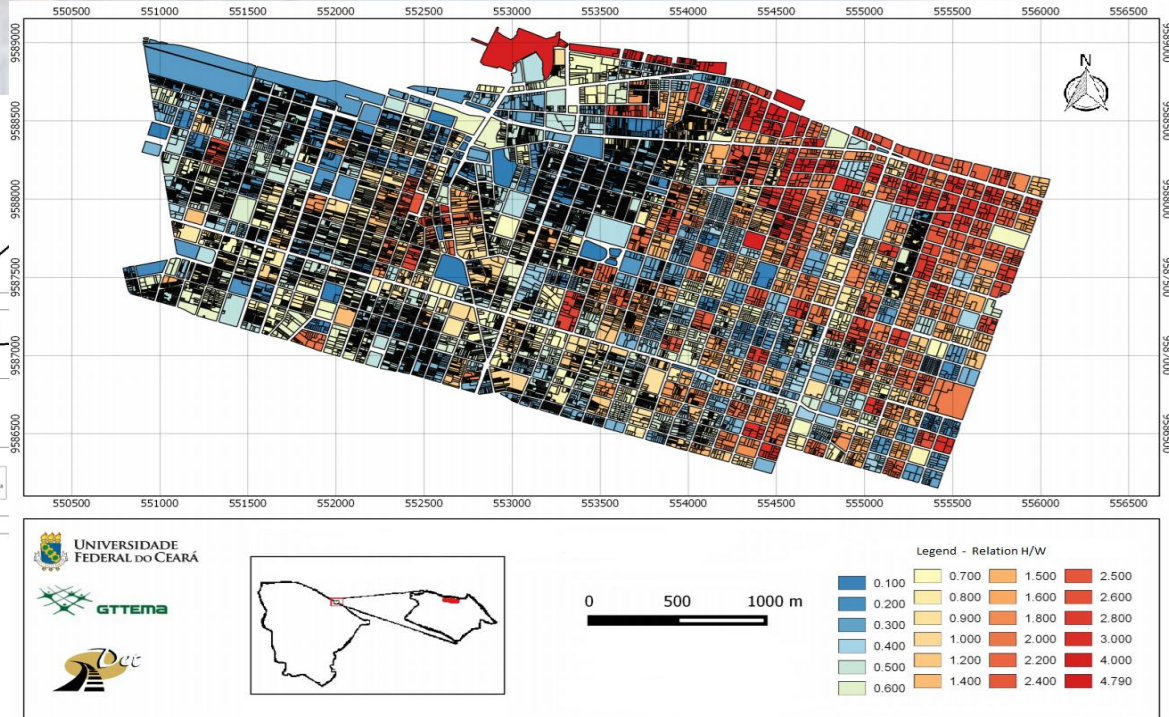
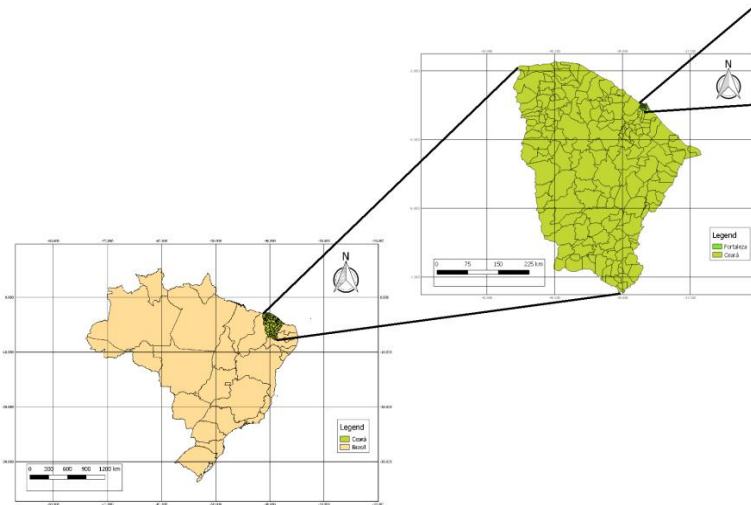
Resultados

- Primeira Etapa:
 - *Dados de uso do solo;*



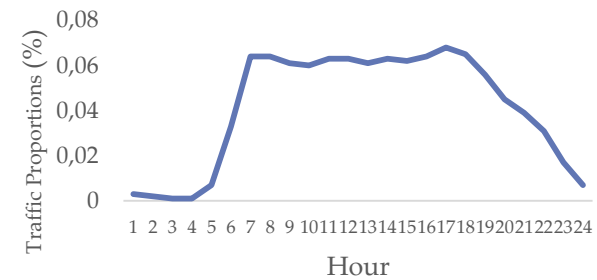
Resultados

- Primeira Etapa:
 - *Área de estudo;*



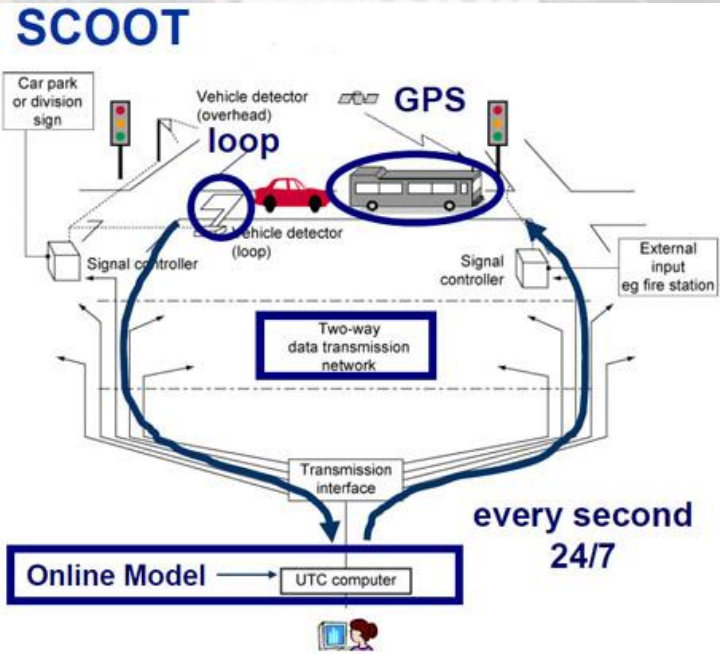
Resultados

- Segundo Passo:
 - Dados de tráfego



Street			
Aguanambi	53 000	Br. De Studart	31 501
Abolição	49 977	Sen. Virgílio Távora	30 980
Eng. Santana Junior	49 316	Osório De Paiva	30 958
Raul Barbosa	47 068	Visc. Do Rio Branco	30 217
Bezerra De Menezes	46 429	Joao Pessoa	28 469
Pres. Costa E Silva	46 027	Universidade	28 266
Borges De Melo	45 765	Equador	28 250
José Bastos	45 255	Sen. Fernandes Távora	27 486
13 De Maio	43 399	Jovita Feitosa	25 822
Santos Dumont	42 607	Via Expressa	23 477
Oliveira Paiva	41 090	Ana Bilhar	23 006
Pres. Castelo Branco	40 499	Beni De Carvalho	21 864
Domingos Olimpio	39 669	Br. De Sobral	21 817
Pe. Antônio Tomás	38 745	Antônio Fiúza	21 039
Godofredo Maciel	38 709	Gomes De Matos	20 985
Pontes Vieira	38 559	Rua Ceará	20 951
Dom Luís	36 944	Pe. Valdevino	20 936
Hist. Raimundo Girão	36 894	Dep. Moreira Da Rocha	20 895
Carapinima	36 599	Beni De Carvalho	20 847
Dom Manuel	36 497	Augusto Dos Anjos	20 642
Alm. Barroso	35 380	Costa Barros	20 281

Average Proportion Passenger Cars	Average Proportion PickupSUVVan	Average Proportion Truck	Average Proportion Bus	Average Proportion Motorcycle
0.6268	0.0458	0.0192	0.0247	0.2836



Resultados

■ Segundo Passo:

○ *Fatores de emissão;*

1. *Cetesb (Exhaust Emissions);*

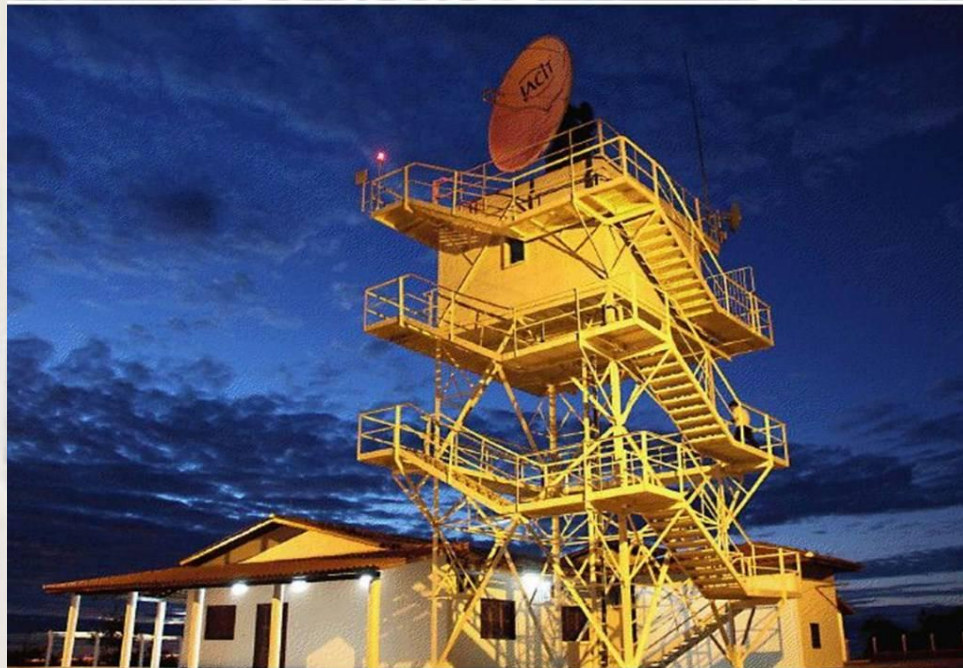
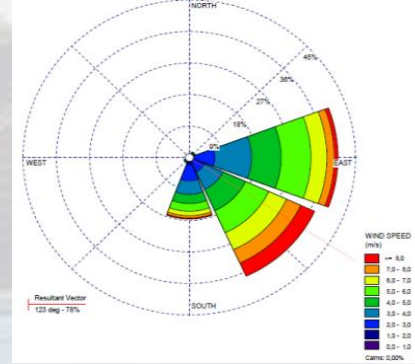
2. *Copert IV (Non- Exhaust Emissions);*

Passenger Cars	Pickup SUV Van	Truck	Bus	Motorcycle
0.048	0.07	0.229	0.229	0.018

Vehicle Classes		Emission Factors (g/km)					
Passenger Cars		PRE	L1	L2	L3	L4	L5
	Gasoline (NOx)	1.633	1.525	0.64	0.18	0.067	0.022
	Gasoline (CO)	27.66 7	14.62 5	5.4	0.64	0.328	0.234
	Gasoline (PM10 - Exhaust)	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
		PRE	L1	L2	L3	L4	L5
	Alcohol (NOx)	1.333	1.175	0.640	0.163	0.065	0.028
	Alcohol (CO)	16.96 7	11.32 5	4.18	0.7237 5	0.483	0.47
	Alcohol (PM10 - Exhaust)	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
		PRE	L1	L2	L3	L4	L5
	Flex (NOx)	-	-	-	0.045	0.044	0.027
	Flex (CO)	-	-	-	0.445	0.497	0.267
	Flex (PM10 - Exhaust)	-	-	-	0.001	0.001	0.001
		PRE	L1	L2	L3	L4	L5
	FlexLPG (NOx)	-	-	-	0.17	0.13	0.13
	FlexLPG (CO)	-	-	-	0.38	0.37	0.37
	FlexLPG (PM10 - Exhaust)	-	-	-	0.001	0.001	0.001

Resultados

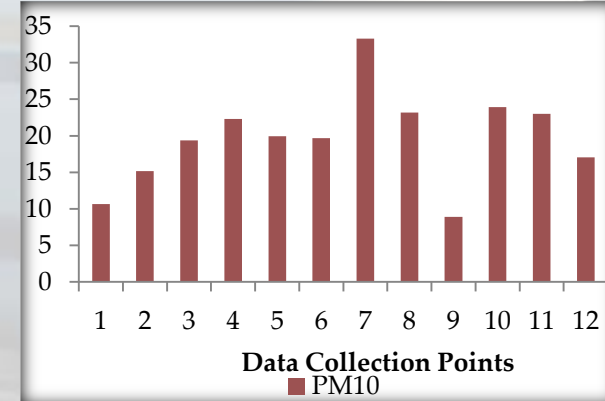
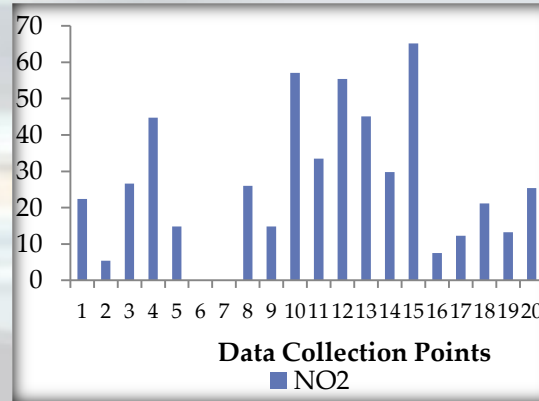
- Segundo Passo:
 - *Dados Meteorológicos (Fortaleza, 2017);*



Year	Day-Month	Hour (UTC)	Pres. (hPa)	Temp. Ar(°C)	Humi. Ar(%)	Spe (m/s)	Dir (Graus)	Precip (mm)	Rad (KJ/m²)	Rad (W/m²)
2017	01-01	1:00	1006.4	28.12	80.6	4.284	125.8	0	0	0
2017	01-01	2:00	1006.2	28.11	78.4	3.977	121	0	0	0
2017	01-01	3:00	1005.8	27.97	79.9	3.663	125.2	0	0	0
2017	01-01	4:00	1005.7	27.76	80.7	2.507	128.2	0	0	0
2017	01-01	5:00	1006.3	27.69	82.3	2.13	143.5	0	0	0
2017	01-01	6:00	1006.9	27.83	82.4	1.915	151.4	0	56.3	15.6
2017	01-01	7:00	1007.4	28.49	78.6	2.826	145.5	0	548.4	152.3
2017	01-01	8:00	1007.8	29.66	74.2	4.722	141	0	1404.1	390.0
2017	01-01	9:00	1007.9	30.49	68.77	3.67	158.4	0	1780.3	494.5
2017	01-01	10:00	1008.1	31.41	62.4	5.243	135.1	0	2397.1	665.8
2017	01-01	11:00	1007.7	32.18	57.38	5.992	127.8	0	3294.8	915.2
2017	01-01	12:00	1007.2	32.26	55.4	6.74	124.7	0	2864.4	795.6
2017	01-01	13:00	1006.1	32.61	56.38	6.898	123.2	0	3457.8	960.5
2017	01-01	14:00	1005.2	32.64	54.75	7.04	119.7	0	3052.5	847.9
2017	01-01	15:00	1004.6	32.14	58.85	6.676	112.8	0	2452.5	681.2
2017	01-01	16:00	1004.1	31.61	61.25	6.575	111.5	0	1633.8	453.8
2017	01-01	17:00	1004.6	30.26	68.41	5.766	102.8	0	847.9	235.5
2017	01-01	18:00	1005.1	29.02	74.2	4.764	95.9	0	127.6	35.4
2017	01-01	19:00	1006.1	28.71	79.1	4.228	102.9	0	0	0
2017	01-01	20:00	1006.9	28.56	81.3	3.344	104	0	0	0
2017	01-01	21:00	1007.7	28.38	82.6	3.089	106.4	0	0	0
2017	01-01	22:00	1008.1	28.46	82	2.845	108.7	0	0	0
2017	01-01	23:00	1008.2	28.42	80.8	3.516	102.6	0	0	0
2017	01-01	24:00	1007.9	28.33	82.3	3.559	108	0	0	0

Resultados

- Segundo Passo:
 - *Coleta das concentrações de poluentes;*



Resultados

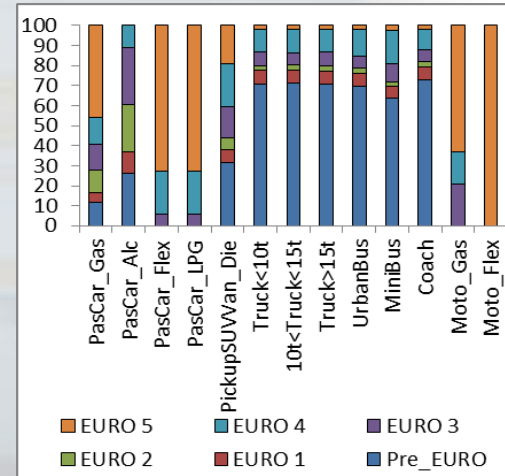
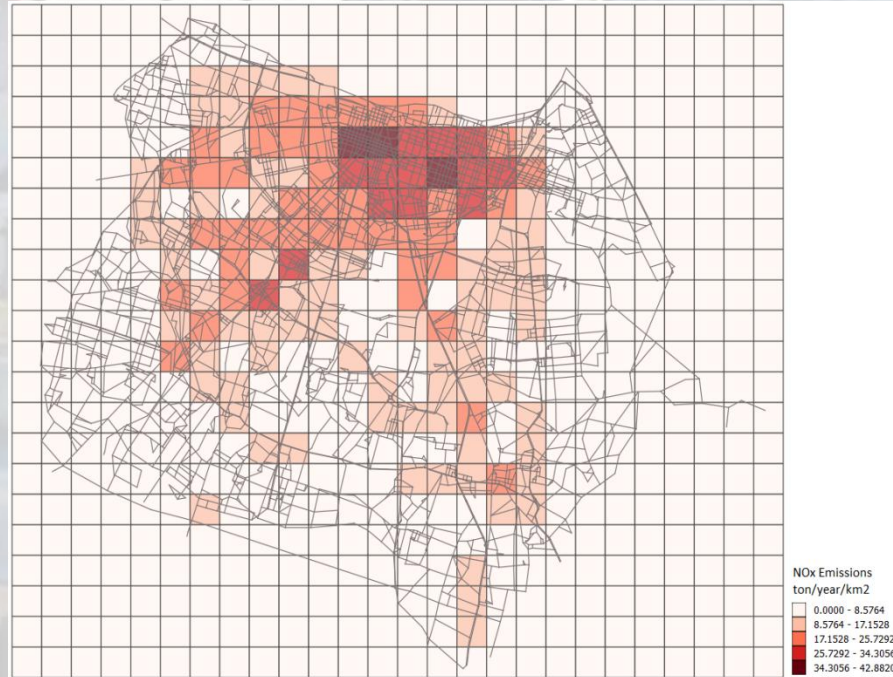
- Terceiro Passo:
 - *Estimativa de tráfego;*



Street/Avenue	Simulated	Measured
Washington Soares	52625	50239
Santos Dumont	44671	42607
Antônio Sales	26934	34280
Presidente Castelo Branco	46736	40439
Padre Antônio Tomás	39909	38745
Padre Valdevino	27967	20936
Sen. Virgílio Távora	31637	30980
Br. De Studart	25292	31501
Rui Barbosa	15626	18484
Ana Bilhar	22828	23006

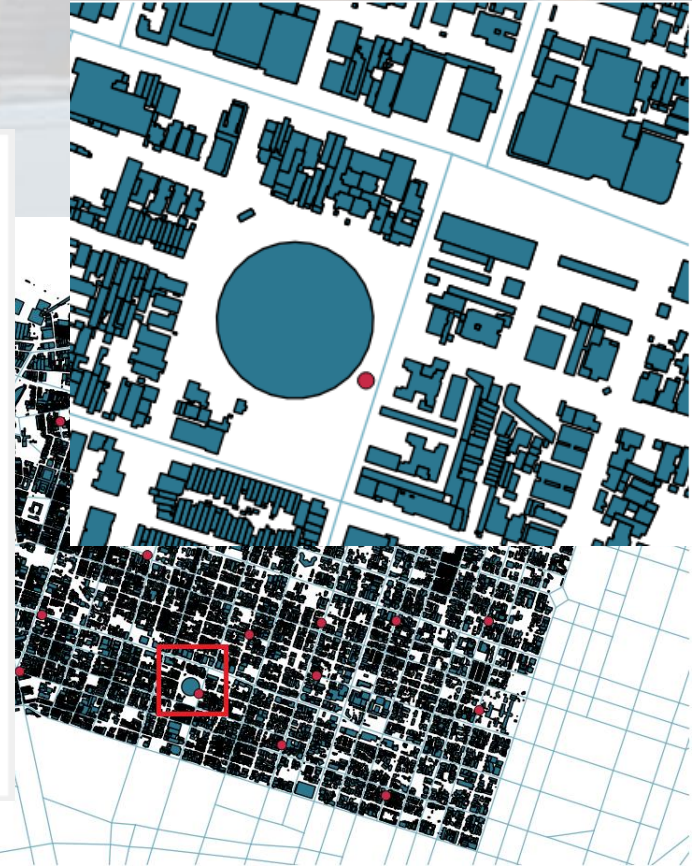
Resultados

- Terceira Etapa:
 - *Emissões veiculares: Grid Creation;*



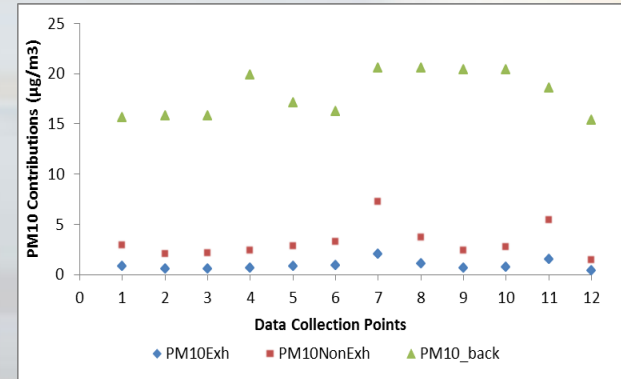
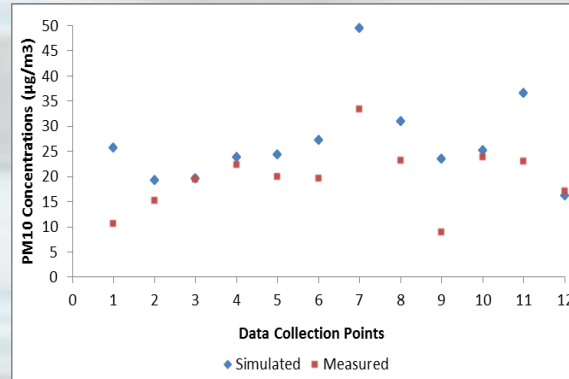
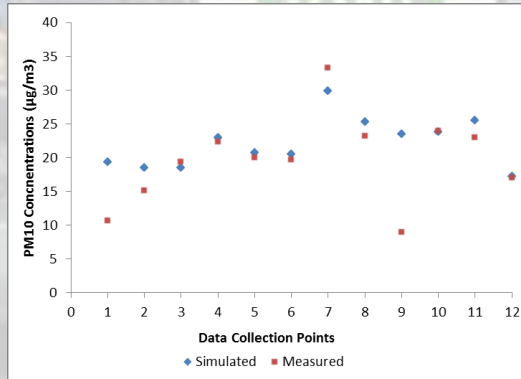
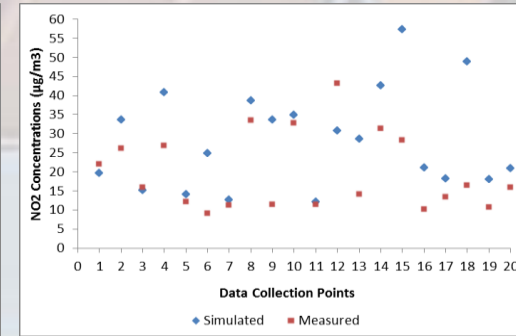
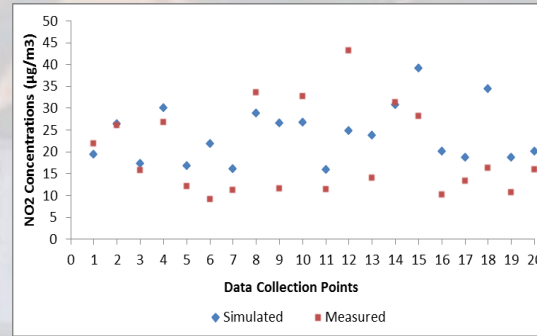
Resultados

- Terceira Etapa:
 - *AirGIS Streets Codification;*



Resultados

- Terceira Etapa:
 - *OSPM Street Pollution Modelling;*
 1. *Fatores prévios;*
 2. *Fatores ajustados;*



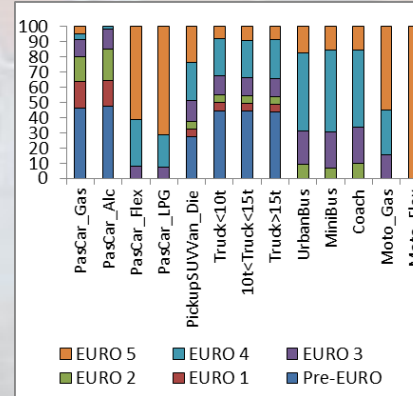
Resultados

Terceiro Passo:

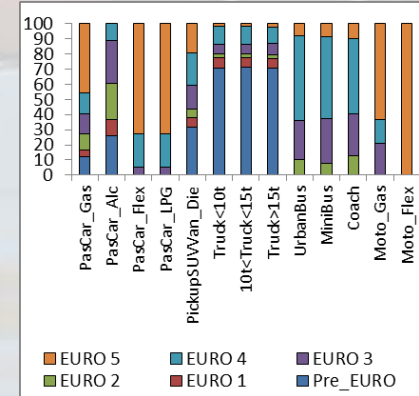
Cenários;

- I. *Bus EURO 2+ Scenario;*
- II. *Truck EURO 2+ Scenario;*
- III. *PSUVVan EURO 2+ Scenario;*
- IV. *PasCar EURO 2+ Scenario;*
- V. *Bus_Truck EURO 2+ Scenario;*
- VI. *Bus_Truck_PSV EURO 2+ Scenario;*
- VII. *ULEZ Scenario*

NO_x



Exhaust PM₁₀



Scenario	Reduction (%)
Current Traffic	---
Bus 2+	11.1
Truck 2+	4.6
Pickup 2+	1.9
PasCar 2+	9.4
Bus_Truck 2+	15.9
B_T_PSV 2+	17.7
ULEZ	52.5

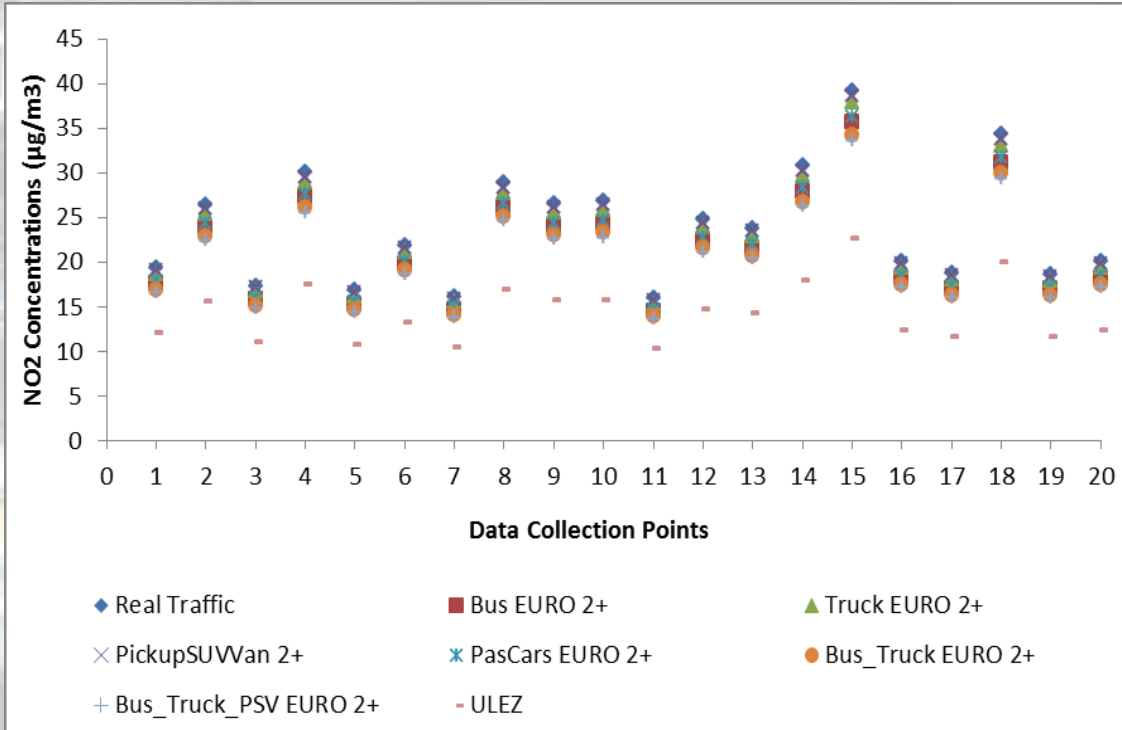
Scenario	Reduction (%)
Current Traffic	---
Bus 2+	32.8
Truck 2+	13
Pickup 2+	3.1
PasCar 2+	0.8
Bus_Truck 2+	45.8
B_T_PSV 2+	48.9
ULEZ	69.5

Resultados

Terceiro Passo:

I. Fatores prévios

Scenario	Reduction (%)
Bus 2+	9.22
Truck 2+	3.7
Pickup 2+	1.62
PasCar 2+	7.85
Bus_Truck 2+	13
B_T_PSV 2+	14.67
ULEZ	39.92

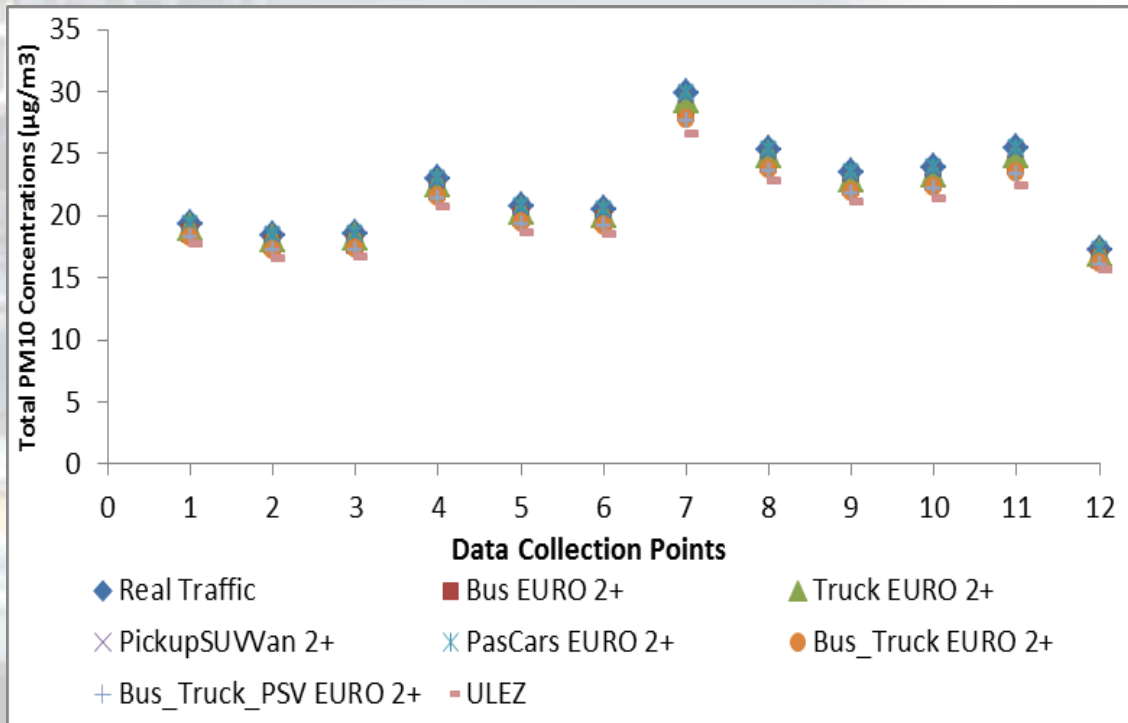


Resultados

- Terceiro Passo:

I. Fatores Prévios;

Scenario	Reduction (%)
Bus 2+	4.68
Truck 2+	1.82
Pickup 2+	0.49
PasCar 2+	0.03
Bus_Truck 2+	6.5
B_T_PSV 2+	6.94
ULEZ	9.94

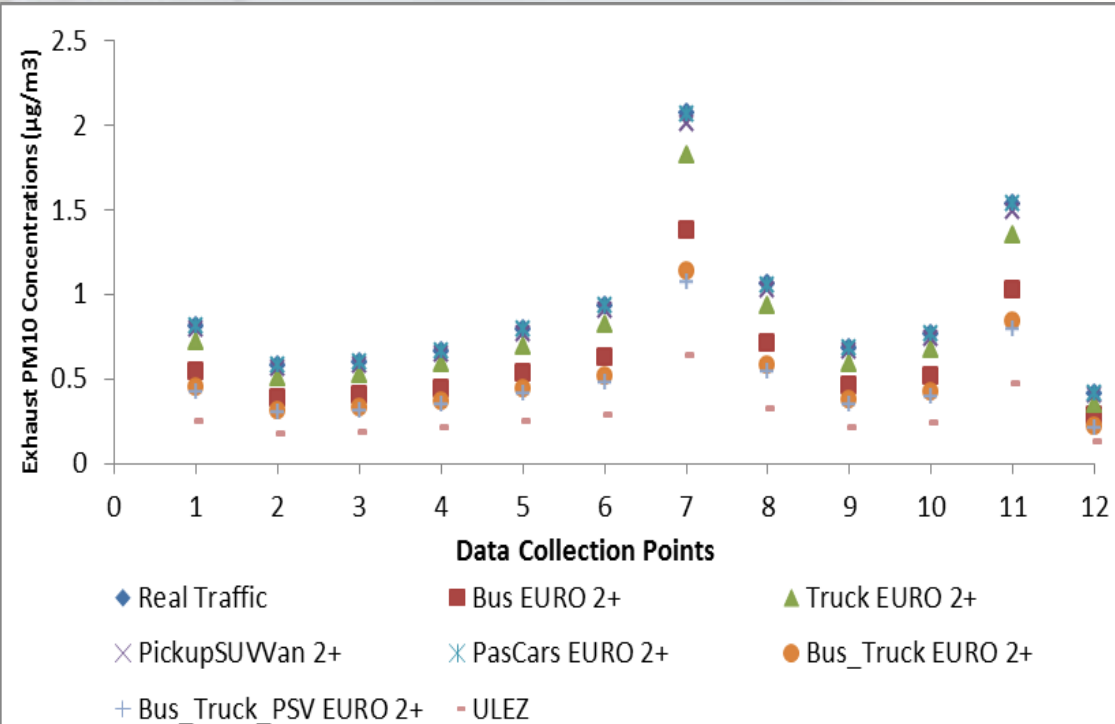


Resultados

Terceira Etapa:

I. Fatores prévios

Scenario	Reduction (%)
Bus 2+	32.9
Truck 2+	12.2
Pickup 2+	3.11
PasCar 2+	0.21
Bus_Truck 2+	45.1
B_T_PSV 2+	48.21
ULEZ	69.25

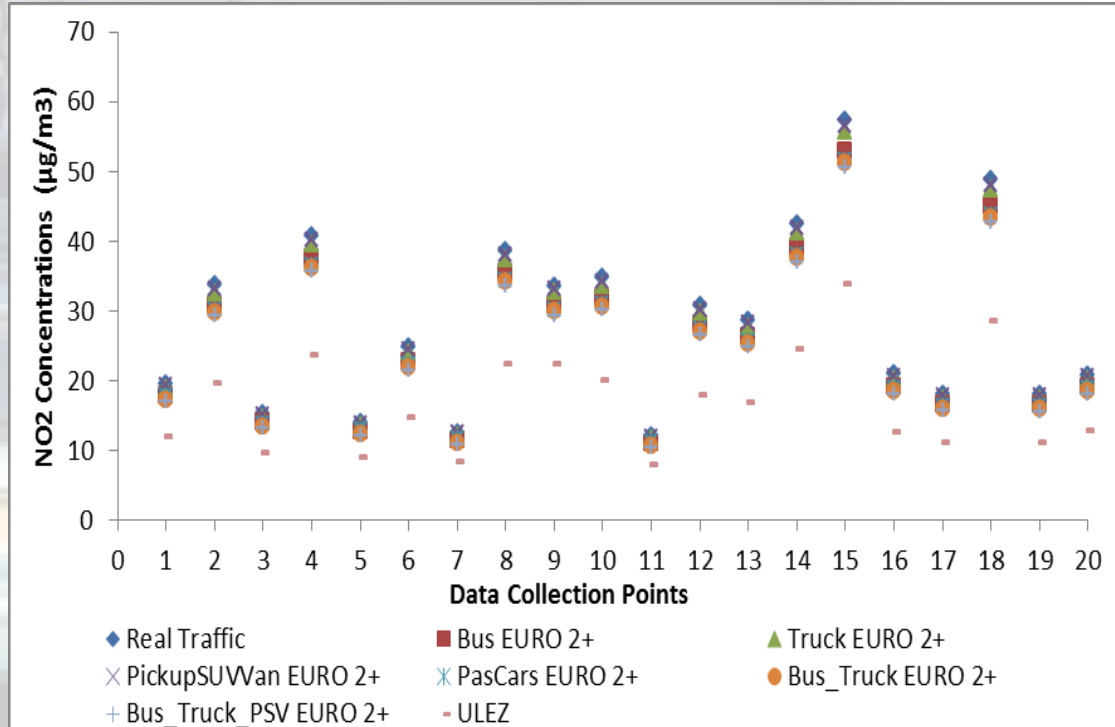


Resultados

Terceira Etapa

I. Fatores ajustados;

Scenario	Reduction (%)
Bus 2+	8.25
Truck 2+	3.22
Pickup 2+	1.45
PasCar 2+	10.04
Bus_Truck 2+	12.28
B_T_PSV 2+	13.04
ULEZ	40.27

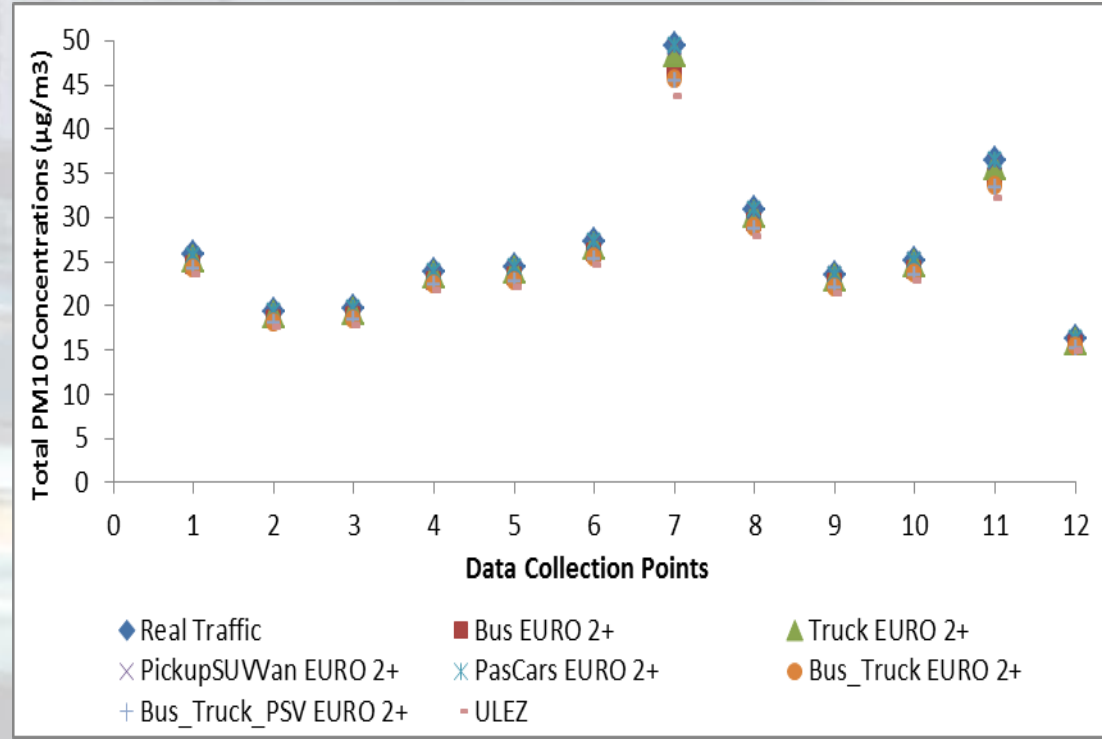


Resultados

■ Terceira Etapa:

I. Fator de Emissão Ajustado;

Scenario	Reduction (%)
Bus 2+	4.81
Truck 2+	1.80
Pickup 2+	0.45
PasCar 2+	0.03
Bus_Truck 2+	6.62
B_T_PSV 2+	7.07
ULEZ	10.16

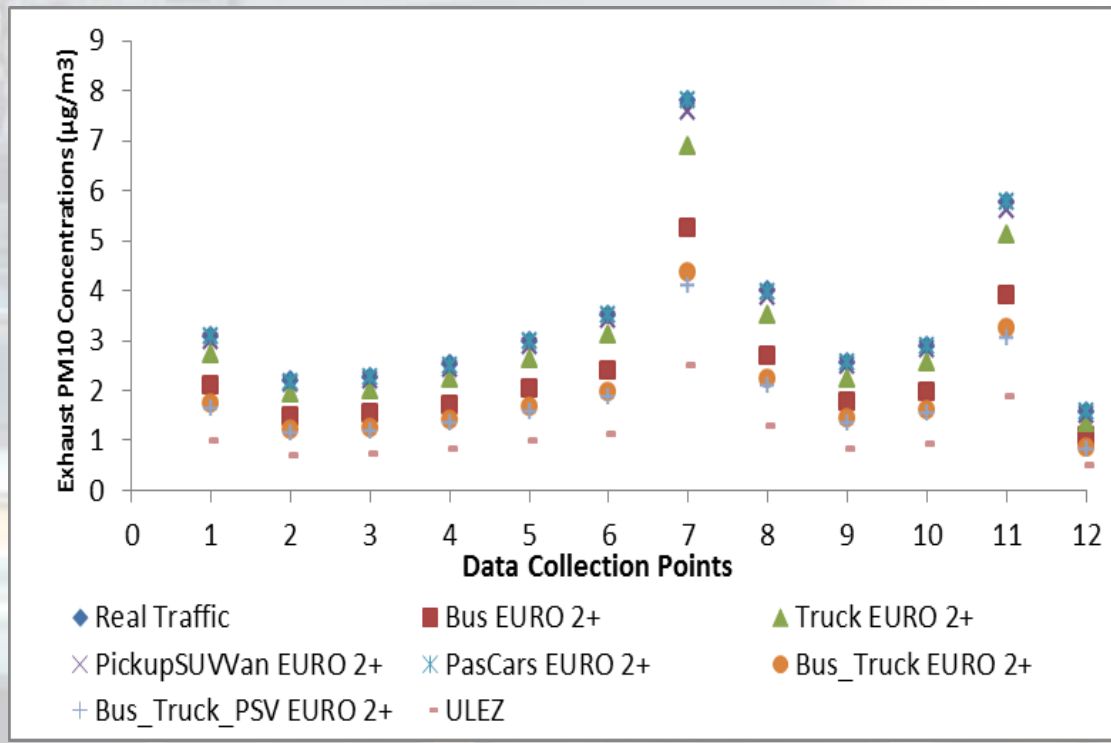


Resultados

■ Terceira Etapa:

I. Fatores de emissão ajustados;

Scenario	Reduction (%)
Bus 2+	32.26
Truck 2+	0.90
Pickup 2+	3.05
PasCar 2+	0.27
Bus_Truck 2+	44.22
B_T_PSV 2+	47.27
ULEZ	67.99



Conclusões

- Principais conclusões

- *Euro 2+ (equivalent) sugestão para ZBE brasileira;*
- *Ajuste de fatores de emissão;*
- *Integrar modelo de demanda ao de qualidade do ar;*
- *Cânions urbanos impactam diretamente;*
- *ULEZ mostrou melhor resultado, mas, Bus scenario seria o mais recomendado*

Reflexão

- *O que nós queremos como política pública?*
- *Qual seria o real papel de uma ZBE?*
- *Nossos deslocamentos diários estão sustentáveis?*
- *Até que ponto a "restrição" como prática de política pública age positivamente?*



Bruno Vieira Bertoncini
Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará
bruviber@det.ufc.br