

Avaliação e monitoramento da velocidade de tráfego, consumo energético e emissões atmosféricas do transporte por ônibus



Observatório da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte

David Tsai

03 de julho de 2019



Quem somos

O Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) é uma organização sem fins lucrativos brasileira, fundada em 2006 e localizada em São Paulo. O IEMA trabalha para qualificar os processos decisórios para que os sistemas de **transporte** e de **energia** assegurem o **uso sustentável de recursos naturais** com **desenvolvimento social e econômico**.

EQUIPE



André
Ferreira



Beatriz
Oyama



David
Tsai



Marcelo
Cremer



Felipe
Barcellos



Pedro
Bara



Vinicius
Sousa



Camila
Cardoso



Mônica
Takeda



Gabrielly
Alves



Isis
Diniz

CONSELHO



Georgia
Pessoa



Tasso
Azevedo



Sérgio
Bajay



Margarita
Parra



Joseph
Ryan

Objetivo

Avaliar/analisar/demonstrar

os benefícios operacionais e ambientais

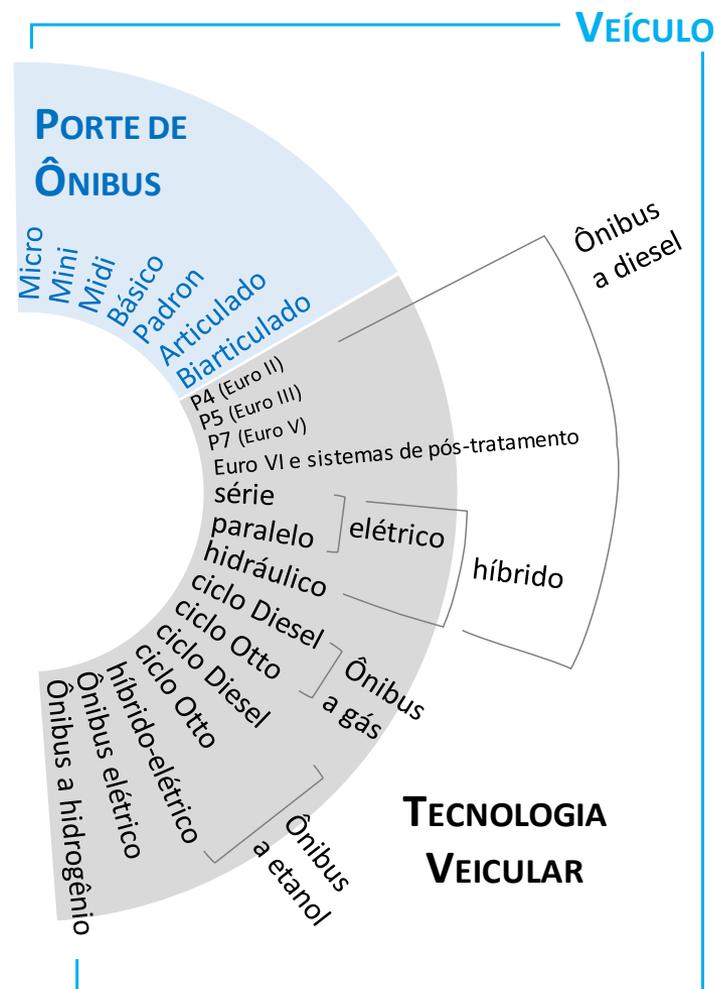
da implantação de projetos/intervenções
de transporte público por ônibus

ex-anti e ex-post

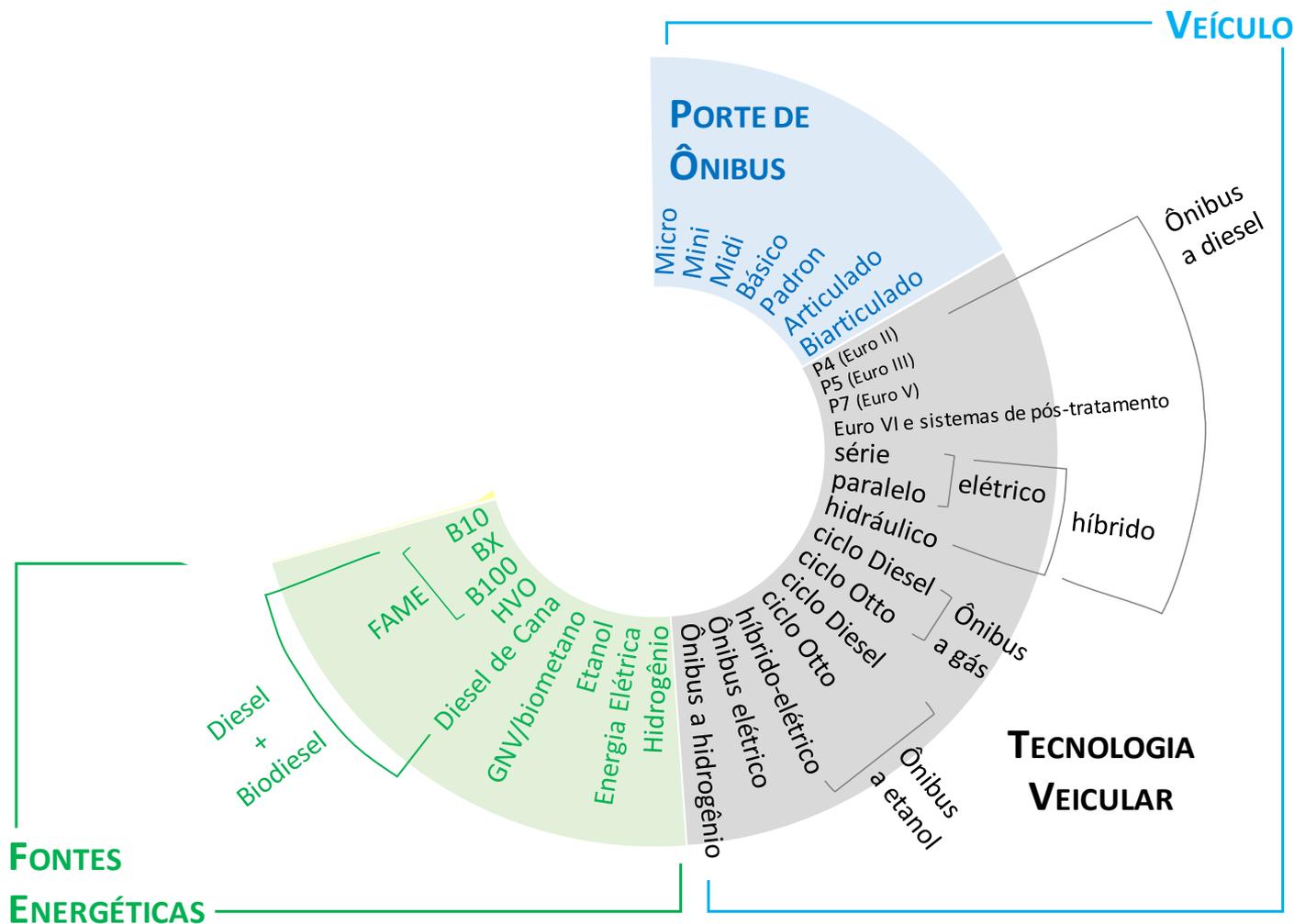
Que variáveis influenciam as emissões dos ônibus?



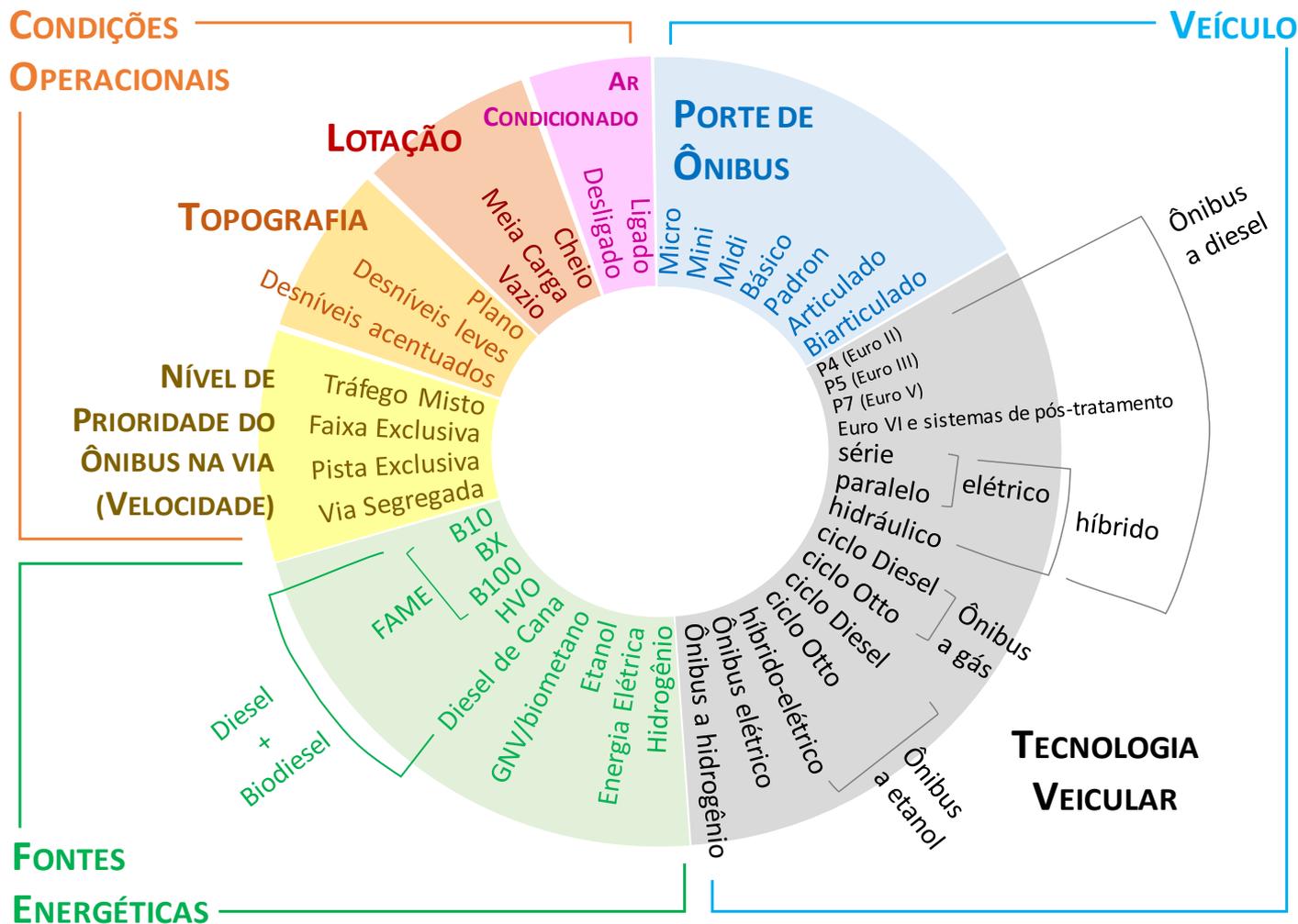
Que variáveis influenciam as emissões dos ônibus?



Que variáveis influenciam as emissões dos ônibus?

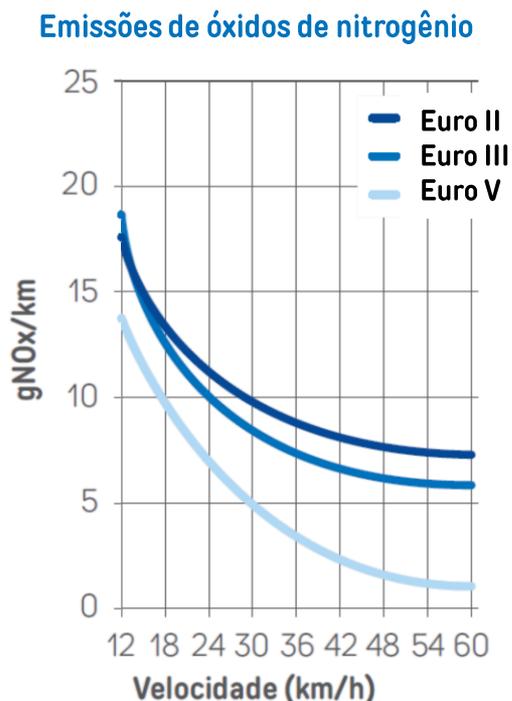
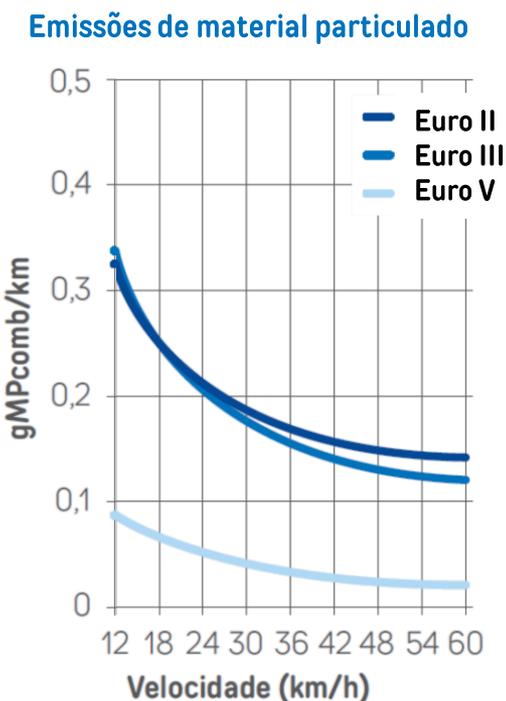
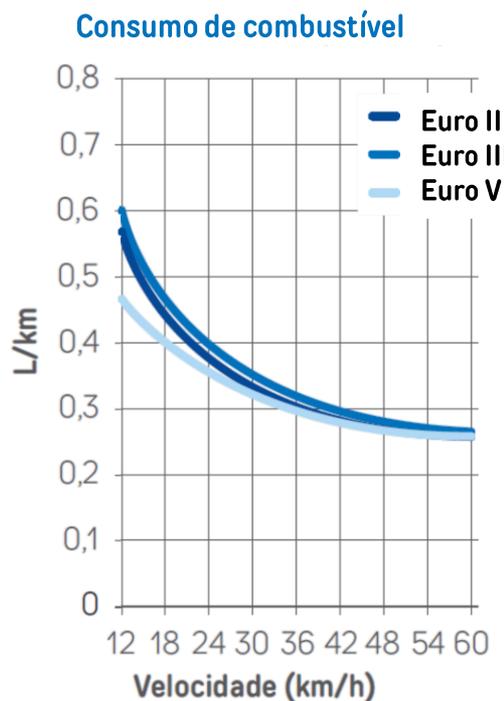


Que variáveis influenciam as emissões dos ônibus?



Ônibus mais lento bebe mais diesel e emite mais poluente.

Ônibus standard (15 – 18t)



Como o transporte por ônibus pode reduzir as emissões atmosféricas?



📍 Avenida 9 de Julio in Buenos Aires, before and after the addition of the Metrobus. Photograph: Government of the City of Buenos Aires

1. Uso de veículos menos poluentes
2. Reorganização de linhas e frota
3. Melhores condições de operação para os ônibus (maior fluidez)
4. Captura de viagens em modos mais poluentes

Método de avaliação para corredores e faixas exclusivas de ônibus: análise comparativa

SEM INTERVENÇÃO

X

COM INTERVENÇÃO

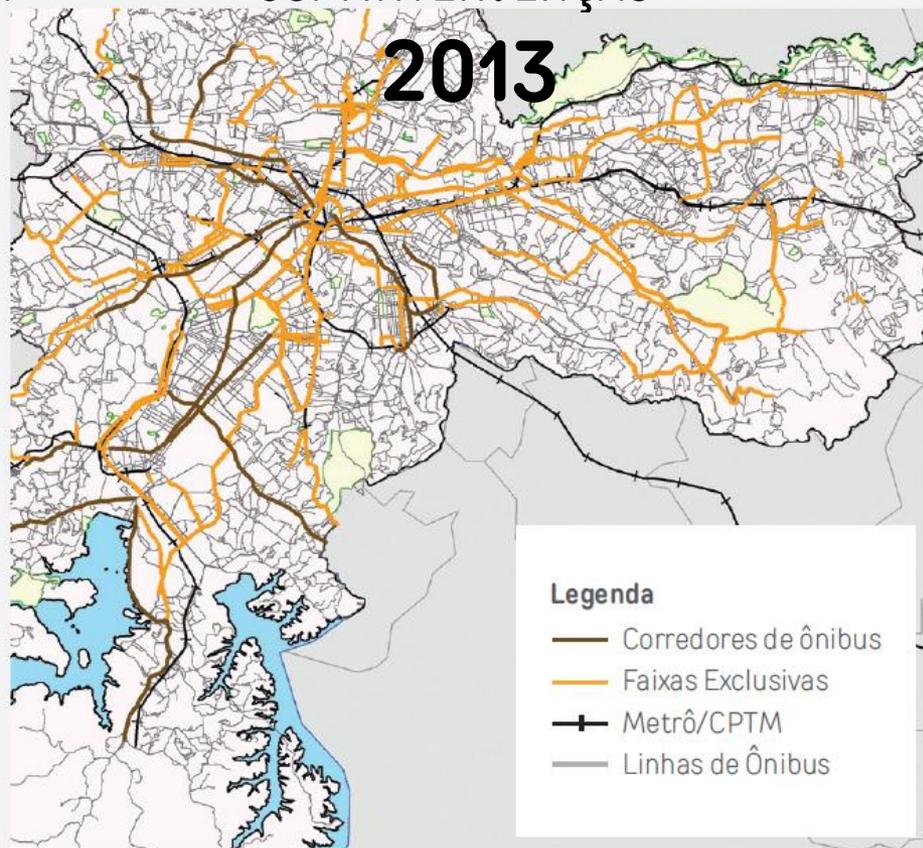
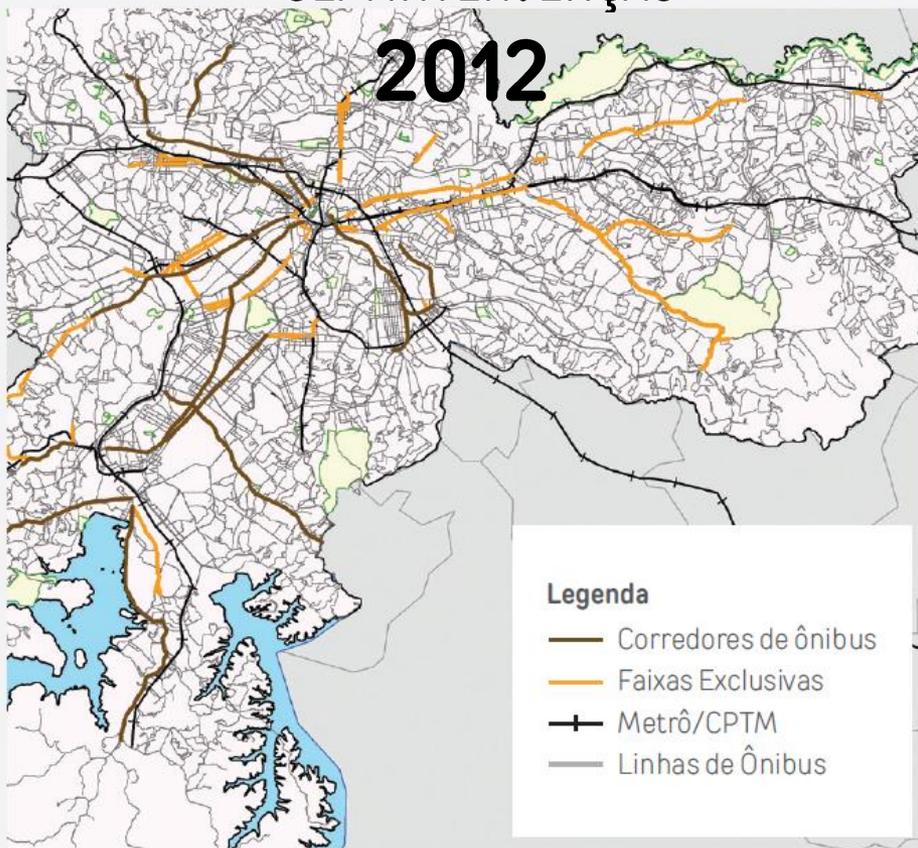


Figura 6 - Estrutura física do transporte público de São Paulo em 2012 e 2013 respectivamente.

Fonte: elaboração própria com dados da CET e da SPTrans.

Análise comparativa: Que variáveis observamos?

1. Variáveis operacionais

- Média de velocidades de tráfego por ônibus em determinados trechos, por hora do dia [km/h]
- Quantidade de ônibus passantes nos trechos, por hora do dia e por tipo de ônibus [veículos/h]
- Distâncias percorridas por ônibus, por trecho, por hora do dia e por tipo de ônibus [veículos-km/h]
- Oferta de passageiros-quilômetro do universo analisado [passageiros-km/h]
- Quantidade de passageiros transportados por linha de ônibus por dia [passageiros/dia]

Análise comparativa: Que variáveis observamos?

2. Variáveis ambientais

- Consumo energético total [litros de diesel]
- Emissões de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa, por trecho e por hora do dia [massa de poluente/h]
- Consumo energético e emissões por distância percorrida por ônibus [massa de poluente/veículo-km]
- Consumo energético e emissões por capacidade ofertada de transporte de passageiros [massa de poluente/passageiros-km]
- Consumo energético e emissões por passageiro transportado [massa de poluente/passageiro]

Dados: Que dados são necessários? De que dados nos utilizamos?

Principais dados necessários para avaliação *ex-post*

- Dados de GPS: nos dão a localização e de cada ônibus no tempo → distância percorrida, velocidade
- Linhas de ônibus e rotas (GTFS)
- Inventário de frota: nos dão os tipos de veículos (porte e tecnologia)
- Passageiros transportados por linha

Principais dados necessários para avaliação *ex-anti*

- Dados de modelagem de transporte: velocidades, distâncias percorridas, quantidade de ônibus trafegando, passageiros a transportar
- Plano de frota: tipos de veículos (porte e tecnologia)
- Fatores de consumo energético e fatores de emissão

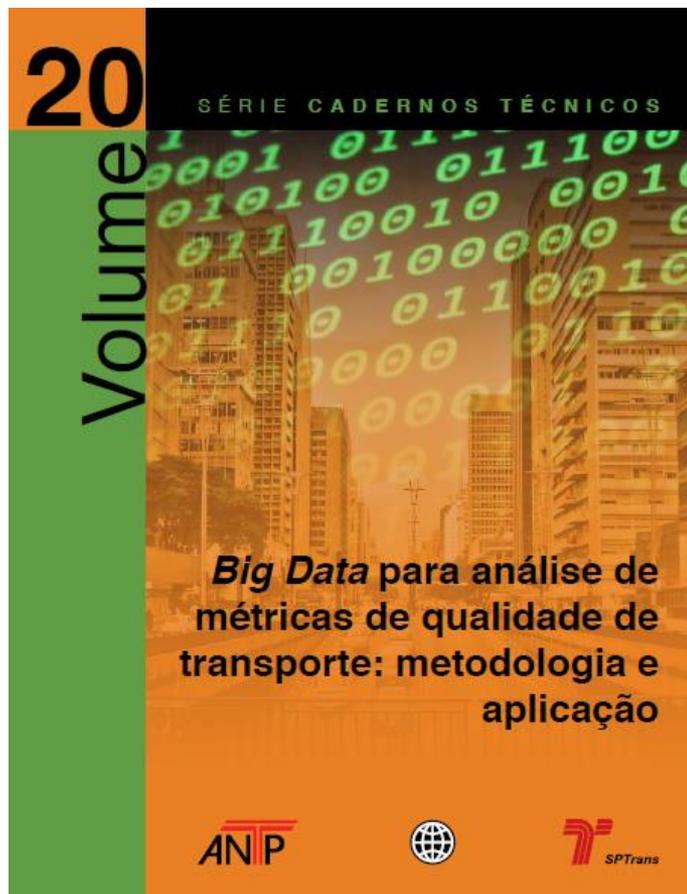
Tratamento de dados:

Dados de GPS – *Global Positioning System*

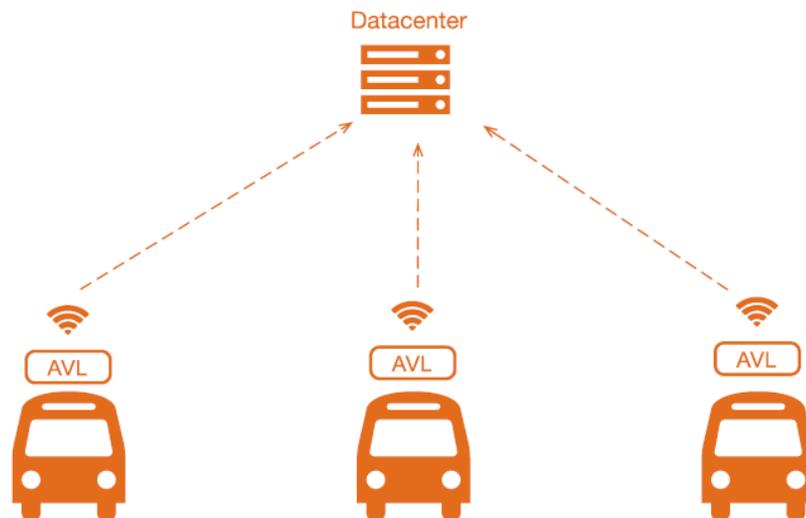
Sugestão de leitura:

AVL Automatic Vehicle Location, sistema de localização dos ônibus por GPS⁹, registra periodicamente a posição do ônibus e envia este dado a um servidor remoto.

Frequência quantidade de viagens realizadas em uma determinada linha dentro de uma janela horária. A frequência de uma linha pode variar conforme a hora do dia



Arquitetura de um AVL



Tratamento de dados:

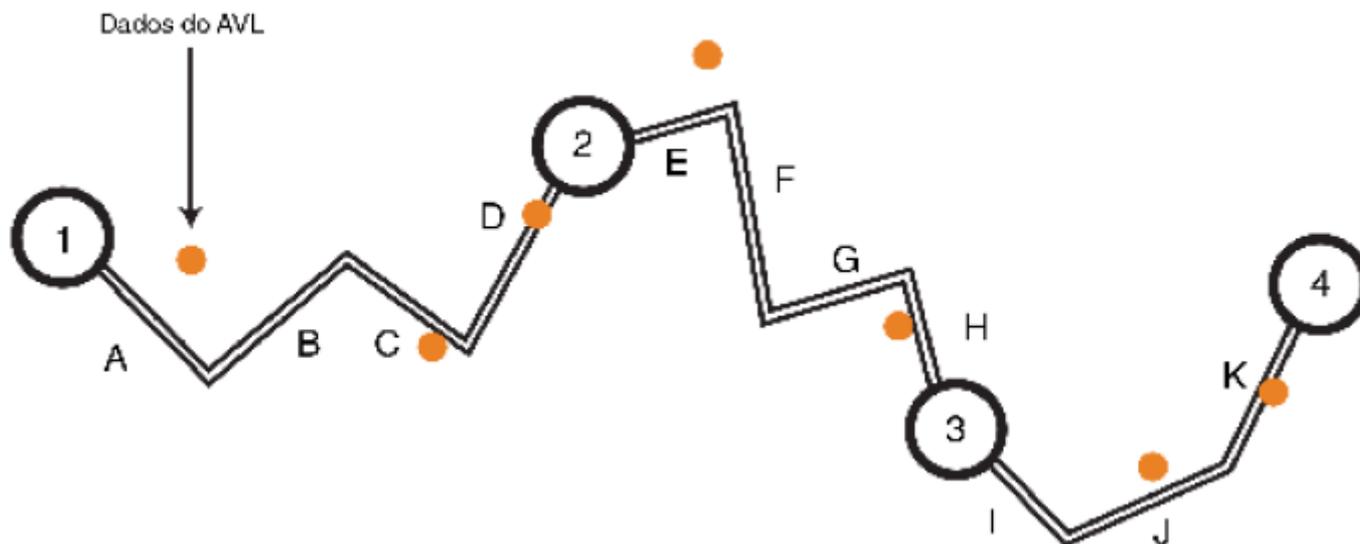
Dados de GPS – *Global Positioning System*



Tratamento de dados:

Dados de GPS – *Global Positioning System*

Dados reportados e trajeto



Tratamento de dados:

Dados de GTFS (*General Transit Feed Specification*)

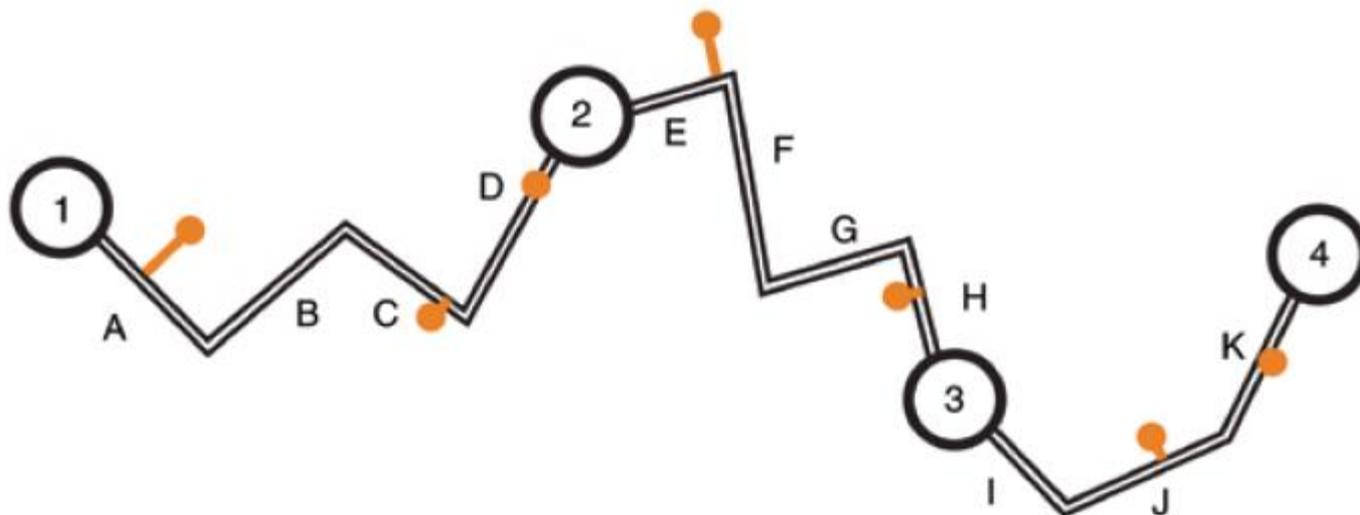
É um formato padrão de troca de dados de transporte, incluindo dados de programação e dados geográficos. É um formato de dados que foi desenvolvido originalmente em uma parceria entre o Google e a TriMet, a agência de transportes de Portland, Oregon.

O formato foi inicialmente chamado de *Google Transit Feed Specification* e depois renomeado para que ficasse claro que se tratava de um formato aberto e não de um formato do Google.

Uma base GTFS contém diversos arquivos compactados em um único arquivo com formato ZIP. Cada arquivo contém dados no formato CSV, ou seja, com valores separados por vírgulas. A especificação GTFS define 6 arquivos obrigatórios e 7 arquivos opcionais. São obrigatórios os seguintes arquivos: `agency.txt`, `stops.txt`, `routes.txt`, `trips.txt`, `stop_times.txt` e `calendar.txt`.

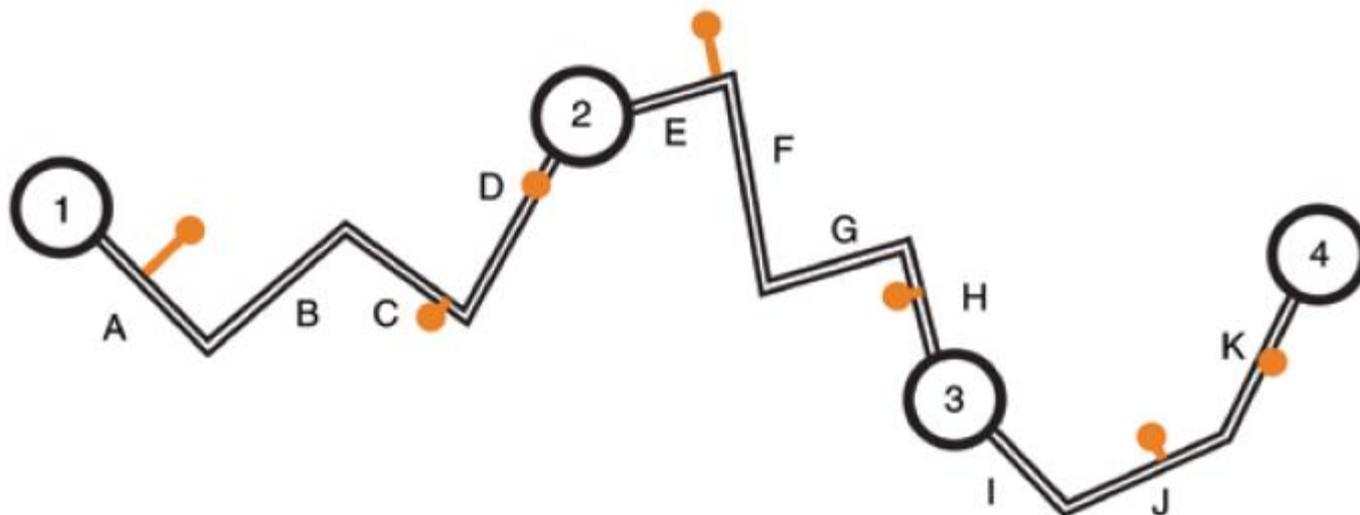
Tratamento de dados: GPS + GTFS

Ajuste de dados reportados com trajeto



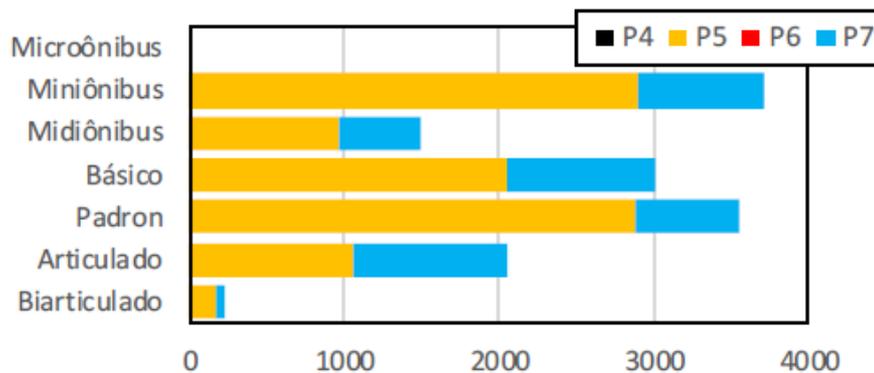
Tratamento de dados: GPS + GTFS

Ajuste de dados reportados com trajeto

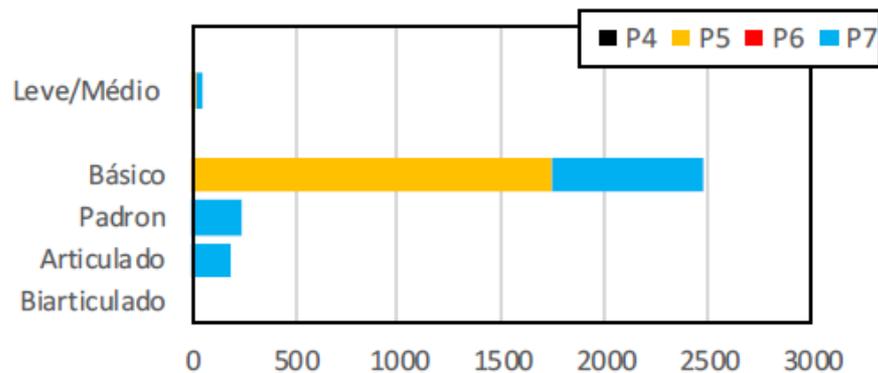


Frota

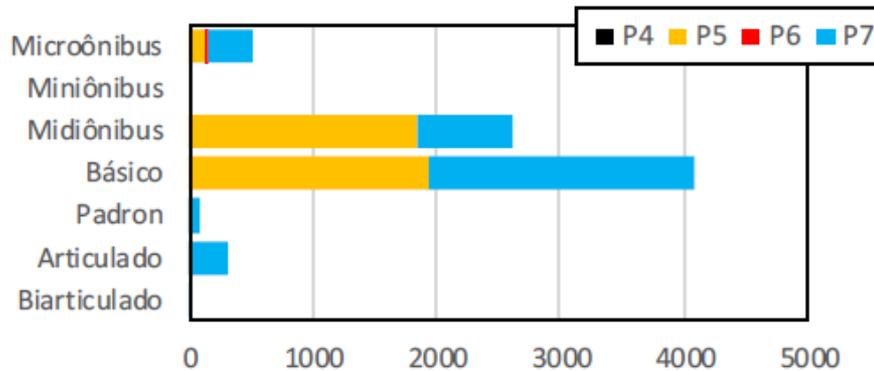
São Paulo (2016)



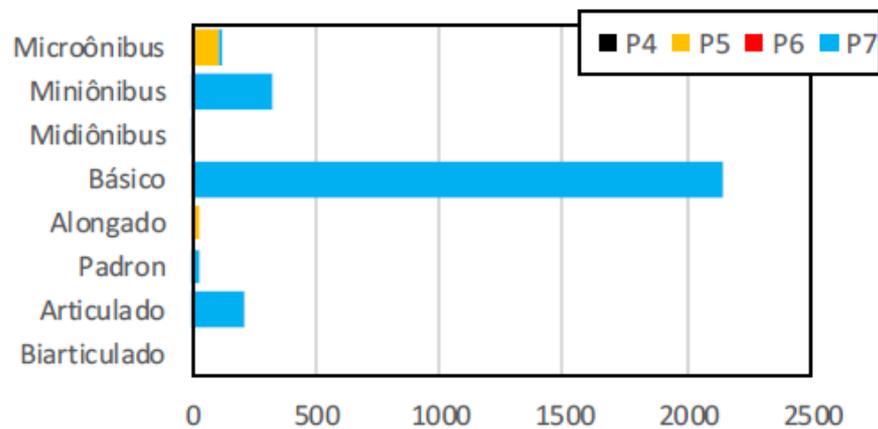
Belo Horizonte (2016)



Rio de Janeiro (2016)



Brasília (2016)



Fatores de consumo energético e emissões atmosféricas

- MMA/IBAMA/CETESB/PROCONVE
- Guia Europeu de Inventários de Emissões
- ECarbono

Fatores de consumo energético e emissões atmosféricas: ECarbono



Sensor de velocidade



Sistema de informação ao motorista (PC+software)



OBD



Medidor de fluxo de diesel

Sistema de aquisição de dados

Fatores de consumo energético e emissões atmosféricas: ECarbono



Tubo de amostragem (Pitot)

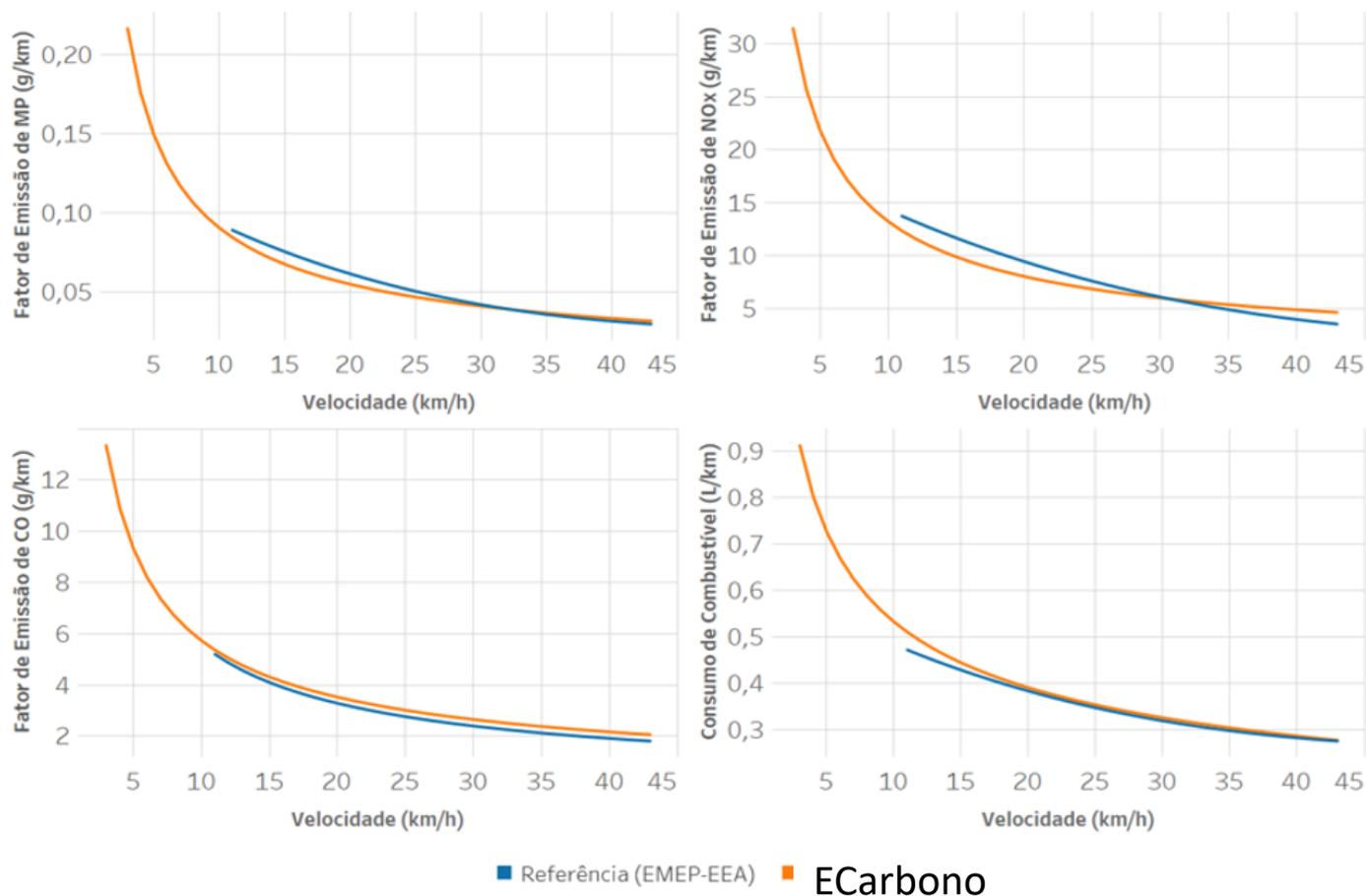
Filtros de particulado



Sistema de medição emissões (gases + particulado)

Fatores de consumo energético e emissões atmosféricas: ECarbono

Gráfico 17: Comparação entre funções estimadas e funções EMEP/EEA (15-18t)



Experiências e ferramentas que podem suportar e inspirar

Plataforma de Qualidade do Ar (IEMA): qualidadedoar.org.br



Plataforma da
Qualidade do ar

[Sobre](#) [Mapa](#) [Gráficos](#) [Metodologia](#) [Publicações](#) [Downloads](#) [Contato](#)

Centro Administrativo ×

Latitude e longitude

-19.97, -44.21

Monitores disponíveis

MP10, SO2, NO2, O3, CO

[Clique para ver detalhes da estação](#)

Filtros

Camadas

Busca por estação

Busque uma estação

Tipos de poluentes

Regulados

- Todos
- MP10 ⓘ
- SO2 ⓘ
- NO2 ⓘ
- O3 ⓘ
- CO ⓘ
- PTS ⓘ
- FMC ⓘ

Não regulados

- Todos
- MP2,5 ⓘ
- NO ⓘ

Experiências e ferramentas que podem suportar e inspirar

- Inventário das Fontes de Emissão de Poluentes Atmosféricos das Regiões de Belo Horizonte, Contagem e Betim (FEAM/Petrobras)



Experiências e ferramentas que podem suportar e inspirar

Em breve....

- Ferramenta ECarbono (MDR, BID e IEMA)
 - Avaliação ex-anti de projetos de transporte público (plataforma web)
- Sistema de monitoramento ambiental dos ônibus de São Paulo (IEMA)
 - Avaliação ex-post do sistema de ônibus (plataforma web)
- Ferramenta de apoio ao planejamento ambiental da frota de ônibus de São Paulo (IEMA)
 - Avaliação ex-anti para renovação de frota (planilha Excel)