



iema
Instituto de Energia
e Meio Ambiente

Estudo sobre Faixas Exclusivas São Paulo/SP

**Estudo sobre Faixas Exclusivas
São Paulo/SP**

Diretor Presidente

André Luís Ferreira

Coordenador de Mobilidade Urbana

Renato Boareto

Equipe Técnica

Hellem de Freitas Miranda

Júlio Sarti Caldeira

Rafael Godoy Bueno da Silva

David Shiling Tsai

Marcelo dos Santos Cremer

Edgar Calligari Pires

Tadeusz Gregório Alabi

Organização e texto

Hellem de Freitas Miranda

Rafael Godoy Bueno da Silva

Marília Neves

Revisão

Rafael Godoy Bueno da Silva

Tadeusz Gregório Alabi

Arte e Diagramação

Leandro Guima -

Las Palmas Estúdio

Foto de capa

wsfurlan - iStock by Getty Images

Publicado por

**IEMA - Instituto de Energia
e Meio Ambiente**

energiaeambiente.org.br

São Paulo, maio de 2017

Sumário

1	Apresentação	06
1.1	Caracterização do Problema	08
1.1.1	Justificativa	08
1.1.2	Objetivo	08
1.1.3	Estrutura do Documento	08
1.2	Priorização do Transporte Coletivo	08
1.2.1	Faixa Exclusiva: o Primeiro Nível de Prioridade	10
1.3	O Transporte por Ônibus na Cidade De São Paulo	11
1.3.1	Priorização do Transporte por Ônibus	14
1.4	Estudo Sobre Faixas Exclusivas – Primeira Fase	15
2	Metodologia	19
2.1	Bases de Dados	21
2.1.1	Registro de Sinais de GPS	21
2.1.2	Desenho Georreferenciado do Sistema Viário e das Faixas Exclusivas	21
2.1.3	Desenho Georreferenciado das linhas de Ônibus	21
2.1.4	Dados sobre os Veículos	21
2.1.5	Fatores de Emissão e Consumo de Combustíveis	21
2.2	Processamento dos Dados	22
2.3	Metodologia para Cálculo das Velocidades	23
2.4	Investigação de Tipologia para Faixas	24
2.5	Metodologia para Estimativa de Consumo De Combustível e Emissões	25
2.5.1	Consumo de combustível, óxidos de nitrogênio e material particulado por combustão	25
2.5.2	Gases de efeito estufa (GEE)	28
2.6	Construção de Cenários para Estimar as Parcelas de Contribuição (Mudança de Frota e Faixas Exclusivas)	29

3	Resultados Obtidos	30
3.1	Velocidades e Tempo nos Trechos de Faixa	32
3.2	Consumo de Combustível e Emissão de Poluentes	49

4	Considerações Finais e Conclusão	52
----------	---	----

5	Recomendações	55
----------	----------------------	----

6	Referências	57
----------	--------------------	----

7	Anexos	59
----------	---------------	----

Índice de Figuras

Figura 1	Demanda anual de passageiros transportados pelas empresas 1997 a 2012	12
Figura 2	Tempo médio de viagem por modo em São Paulo 2007 e 2012	12
Figura 3	Duração média das viagens por modo e distância em São Paulo 2012	13
Figura 4	Divisão modal por classe econômica	13
Figura 5	Consumo e emissões por modos de transporte na cidade de São Paulo	14
Figura 6	Estrutura física do transporte público de São Paulo em 2012 e 2013 respectivamente	16
Figura 7	Sistema viário, vias para ônibus e faixas exclusivas	16
Figura 8	Velocidade média nas Faixas exclusivas	17
Figura 9	Variação média da velocidade verificada nas faixas exclusivas	18
Figura 10	Redução de consumo de combustível e emissão de poluentes	18
Figura 11	Fluxo de processamento da base de sinais de GPS	22
Figura 12	Tramos homogêneos	23
Figura 13	Modelo esquemático de qualificação estática e dinâmica dos pontos	24
Figura 14	Fatores de consumo de combustível e emissão de poluentes em função da velocidade utilizados	27
Figura 15	Exemplo dos cenários considerados para avaliação de redução de emissões	29
Figura 16	Velocidades médias registradas no período – Todas as viagens e viagens fora da faixa	32
Figura 17	Evolução das velocidades médias – 2005 a 2014	33
Figura 18	Velocidade média nas faixas exclusivas	33
Figura 19	Variação na velocidade média diária total – por tramo	34
Figura 20	Variação no tempo de viagens – por tramo	36
Figura 21	Variação da velocidade média por tramo	38
Figura 22	Variação no tempo de viagem por tramo	38
Figura 23	Ganho de velocidade média em relação a faixas de circulação	39
Figura 24	Ganho de velocidade média em relação a paradas por quilômetro	39
Figura 25	Ganho de velocidade média em relação a quilômetro por semáforo	39
Figura 26	Quilometragem percorrida nas faixas por tipo de veículos	40
Figura 27	Proporção de tecnologia veicular na quilometragem percorrida nas faixas	40
Figura 28	Variação no consumo de combustível, separado por cenários	41
Figura 29	Variação em gNO _x /km por cenários	43
Figura 30	Variação em gMPescap/km por cenários	45
Figura 31	Variação em gCO ₂ e/km separada por cenários	47
Figura 32	Variação da composição das frotas entre 2012 e 2014 por tamanho de veículo	50
Figura 33	Variação do consumo e emissões de MP e NO _x em comparação com a variação de assentos ofertados por tamanho e tecnologia veicular	51

Índice de Tabelas

Tabela 1	Níveis de priorização do transporte coletivo	10
Tabela 2	Número de viagens por modo em São Paulo 1997, 2007 e 2012	11
Tabela 3	Divisão da ocupação do sistema viário no município de São Paulo, 2013	13
Tabela 4	Características gerais do sistema de ônibus na cidade de São Paulo	15
Tabela 5	Amostra de tramos homogêneos dividido por tipologia da via	25
Tabela 6	Correlação adotada entre as categorias de veículos definidas pela SPTrans e as categorias COPERT.	26
Tabela 7	Fases PROCONVE e Euro, segundo o ano de fabricação do ônibus	26
Tabela 8	Padrões nacionais de emissões de poluentes	28
Tabela 9	Ganho de velocidade por tipologia da via	40
Tabela 10	Variação no consumo de emissões em função de implantação da faixa e renovação da frota	50

1. Apresentação

Em junho de 2013 houve em São Paulo uma grande pressão popular contra o aumento do preço das passagens e cobrando a melhoria do sistema de transporte público.

Nessa ocasião as tarifas foram mantidas e a prefeitura iniciou um programa de priorização do transporte público através da implantação de faixas exclusivas à direita em diversas vias da capital. Buscando compreender os benefícios da implantação de faixas exclusivas, o IEMA – Instituto Energia e Meio Ambiente propôs um estudo de avaliação da eficiência desse tipo de intervenção com relação à velocidade média dos

ônibus, consumo de combustíveis e emissão de poluentes. O estudo proposto considerou avaliar todas as faixas implantadas na cidade de São Paulo no período entre os meses de setembro do ano de 2012 e 2014 a fim de identificar que mudanças poderiam ser percebidas na circulação dos ônibus em condições operacionais sem a priorização e posteriormente com ela em vigor. Neste documento são apresentadas tanto o método de trabalho quanto a análise dos resultados verificados ao longo desse processo. Complementa esse documento uma plataforma online, que apresenta dados mais detalhados a respeito do desempenho de cada faixa exclusiva avaliada nesse estudo.

1.1 Caracterização do Problema

Os congestionamentos provocados pelo crescente uso do automóvel têm afetado negativamente o desempenho operacional do transporte público de passageiros nas grandes cidades brasileiras, reduzindo sua confiabilidade e aumentando seus custos. Medidas de priorização do transporte coletivo são apontadas por especialistas como necessárias para reverter esta situação. Em termos concretos, é preciso retirar os ônibus dos congestionamentos. As faixas exclusivas são, de uma maneira geral, uma forma de priorização rápida e barata do transporte coletivo. Elas podem contribuir para a redução do efeito das externalidades promovidas pelo tráfego geral no sistema de ônibus como: perda de velocidade; atrasos na programação – que geram perda da confiabilidade do usuário – e aumento dos custos operacionais – que acabam influenciando na elevação da tarifa. Soma-se a isso o fato de que avaliar o benefício da implantação das faixas exclusivas ultrapassa uma análise de seus resultados imediatos, atinge-se o benefício da reserva de espaço público destinado a um modo que transporta com racionalidade significativa parcela da população.

1.1.1 Justificativa

Como resposta a pressão popular para a melhoria do sistema de transporte público, a prefeitura de São Paulo intensificou em julho de 2013 a implantação do programa de faixas exclusivas a fim de melhorar a qualidade do transporte público ofertado. Em função da urgência entendida pelo governo, a medida foi adotada sem um debate específico sobre os impactos positivos e negativos inerentes a este tipo de intervenção. Sem a divulgação de dados concretos e sem o engajamento popular, a medida foi recebida com descredito e desconfiança por parte da população.

Desta maneira, o IEMA propôs este estudo a fim de avaliar de forma direta e objetiva os resultados da implantação das faixas exclusivas, com relação especificamente a variação de velocidade média e consumo de combustíveis, a partir de casos reais implantados em São Paulo entre setembro de 2012 e setembro de 2014.

1.1.2 Objetivo

A necessidade de identificar e quantificar os benefícios da implantação das faixas exclusivas motivou a elaboração deste trabalho que deu

especial atenção à redução do consumo de combustível e emissão de poluentes, provenientes dos ganhos de velocidade média dos ônibus. Tais resultados devem ser conhecidos por gestores públicos a fim de motivar a adoção de políticas públicas coerentes com os princípios, objetivos e diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU (Lei Federal nº 12.587/12). Também devem atingir a sociedade como um todo de forma a enriquecer o debate público sobre mobilidade urbana e meio ambiente.

1.1.3 Estrutura do documento

O presente relatório está estruturado de forma a apresentar no primeiro capítulo uma breve contextualização do estudo bem como seus objetivos e antecedentes. A metodologia adotada para a análise e processamento dos dados está detalhadamente apresentada no segundo capítulo do documento. O terceiro capítulo, destinado a apresentação dos resultados, mostra o processo desenvolvido e os objetivos alcançados. No quarto capítulo são apresentadas as considerações finais e a conclusão do estudo. Por fim, no quinto e último capítulo, são apresentadas recomendações que indicam possíveis formas de aplicação e de sequência do trabalho desenvolvido.

1.2 Priorização do Transporte Coletivo

O ônibus é o modo mais comum de transporte coletivo, sendo adaptado a qualquer necessidade urbana, tanto em cidades pequenas quanto em grandes metrópoles. Com capacidade variável conforme a necessidade, esse é um modo barato, com grande acessibilidade e flexibilidade de atendimento. No entanto, em razão do compartilhamento das vias com o tráfego geral, as velocidades operacionais desenvolvidas pelo modo ônibus são bastante inferiores a sistemas como o de transporte sobre trilhos, por exemplo. Tal condição resulta em um estigma negativo, refletindo na percepção de que essa não é a solução mais adequada para grandes cidades e que não garante o atendimento à todas as necessidades dos usuários. Sob tal contexto, Canales *et al.* (2006) explica que os sistemas de ônibus evoluíram para aumentar sua eficiência, apropriando-se de certas características dos sistemas sobre trilhos a fim de buscar um equilíbrio ideal entre acessibilidade e serviços rápidos, sem a necessidade de grandes investimentos finan-

ceiros. Velocidades maiores elevam a confiabilidade do usuário com relação à qualidade do serviço, tornando-os mais atrativos. Tais melhorias provêm da ação de medidas de priorização do transporte coletivo com a adoção de corredores exclusivos, coordenação semafórica e eficiência nos procedimentos de embarque e desembarque de passageiros.

VELOCIDADE

A velocidade de um determinado sistema de transporte corresponde a um parâmetro de aferição de sua eficiência. Quanto maior a velocidade operacional¹ média de um veículo, melhor será seu desempenho e menor será o tempo de viagem de um passageiro embarcado. A velocidade é bastante sensível à tecnologia utilizada e à forma como essa é operada. Sistemas sobre trilhos, em geral, apresentam grande vantagem quanto à velocidade, quando comparados com sistemas sobre pneus. Isso se dá em razão da exclusividade de circulação na via proporcionada pelos trilhos.

CONFIABILIDADE

A confiabilidade de um sistema de transporte coletivo, segundo Ferraz e Torres (2004), está relacionada ao grau de certeza dos usuários de que o veículo de transporte coletivo vai passar na origem e chegar ao destino no horário previsto, com, evidentemente, alguma margem de tolerância. Por definição, ela acaba refletindo na avaliação direta que o usuário faz a respeito do sistema de transporte. Dentre os fatores que, segundo TRB (2013), influenciam a confiabilidade dos usuários de sistemas de transporte por ônibus são principalmente considerados os seguintes:

- condições de tráfego;
- condições viárias;
- manutenção dos veículos;
- priorização do transporte coletivo (compensa os efeitos do tráfego geral sobre o transporte coletivo);
- exequibilidade da programação.

De uma forma geral, entende-se que o não cumprimento da programação ou redução da pontualidade pode ser afetado por fatores externos ao sistema, especialmente para os sistemas

sobre pneus. Assim, pode-se afirmar que, quanto maior o grau de priorização do sistema sobre o tráfego geral, menor será o efeito negativo que este pode gerar sobre aquele.

Para Vuchic (2007), a tecnologia empregada em um sistema de transporte é popularmente reconhecida como o elemento mais importante para determinar sua performance. Assim, pode-se esperar que, quanto maior o investimento tecnológico (e maior o valor de seu investimento), mais elevada será a qualidade do serviço prestado. No entanto, o nível de prioridade, resultante da separação do transporte coletivo e sua independência do tráfego geral, é um fator que independentemente da tecnologia pode promover bom desempenho ao sistema. Isso se dá em razão de que o desempenho não está associado apenas à tecnologia, mas também ao grau de separação da via e sua capacidade de transporte, portanto de sua eficiência operacional, que pode ser atingida a custos reduzidos e escolhas modais simples. Segundo SEDU/PR e NTU (2002), sistemas que operam sob regime de prioridade têm sua eficiência aumentada, ganhando maiores vantagens competitivas no mercado de transporte urbano. Isso ocorre devido à criação de estruturas viárias exclusivas para a circulação do transporte público que aumentam sua velocidade e, consequentemente, reduzem os tempos de viagem, os custos operacionais e as tarifas, promovendo assim maior confiabilidade ao sistema.

Existem diversos níveis de priorização do transporte coletivo no sistema viário, desde os mais complexos como os que promovem a inteira segregação dos ônibus, comumente utilizado nos serviços de BRTs, até os mais simples como faixas exclusivas implantadas à direita da via. Apesar de apresentar limitações de ganhos operacionais, se comparada com relação a opções mais complexas, a faixa exclusiva à direita da via possui baixo custo de implantação, podendo em muitos casos ser implantada com recursos próprios de municípios sem necessidade de recorrer a esferas estaduais ou federais para o financiamento das obras. Ademais, a implantação de faixas exclusivas à direita é um processo

¹ Velocidade operacional corresponde à velocidade média em viagem, obtida pela relação entre a distância percorrida e o tempo de percurso. Ela depende da magnitude das acelerações nas partidas e nas frenagens, da velocidade máxima programada, do tempo médio gasto nas paradas, da distância média entre paradas e, quando for o caso, das interferências do trânsito. A velocidade média considerando as paradas nos terminais é denominada velocidade comercial, é determinada pela relação entre a distância total percorrida e o tempo de ciclo (FERRAZ e TORRES, 2004).

rápido, podendo ser realizado em um curto período de tempo, inclusive em vias que posteriormente receberão outro tipo de prioridade, como um corredor à esquerda.

As classes de priorização definidas por Vuchic (2007) apresentam, de forma resumida, a estrutura básica dos diferentes níveis de prioridade que podem ser destinados ao transporte coletivo. Considerando a diversidade de soluções operacionais de prioridade para o transporte coletivo, a proposta de classificação apresentada por SEDU/PR e NTU (2002), na **Tabela 1**, mostra-se mais realista.

1.2.1 Faixa Exclusiva: o primeiro nível de prioridade

Faixas exclusivas correspondem ao estágio inicial de priorização do transporte coletivo, em que não se verifica qualquer barreira física, apenas o uso da sinalização horizontal e vertical para orientar condutores a utilizar as faixas adequadas para cada tipo de veículo. Tais faixas podem ser alocadas tanto nas laterais da via (junto à calçada) quanto no canteiro central (condição que reduz as interferências provenientes dos movimentos de conversão à direita). Com implantação e operação simples, essa solução mostra-

-se financeiramente viável a um grande número de cidades, uma vez que são necessários poucos recursos e também pouco tempo para adotá-la⁴. Enquanto os investimentos necessários para adotar tal medida são baixos, os ganhos conquistados são enormes. Sua principal característica, a separação do transporte coletivo do tráfego geral, reduz os efeitos negativos das externalidades, assim não se verifica a redução da velocidade operacional em função dos entrelaçamentos entre veículos que trocam de faixas. Velocidades maiores promovem a redução dos tempos de viagem e ampliação da capacidade de transporte do sistema. Com menor interferência do tráfego geral, o transporte coletivo torna-se mais atrativo ao usuário, que lhe garante maior grau de confiabilidade. Apesar da eficiência conquistada em razão da separação viária, as faixas exclusivas ainda recebem demasiada influência do tráfego geral, tanto nas interseções quanto nas conversões ou acessos aos lotes lindeiros, razão em que é permitido o acesso dos demais veículos. Por tal razão, sua eficiência é menor em comparação com as tipologias mais avançadas de prioridade (Nível 2 e Nível 3).

Segundo a Associação Nacional de Transportes Urbanos - NTU (2013), as prerrogativas para

Tabela 1 - Níveis de priorização do transporte coletivo. Fonte: Vuchic, 2007.

Nível de prioridade	Tipo de tratamento	Características
Sem prioridade	Tráfego misto	Veículos de transporte coletivo circulam junto com o tráfego geral, sofrendo grandes interferências longitudinais ² e transversais ³ . Cruzamentos em nível frequentes.
Nível 1	Faixa exclusiva	Veículos de transporte coletivo trafegam em faixas exclusivas, mas sem elementos de separação física do tráfego geral. A faixa exclusiva costuma estar na lateral da via (embora possa estar também no centro) e ter ou não faixa dupla para ultrapassagem junto aos pontos de parada. Número considerável de cruzamentos em nível.
Nível 2	Pista exclusiva (canaleta, busway)	Veículos de transporte coletivo trafegam em faixas exclusivas, mas sem elementos de separação física do tráfego geral. A faixa exclusiva costuma estar na lateral da via e ser ou não duplicada para ultrapassagem (especialmente junto aos pontos de parada). Poucos cruzamentos em nível.
Nível 3	Via segregada	Veículos de transporte coletivo trafegam em via totalmente segregada, não sofrendo interferências longitudinais ou transversais de qualquer tipo. Não há cruzamento em nível.

² Interferências longitudinais são causadas por outros veículos que se movimentam, ou estão estacionados, na mesma direção em que trafega o veículo de transporte coletivo, ao longo da via. Essas interferências são quase sempre provocadas pelas paralisações gerais do tráfego, pela fricção lateral, por manobras de ultrapassagem ou por movimentos para acessar destinos situados na lateral da via.

³ Interferências transversais são provocadas pelos fluxos de veículos ou pessoas que circulam em passagens ou vias oblíquas àquela em que circula o transporte coletivo.

⁴ Apenas em 2013, o município de São Paulo realizou a implantação de mais de 220 km de faixas exclusivas para o transporte coletivo, tendo atualmente superado a marca de 400km de faixas. Tal iniciativa foi denominada "Dá Licença para o Ônibus".

a implantação das faixas exclusivas de ônibus incluem:

- Implantação em curto prazo (entre 1 e 6 meses);
- Atendimento imediato às expectativas da população;
- Sem necessidade de desapropriações;
- Baixo custo de implantação (de 100 mil a 500 mil reais por quilômetro);
- Utilização dos mesmos ônibus que operam na cidade;
- Fácil associação do projeto com a área urbana do entorno;
- Redução do consumo de combustível e das emissões de poluentes;
- Redução do tempo de viagem; e
- Impacto positivo na mobilidade da cidade.

1.3 O transporte por ônibus na cidade de São Paulo

O crescimento da população urbana mundial, aliado à crescente migração da zona rural para as áreas urbanas acarretou a necessidade de discussão da forma como as pessoas se deslocam pelas cidades. Em São Paulo, assim como

em outras cidades que apresentam oferta insuficiente de transporte público e pouca infraestrutura para o transporte não motorizado, uma das consequências desse aumento da concentração de pessoas no espaço urbano é a consolidação do uso do transporte individual motorizado. Embora os transportes coletivos ainda sejam responsáveis pela maior parte dos deslocamentos, os modos individuais representaram em 2012 mais de 40% do total de viagens, como pode ser observado na **Tabela 2** a seguir.

Observa-se que a participação dos modos coletivos no deslocamento dentro da cidade de São Paulo ganhou importância e participação no decorrer dos anos. Entre os principais modos de transporte coletivo disponíveis na cidade destacam-se o metrô, trem metropolitano e ônibus. O sistema de ônibus, operado pela SPTrans, é o que movimenta a maior quantidade de passageiros em média por dia útil, seguido pelo metrô, operado pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, e pelo sistema de trens operado pela Companhia Paulista de Transportes Metropolitanos, como mostra a **Figura 1**. É possível observar que nos últimos anos houve um aumento na de-

Tabela 2 – Número de viagens por modo em São Paulo | 1997, 2007 e 2012. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

Modo Principal	1997 (x1.000)	total %	2007 (x1.000)	total %	2012 (x1.000)	total %	1997 a 2007	2007 a 2012
Modos Motorizados	13.403	68,33%	16.128	100%	18.410	100%	20,33%	14,15%
Modos Coletivos	7.033	52,47%	9.036	56,03%	10.348	56,21%	28,48%	14,52%
Ônibus	4.772	24,33%	5.729	24,36%	5.710	21,50%	20,05%	-0,33%
Metrô	1.533	7,82%	1.944	8,27%	2.807	10,57%	26,81%	44,39%
Trem	322	1,64%	435	1,85%	561	2,11%	35,09%	28,97%
Fretado	162	0,83%	167	0,71%	99	0,37%	3,09%	-40,72%
Escolar	244	1,24%	761	3,24%	1.171	4,41%	211,89%	53,88%
Modos Individuais	6.370	47,53%	7.092	43,97%	8.062	43,79%	11,33%	13,68%
Automóvel	6.134	31,27%	6.588	28,01%	7.328	27,60%	7,40%	11,23%
Táxi	91	0,46%	79	0,34%	108	0,41%	-13,49%	36,71%
Moto	99	0,50%	393	1,67%	595	2,24%	296,97%	51,40%
Outros	46	0,23%	32	0,14%	31	0,12%	-30,43%	-3,13%
Modos Ativos	6.212	31,67%	7.391	31,43%	8.140	30,65%	189,86%	17,00%
Bicicleta	54	0,28%	147	0,63%	157	0,59%	172,22%	6,80%
A pé	6.158	31,39%	7.244	30,80%	7.983	30,06%	17,64%	10,20%
Total	19.615	100%	23.519	100%	26.553	100%	19,90%	12,90%

manda pelo transporte coletivo que, por não ser acompanhado por um aumento correspondente na oferta, causou uma piora no desempenho dos transportes públicos com redução do conforto dos passageiros, atrasos e maiores tempos de deslocamento (ver Figura 2).

De acordo com os dados apresentados no Plano de Mobilidade desenvolvido pela prefeitura de São Paulo (PlanMob/SP 2015) é possível observar que os tempos de deslocamento do transporte público são muito superiores em relação aos demais modos motorizados, em média mais de 50% independentemente da distância de viagem (ver Figura 3), o que indica sua falta de competi-

tividade e atratividade entre as pessoas que tem alguma outra opção de deslocamento além do transporte coletivo.

Contudo, o PlanMob/SP informa que a maior parcela de usuários do sistema de ônibus municipal é constituída por representantes das menores faixas de renda. Tal condição indica que os grupos sociais de menor favorecimento econômico não apenas são os maiores dependentes do transporte coletivo (provavelmente por falta de opção e menor acesso a outros modos concorrentes) como também são diretamente penalizados por um sistema de transporte mais lento (ver Figura 4).

A falta de atratividade do transporte público

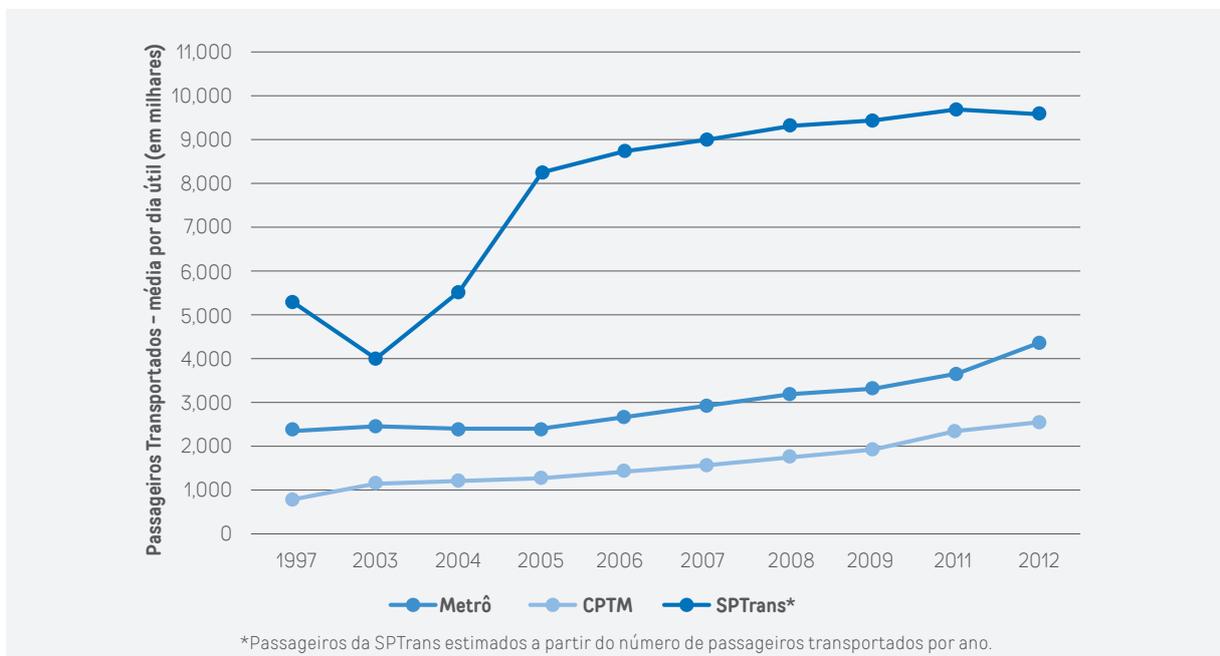


Figura 1 - Demanda anual de passageiros transportados pelas empresas | 1997 a 2012. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

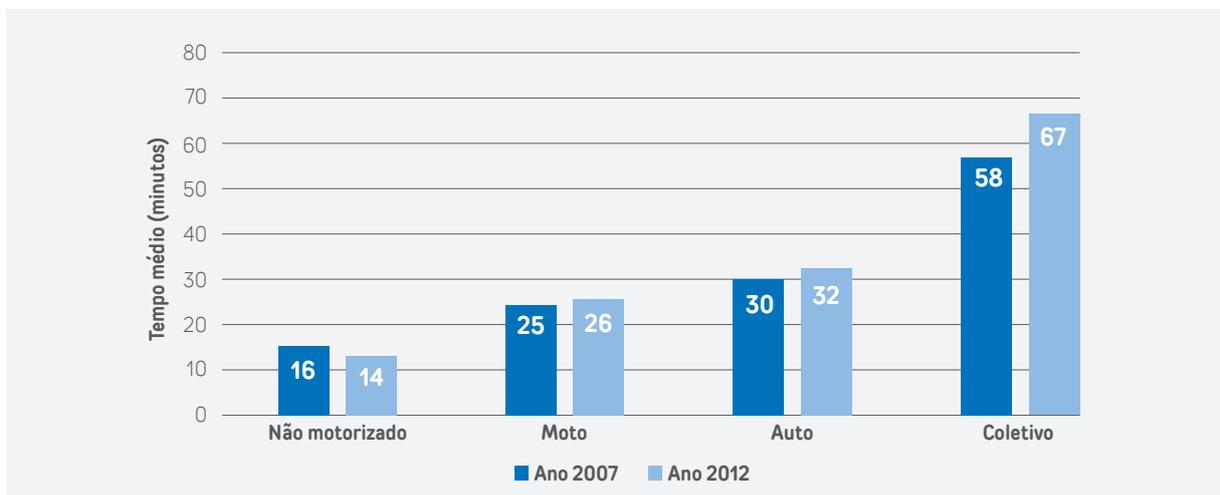


Figura 2 - Tempo médio de viagem por modo em São Paulo | 2007 e 2012. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

acaba por gerar um aumento da frota de veículos privados, que são proporcionalmente os que ocupam maior espaço viário (**ver Tabela 3**), emitem mais poluentes e gastam mais energia por usuário transportado. Esse aumento de frota acarreta uma piora nas condições de mobilidade para to-

dos os modos e contribui para o agravamento de problemas urbanos como o congestionamento de vias e a poluição do ar.

A participação maciça de veículos motorizados no deslocamento de pessoas e cargas na cidade de São Paulo acarreta externalidades

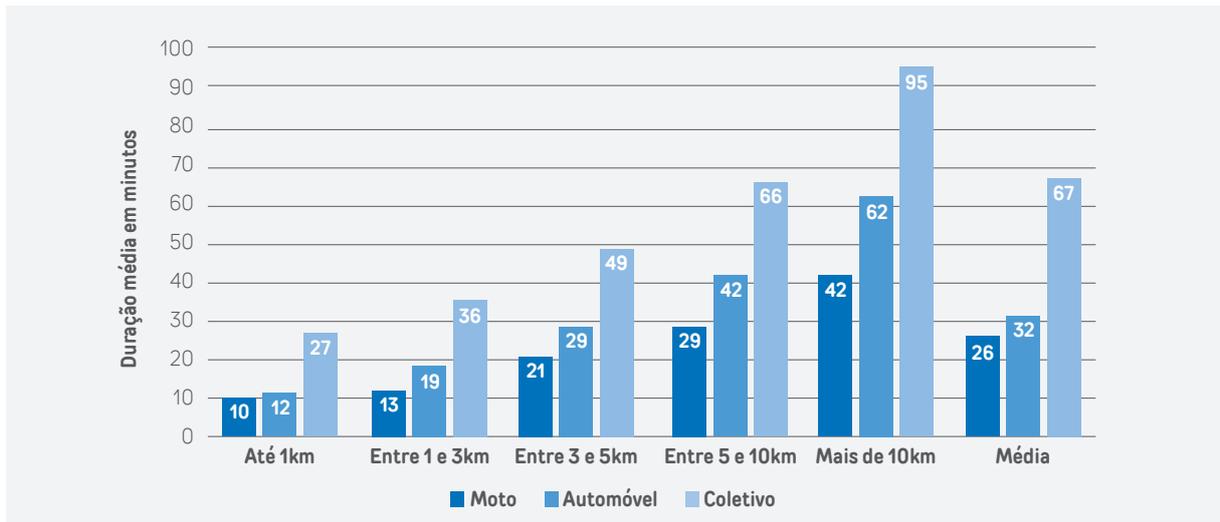


Figura 3 – Duração média das viagens por modo e distância em São Paulo, 2012. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

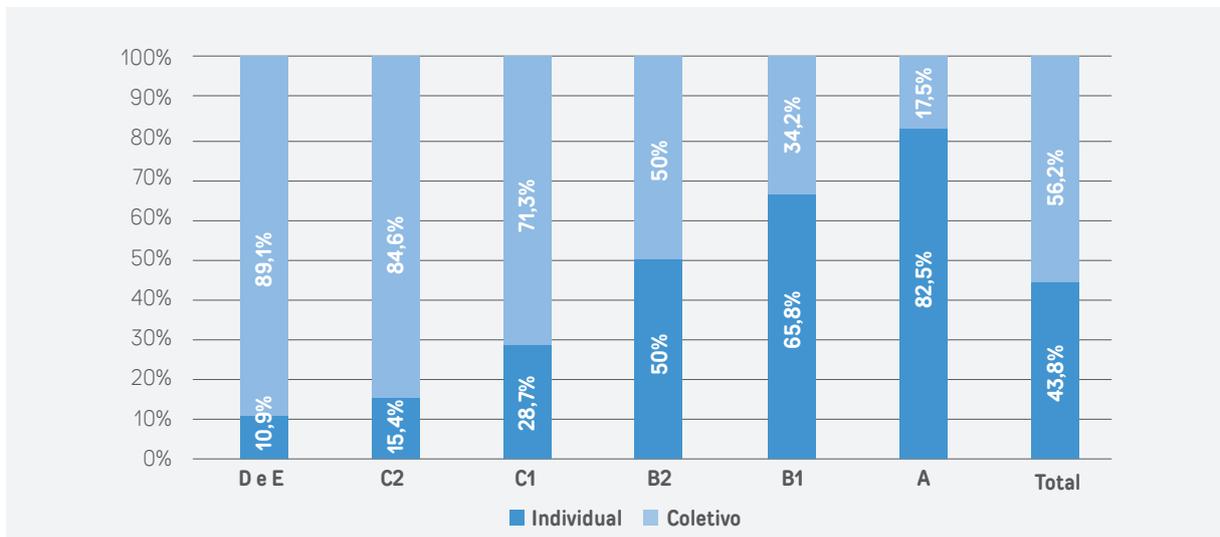


Figura 4 – Divisão modal por classe econômica. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

Tabela 3 – Divisão da ocupação do sistema viário no município de São Paulo, 2013. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

Veículo	% viário utilizado	Ocupação Média
Automóveis	79	1,4
Motocicletas	15	1,1
Ônibus urbano	3	72
Outros	3	-

PESSOAS X MODAIS

Estudos nacionais e internacionais mostram a relação entre a quantidade de passageiros transportados e espaço ocupado pelos veículos nas vias, neles é possível observar a grande vantagem do uso de transportes coletivos e não motorizados em vias urbanas. O ensaio fotográfico desenvolvido em 2015 em São Paulo ilustra bem esta relação do espaço urbano necessário para o transporte do mesmo número de passageiros em diferentes modais.



Créditos: Ensaio fotográfico realizado pelo jornal Folha de SP em jan/2015. As fotos representam respectivamente o espaço ocupado pelo mesmo número de pessoas para os modais carro, ônibus e bicicleta. (<http://arte.folha.uol.com.br/cotidiano/2016/01/24/sp-se-move/>)

negativas para a sociedade, como maior emissão de poluentes em um ambiente que já apresenta, com frequência, concentrações superiores às recomendações da OMS. Como esperado, os veículos privados, que transportam o menor número de usuários, são os que contribuem de forma mais efetiva para estas externalidades. A **Figura 5** apresenta o consumo de combustível de cada modo e a participação de cada um deles nas emissões de poluentes.

Para minimizar as adversidades provocadas pelo uso do transporte individual motorizado, são necessárias medidas que priorizem os deslocamentos realizados por modos coletivos (ônibus, metrô e trens) e não-motorizados (a pé e bicicleta), e medidas que contribuam para racionalizar o uso do automóvel promovendo o reequilíbrio da divisão modal local. Uma das formas de melhorar as con-

dições operacionais de transporte coletivo é priorizar seu deslocamento em vias públicas, de modo a retirá-lo do congestionamento. A segregação viária é uma opção de priorização que pode ajudar a promover maior velocidade operacional para o ônibus, reduzir o tempo de viagem dos passageiros, aumentar a confiabilidade no sistema, além de reduzir a frota necessária para o cumprimento das partidas previstas, a emissão de poluentes locais e também o consumo de combustível.

1.3.1 Priorização do transporte por ônibus

A implantação maciça de faixas exclusivas em São Paulo surgiu como uma maneira de beneficiar o transporte coletivo por ônibus que vinha sendo diretamente afetado pelas más condições de tráfego da cidade. Devido ao intenso volume de veículos, o sistema de ônibus tornou-se uma

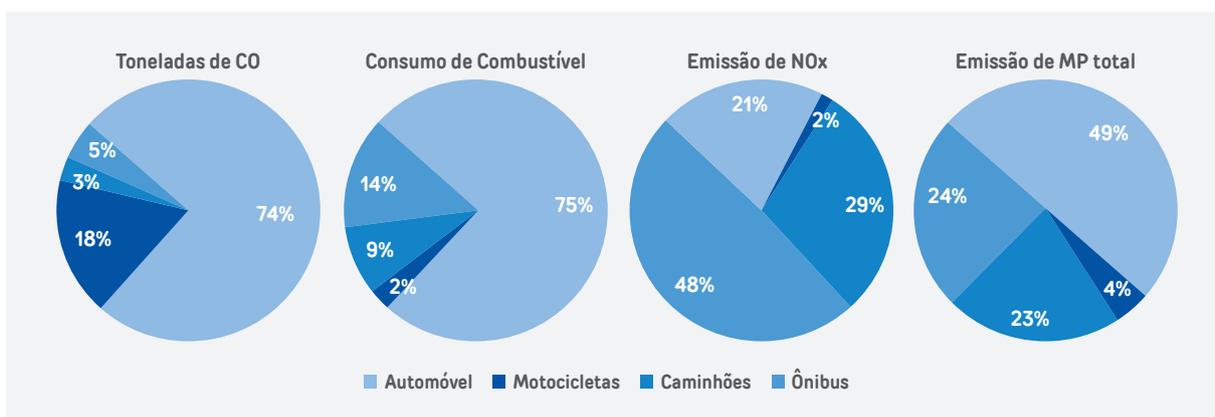


Figura 5 - Consumo e emissões por modos de transporte na cidade de São Paulo. Fonte: PlanMob/SP, 2015.

opção de baixa velocidade operacional e confiabilidade, uma vez que os constantes atrasos em razão de externalidades dificultam o cumprimento dos horários estabelecidos em sua programação. O mês de junho de 2013, quando houve uma grande mobilização pública em razão do aumento das tarifas do transporte público e da baixa qualidade do serviço prestado, tornou-se um marco na história dos transportes de São Paulo. As manifestações provocaram uma resposta imediata do poder público, que não apenas cedeu às pressões e conteve o aumento tarifário, mas que também iniciou um grande programa de priorização do ônibus traduzido na chamada Operação Dá Licença para o Ônibus. Apesar da adoção da Operação Dá Licença para o Ônibus ter sido imediatista conforme sua necessidade de ação frente às pressões populares, ela demonstrou estar alinhada com o Programa de Metas estabelecido pela Prefeitura de São Paulo para o período de 2013 a 2016, que apresentava como um objetivo “ampliar as áreas de circulação exclusiva e qualificar o sistema de ônibus municipal, aumentando a velocidade média nos horários de pico de 14 km/hora (medido em agosto de 2012) para 25 km/hora”. Além disso, há ainda uma meta mais específica deste mesmo programa que estabelece a implantação de 150 km de faixas exclusivas de ônibus. As faixas exclusivas foram inicialmente implantadas em áreas com maior volume de ônibus, priorizando vias com mais de 50 ônibus/hora, critério que foi modificado a medida que as

faixas se expandiam pela cidade. Assim, ao final do mesmo ano de 2013 a cidade contava com mais de 200 quilômetros de faixas exclusivas para os ônibus, superando a meta de 150 quilômetros inicialmente estabelecida. A **Figura 6** retrata a expansão de faixas exclusivas em São Paulo entre os anos de 2012 e 2013.

Mesmo com a implantação maciça de faixas no ano de 2013, as vias com esse nível de priorização representavam pouco mais de 2% do total de 17.000 quilômetros de vias existentes na cidade. Dados da CET-SP e da SPTrans mostram que de 2013 a 2016 o volume de faixas exclusivas praticamente dobrou, porém, sua cobertura ainda representa menos de 5% sobre o total do sistema viário. A **Figura 7** ilustra a comparação entre esses valores (inclusive com a quilometragem de vias com faixas exclusivas abrangidas nesse estudo). No período considerado para esse estudo, as viagens de ônibus que passaram por faixas exclusivas representaram mais de 30% do total de viagens programadas por dia em 2012 e mais de 40% em 2014, como pode ser observado na **Tabela 4** a seguir.

1.4 Estudo sobre faixas exclusivas – primeira fase

O IEMA divulgou em 2014 um estudo inicial (aqui denominado primeira fase) sobre a eficiência das faixas exclusivas buscando avaliar os ganhos de velocidade e economia de combustível/redução de emissões na implantação deste tipo de intervenção. Dentre os objetivos específicos

Tabela 4 – Características gerais do sistema de ônibus na cidade de São Paulo. Fonte: elaboração própria com dados da CET e da SPTrans.

	2012	2014
Frota total	15.011 ônibus	14.802 ônibus
Viagens programadas por dia	192 mil	195 mil
Viagens programadas das linhas de estudo por dia	127 mil	125 mil
Viagens estudadas por dia	64 mil	81 mil
Quilometragem programada por dia útil	2,98 milhões de km	2,90 milhões de km
Quilometragem estudada por dia útil	1,19 milhões de km	1,46 milhões de km
Quilometragem programada das linhas de estudo por dia útil	2,24 milhões de km	2,12 milhões de km
Quilometragem estudada das linhas de estudo por dia útil	1,04 milhões de km	1,25 milhões de km
Quilometragem programada em faixa exclusiva por dia útil	488 mil km	457 mil km
Quilometragem estudada em faixa exclusiva por dia útil	150 mil km	212 mil km

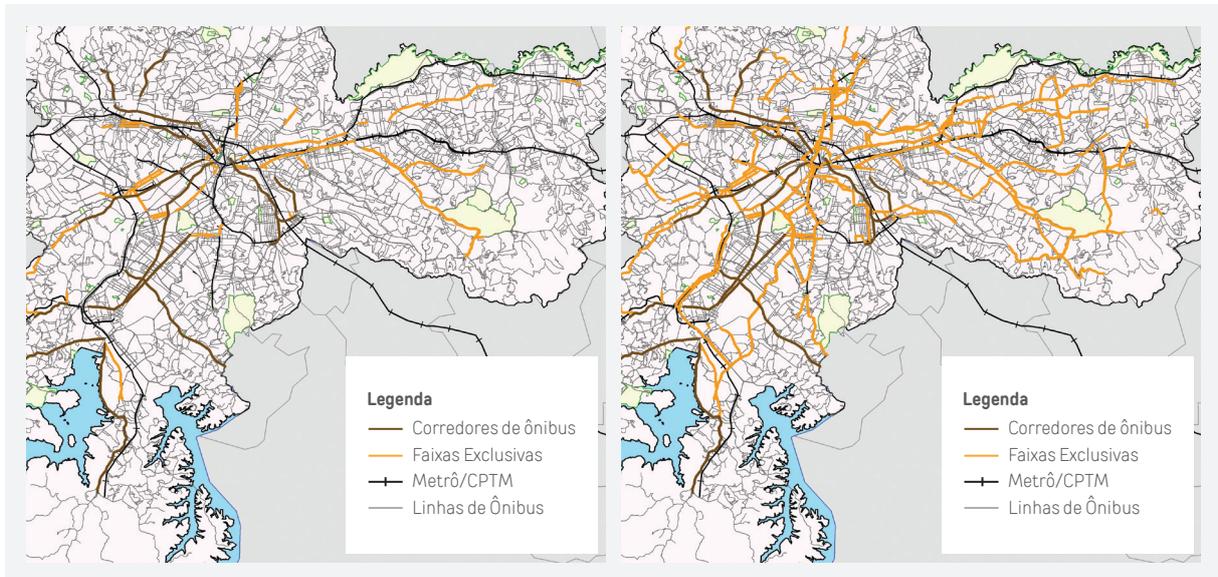


Figura 6 - Estrutura física do transporte público de São Paulo em 2012 e 2013 respectivamente.
Fonte: elaboração própria com dados da CET e da SPTrans.

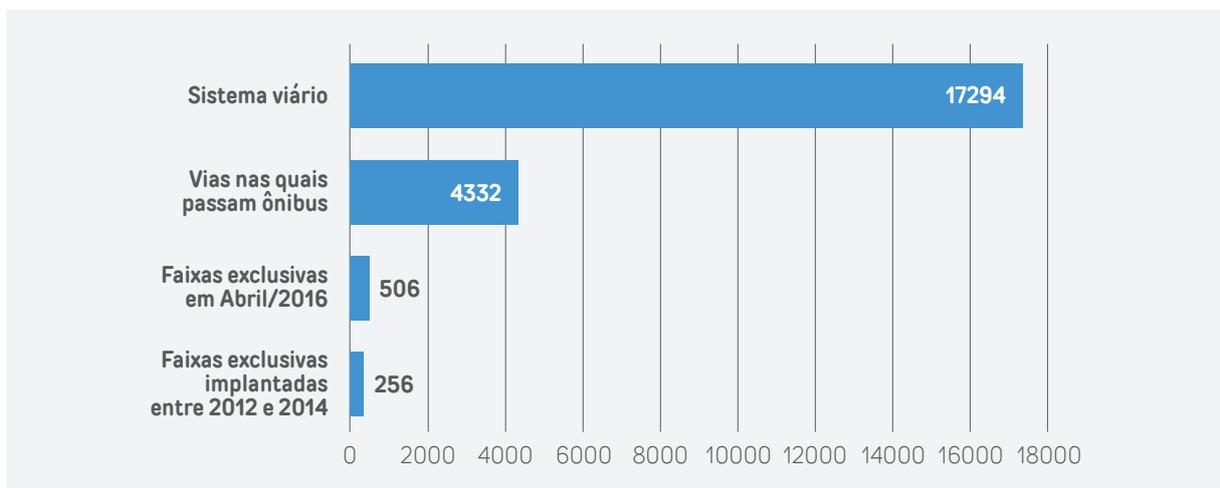


Figura 7 - Sistema viário, vias para ônibus e faixas exclusivas (em quilômetros). Fonte: elaboração própria com dados da CET e da SPTrans.

da primeira fase destacam-se:

- Estimativa das velocidades de operação das linhas de ônibus nos trechos selecionados, comparando com os valores observados antes da implantação;
- Estimativa do consumo de combustível de linhas de ônibus nos trechos em estudo e comparação com o consumo antes da implantação das faixas;
- Estimativa das emissões de NO_x e MP_{10} de veículos nos trechos selecionados e verificação de seu impacto com relação às emissões antes da faixa;
- Estimativa do impacto da implantação das faixas exclusivas selecionadas em termos de emissões de CO_2 .

Naquele momento havia interesse em identi-

ficar potenciais benefícios advindos da implantação dessa medida de priorização e para isso foi necessário desenvolver uma metodologia específica de trabalho. Nesse sentido, optou-se por trabalhar apenas com três grupos de faixas exclusivas localizadas em famosos corredores de ônibus da cidade, que vinham sendo alvo de críticas pela opinião pública em razão da criação de uma faixa destinada apenas à circulação de ônibus.

As vias selecionadas foram:

- **Corredor Norte-Sul (no documento chamado de 23 de Maio):** abrange o conjunto de avenidas que cortam a cidade de São Paulo desde a Av. Santos Dumont a partir da interseção entre a Ponte das Bandeiras e a Marginal Tietê até a Av. Interlagos na altura do autódromo de mesmo nome. Ela

corresponde a uma via emblemática para a cidade, com um intenso volume de tráfego e pontos de congestionamento especialmente em horários de pico; possui trechos expressos e outros com muitos cruzamentos e interseções semafóricas;

- **Radial Leste:** é outra via de grande importância para a cidade de São Paulo, sendo a principal ligação viária entre a Região Leste e o Centro. Possui altíssimo volume de tráfego ao longo de todo o dia, sendo que nas horas pico duas faixas de rolamento no contra-fluxo são destinadas à operação em reversão;
- **Av. Brigadeiro Luís Antônio:** é uma importante conexão viária entre os pólos econômicos da cidade, ligando o Centro à Av. Paulista e ao Itaim-Bibi. Essa via já era conhecida por seu corredor de ônibus operando no contra fluxo a várias décadas, a novidade foi a implantação da faixa exclusiva no sentido Bairro-Centro.

Ao longo do estudo a Av. Radial Leste apresentou problemas de resposta ao método de trabalho aplicado, uma vez que a faixa exclusiva nela implantada apresentava extensão demasiado reduzida inviabilizando a aplicação do método desenvolvido (que será posteriormente detalhado). Como os resultados extraídos não seriam representativos, optou-se por não realizar análises detalhadas das linhas que por ela transitavam. Naquele momento procurou-se analisar variáveis de velocidade, consumo de combustíveis e emissão

de poluentes para todas as linhas de ônibus que percorriam os trechos de faixas exclusivas selecionadas. Os resultados obtidos indicaram que a maioria das faixas apresentou melhoria nas velocidades médias, tanto no pico da manhã quanto no pico da tarde. Os ganhos mais expressivos foram observados na Avenida 23 de Maio, que demonstrou aumento da velocidade média superior a 20% tanto no pico manhã quanto no pico tarde. Já a Avenida Brigadeiro Luís Antônio registrou queda na velocidade média durante o pico manhã (pouco mais de 3%) e ganho de mais de 20% na velocidade média observada no pico tarde. A **Figura 8** e a **Figura 9** sintetizam os principais resultados de ganho de velocidade observados no estudo. A análise aprofundada dos resultados permitiu compreender que condicionantes físicos da via produziam efeitos de maior ou menor grau sobre as faixas implantadas. Trechos de via expressa do Corredor Norte-Sul ampliaram os ganhos proporcionados pela priorização dos ônibus, no entanto a reduzida capacidade da via e o intenso tráfego de veículos praticamente encapsularam os ônibus em pontos de gargalos que promoveram atrasos em sua circulação. Pode-se afirmar que tais resultados foram bastante motivadores para a equipe do IEMA dar continuidade ao estudo.

Além dos ganhos de velocidade verificados, o estudo também foi capaz de mensurar a redução do consumo de combustíveis e de emissão de poluentes. A **Figura 10** ilustra os resultados obtidos para as linhas avaliadas que operam nos corredores estudados.

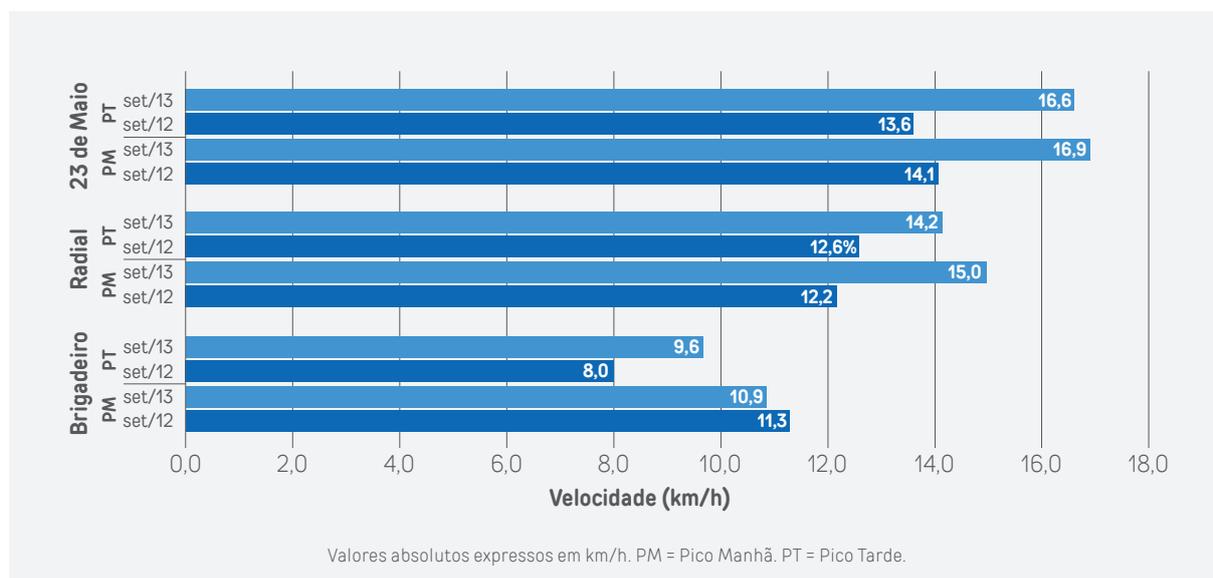


Figura 8 - Velocidade média nas Faixas exclusivas. Fonte: IEMA, 2014.

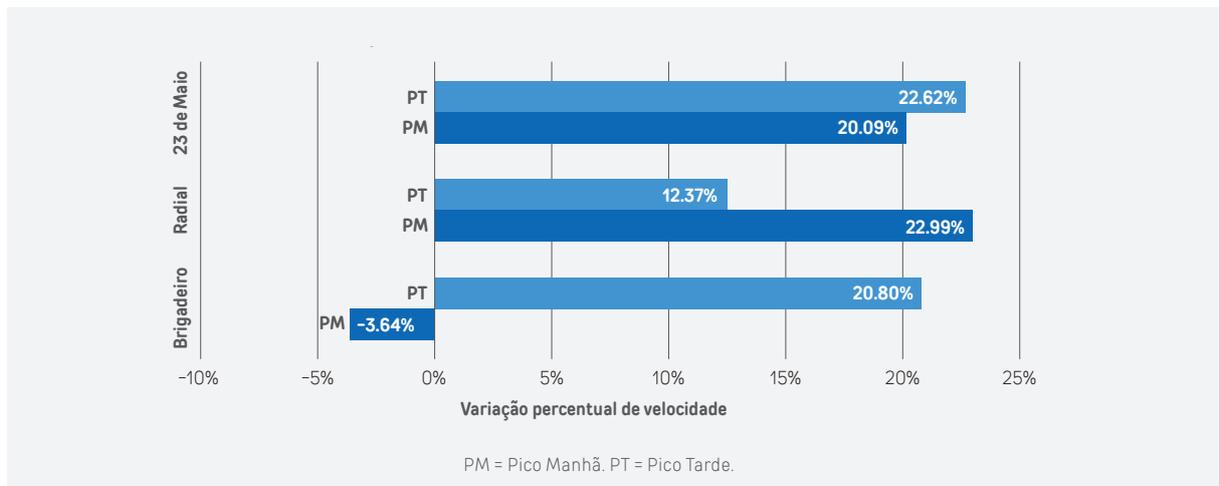


Figura 9 - Variação média da velocidade verificada nas faixas exclusivas. Fonte: IEMA, 2014.

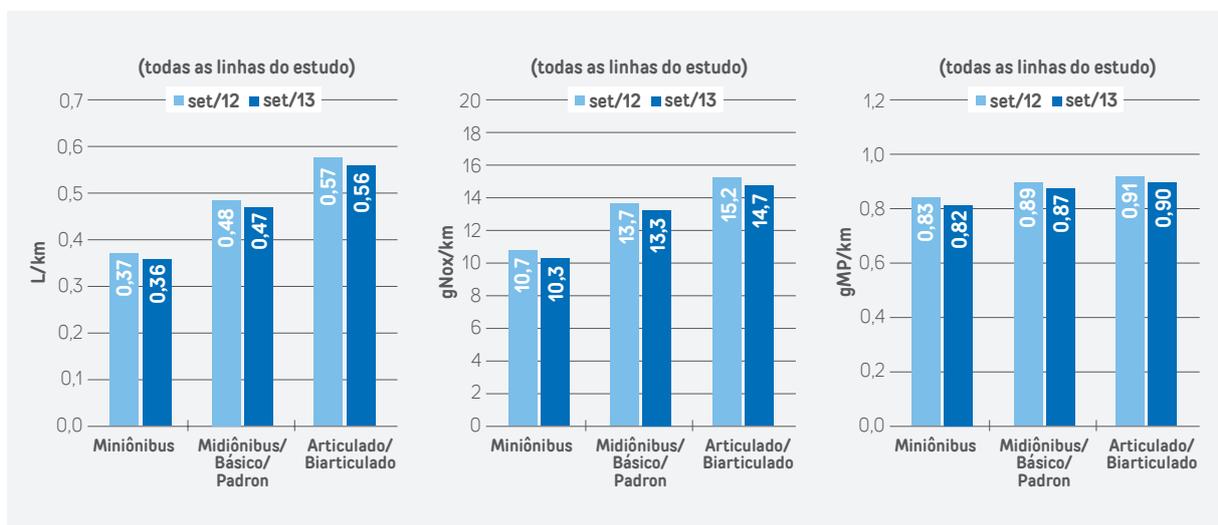


Figura 10 - Redução de consumo de combustível e emissão de poluentes. Fonte: IEMA, 2014.

Os resultados demonstraram que a redução de consumo de combustíveis e de emissão de poluentes não se deu de maneira uniforme em todas as linhas, inclusive entre as que operavam na mesma faixa exclusiva. Possivelmente condicionantes como a variação da demanda de passageiros, que interfere no tempo de embarque/desembarque, bem como as características dos veículos que operam em cada linha influenciam diretamente sobre tais resultados. Os resultados obtidos na primeira fase do estudo foram

positivos quanto à implantação de faixas exclusivas, resultando em melhoria da velocidade operacional das linhas e redução do consumo de combustível e emissões. Esses fatores somados às variações de desempenho em função das características viárias foram motivadores para a realização da segunda fase apresentada nesse documento. Informações detalhadas sobre a metodologia adotada e todos os resultados obtidos nesta primeira fase do estudo podem ser consultadas no site do IEMA.

2. Metodologia

Este estudo tem como principal objetivo avaliar o desempenho das faixas exclusivas na cidade de São Paulo a fim de identificar possíveis ganhos de velocidade média e redução de consumo de combustíveis e emissão de poluentes em função destas intervenções.

Para tanto, ele foi estruturado de forma a permitir a comparação de dados de viagens de ônibus urbanos realizadas em períodos temporais distintos, sendo o primeiro o momento em que o sistema de transporte coletivo operava sem o benefício da priorização na via e o último o momento em que as faixas exclusivas já estavam implantadas nas áreas analisadas.

A fim de delimitar a amplitude do estudo foi definido um período de um mês para a análise do comportamento de linhas que tivessem trechos do seu percurso operando em faixa exclusiva. De forma a manter a isonomia da comparação foi adotado o mesmo mês, setembro, para os três anos selecionados para o estudo: 2012, 2013 e 2014.

Foram excluídos todos os fins de semana, feriados e emendas, desta maneira os dados avaliados referem-se aos seguintes períodos:

2012: de 10 a 14 e de 17 a 21 de setembro;

2013: de 09 a 13 e de 16 a 20 de setembro;

2014: de 08 a 12 e de 15 a 19 de setembro;

A comparação de desempenho do sistema

de transporte coletivo em diferentes momentos permitiu verificar a variação de tempos de viagem, obtendo-se a partir desta, outras informações importantes como, por exemplo, velocidade média de viagem e consumo de combustível. A identificação da velocidade desempenhada pelo sistema de ônibus nos três anos de estudo foi viabilizada pelo uso da base de dados proveniente dos sinais de GPS emitidos pelos veículos que constituem a frota municipal de transporte coletivo. Cada veículo emite um sinal em intervalos aproximados de 85 segundos⁵, indicando a hora e sua posição. Esta informação foi essencial para a construção da análise proposta. A base de dados utilizada nesta etapa do estudo foi a mesma considerada na primeira fase, porém com a adição de dados referentes ao período de 2014, o que permitiu a expansão da análise para todas as faixas exclusivas implantadas na capital no período de setembro de 2012 a setembro de 2014.

De forma análoga ao desenvolvido na primeira etapa do trabalho para esta fase do estudo foram:

- Consideradas todas as linhas que operaram entre setembro de 2012 e setembro de 2014, sem sofrer alteração no trecho de operação em faixas exclusivas neste período, e que tinham em seu percurso pelo menos 500 metros⁶ operando em faixas exclusivas; e
- Desconsideradas linhas especiais como linhas circulares, linhas noturnas, linhas com menos de 10 partidas/dia, e atendimentos.

⁵ Este é um valor estimado de maneira conservadora com base nas informações coletadas. De acordo com informações apresentadas pela prefeitura, atualmente já é possível obter sinal com intervalos aproximados de 60 segundos e estão sendo feitos esforços para que este valor chegue a 40 segundos.

⁶ O valor de 500 metros foi definido em função das velocidades médias dos ônibus observadas antes da implantação da faixa e do tempo de emissão dos sinais de GPS. O valor foi definido visando otimizar a utilização dos dados de GPS apresentados pela SPTrans.

2.1 Bases de dados

Da mesma forma como para a primeira fase do trabalho, para a elaboração das análises desta etapa foram utilizadas diferentes bases de informação que permitiram a compilação de um extenso banco de dados. A partir deste banco foi possível desenvolver uma análise do comportamento das linhas de ônibus que operam em faixas exclusivas. Entre as principais informações utilizadas neste estudo destacam-se:

- Registros de sinais de GPS;
- Desenho georreferenciado das vias em estudo;
- Desenho georreferenciado das linhas de ônibus;
- Dados sobre os veículos; e
- Fatores de emissão e consumo de combustíveis.

A seguir serão apresentadas, de forma resumida, as principais fontes de cada uma dessas informações e sua forma de utilização geral no desenvolvimento deste estudo.

2.1.1 Registro de sinais de GPS

Estas informações foram apresentadas pela SPTrans através do Termo de Cooperação Técnica firmado entre o IEMA e a Secretaria Municipal de Transportes – SMT. Foram disponibilizadas planilhas com detalhamento dos sinais emitidos pelos aparelhos AVL (Automatic Vehicle Locator) dos ônibus, que permitiam a identificação da posição dos ônibus (latitude e longitude), horário, número da linha e número do aparelho AVL. Estas informações foram essenciais para identificação do horário de início e término de uma viagem, além de reconhecer quando o ônibus estava trafegando em faixa exclusiva. Esta base de dados também permitiu a identificação das linhas e dos veículos através de códigos específicos que ajudaram na organização da análise. A **Figura 11** esquematiza o processo de tratamento da informação recebida nesta etapa do estudo.

2.1.2 Georreferenciamento do sistema viário e das faixas exclusivas

A base viária georreferenciada com a localização das faixas exclusivas também foi fornecida pela SPTrans. A partir disso foram identificadas as faixas exclusivas implantadas dentro do período de análise e sua extensão, bem como o horário de operação e nível de prioridade (faixa à direita, faixa à esquerda, via exclusiva).

2.1.3 Georreferenciamento das linhas de ônibus

Essencial para a realização das análises, o desenho das linhas de ônibus e seus atributos foram fornecidos pela SPTrans. As informações extraídas desses arquivos consistem em: código e nome das linhas, sentido, tipo (circular, radial, perimetral, noturna, etc.), operadora, consórcio, horário de partida da primeira e da última viagem, total de partidas diárias e extensão total do trajeto. Além disso, a base de linhas trouxe informações sobre os chamados pontos notáveis para o sistema de ônibus municipal, que nada mais são do que terminais ou cruzamentos de vias importantes e que têm a finalidade de auxiliar na identificação das viagens realizadas pelos veículos em operação.

2.1.4 Dados sobre os veículos

Os fatores de consumo de combustível e emissão de poluentes dos ônibus variam em função de sua categoria e fase tecnológica. Dessa maneira, é preciso obter essas informações associadas aos veículos da frota circulante. A identificação dos veículos está associada ao Automatic Vehicle Locator (AVL), que por sua vez está vinculada aos registros de sinais de GPS. Dessa forma, associando os registros de sinal de GPS à planilha de descrição dos veículos fornecida pela SPTrans, foi possível identificar o porte e a fase tecnológica dos ônibus utilizados em cada viagem.

2.1.5 Fatores de emissão e consumo de combustíveis

De forma análoga à primeira fase deste estudo, para estimar as taxas de consumo específico de combustível (l/km) e os fatores de emissão de material particulado por combustão (MP_{comb}) e de óxidos de nitrogênio (NO_x) (g/km) dos veículos que compõem a frota gerenciada pela SPTrans em função da velocidade, foram utilizadas as equações do COPERT (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport), que estão publicadas no “Emission Inventory Guidebook 2009” publicado pela European Environment Agency como parte do European Monitoring and Evaluation Programme. Os fatores de emissão de gases de efeito estufa (CO_2eq) empregados são os mesmos do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA, 2014).

2.2 Processamento dos dados

A partir das motivações promovidas pela

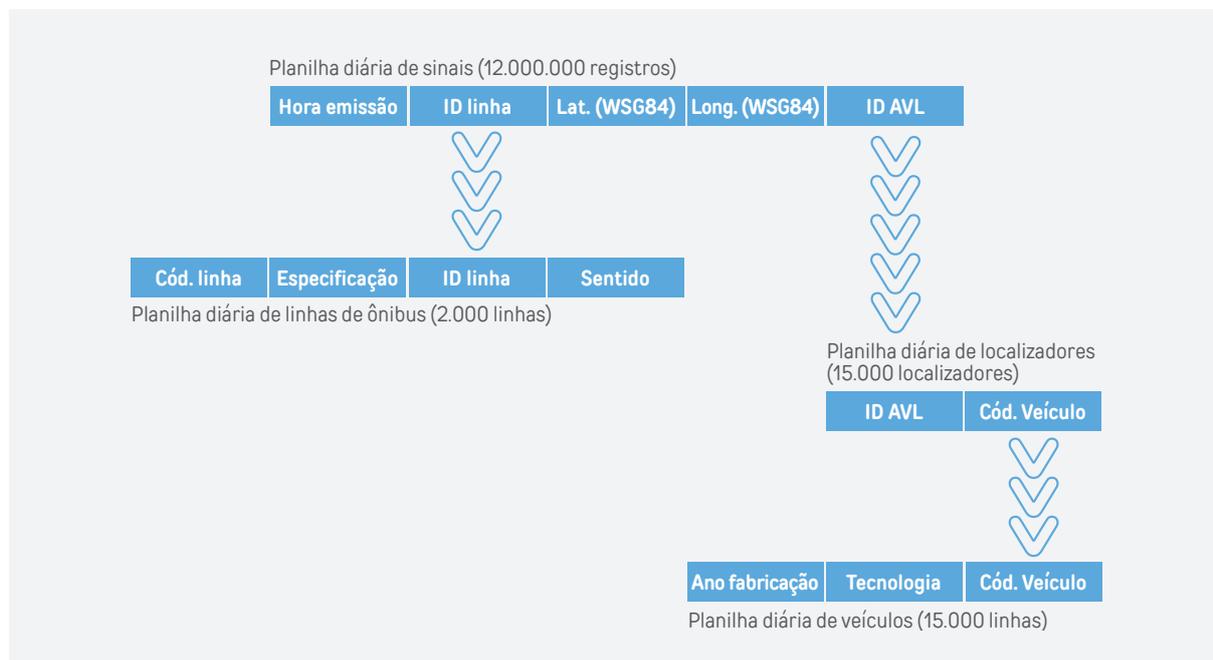


Figura 11 – Fluxo de processamento da base de sinais de GPS. Elaboração: IEMA, 2016.

primeira fase do estudo, as faixas exclusivas implantadas em São Paulo no período de análise foram classificadas em tramos homogêneos, ou seja, segmentos viários que apresentam características físicas similares. Os atributos considerados nesse processo foram: número de semáforos por quilômetro, número de pontos de ônibus por quilômetro e número de faixas de rolamento por sentido. Além disso todas as análises procuraram respeitar o horário de operação das faixas. Tal separação procurou criar um universo comum para comparação de resultados. Inicialmente as faixas foram divididas em 104 tramos homogêneos, conforme detalhado no **Anexo 1**. Posteriormente esse número foi reduzido devido a verificações do tamanho de amostra, como será apresentado no decorrer deste documento. A **Figura 12** indica a localização das faixas exclusivas contempladas no estudo e exemplifica os tramos homogêneos.

A compreensão deste conceito é muito importante pois vai garantir que os dados sejam comparados e analisados de forma coerente. No capítulo **Resultados Obtidos** os resultados serão sempre expressos em função de tramos homogêneos e não em função de faixa exclusiva ou linha de ônibus. O imenso volume de dados considerados na análise das faixas exclusivas exigiu a otimização dos processos de reconhecimento e validação de viagens. Para tanto foi desenvol-

vido um algoritmo para SQL Server que permitiu a consolidação dos sinais GPS em viagens com velocidades atribuídas a cada tramo, calculadas conforme metodologia exposta a seguir.

Para extrair de forma coerente dentre toda a informação apresentada pela SPTrans os dados que deveriam ser tratados foram estabelecidos alguns parâmetros iniciais de seleção, sendo descartadas viagens que apresentassem:

- Intervalos maiores do que 10 minutos sem emissão de sinal de GPS;
- Menos de 3 sinais de GPS emitidos na faixa exclusiva;
- Ausência de registro de sinal de GPS emitido em pontos intermediários das linhas estrategicamente posicionados para caracterizar a operação dos veículos (pontos notáveis);
- Início e término no mesmo terminal;
- Sinais de GPS emitidos a uma distância superior a 30 metros da faixa exclusiva;
- Horário e sentido nos quais a faixa exclusiva não opera;
- Velocidade média abaixo de 4 km/h ou acima de 60 km/h; e
- Distância percorrida na faixa exclusiva inferior a 500 metros.

Esta primeira análise do banco de dados permitiu a exclusão de situações atípicas ou que não tinham relação direta com a análise do presente

estudo. Como será apresentado adiante, para a análise do cálculo de emissões fez-se uma nova filtragem na amostra, na qual foram consideradas apenas as viagens com menos de 10% de diferença entre a distância aferida pelo GPS e a distância do shapefile que caracterizava o tramo homogêneo.

Esta avaliação detalhada dos dados disponibilizados para a definição da amostra a ser considerada foi muito importante para garantir que as

análises se concentrassem apenas nas informações relevantes para o presente estudo e assim conseguissem apresentar resultados coerentes.

2.3 Metodologia para cálculo das velocidades

As premissas adotadas na primeira fase desse estudo foram, sempre que possível, mantidas em sua continuação, sendo os procedimentos para o cálculo de velocidades médias os seguintes:

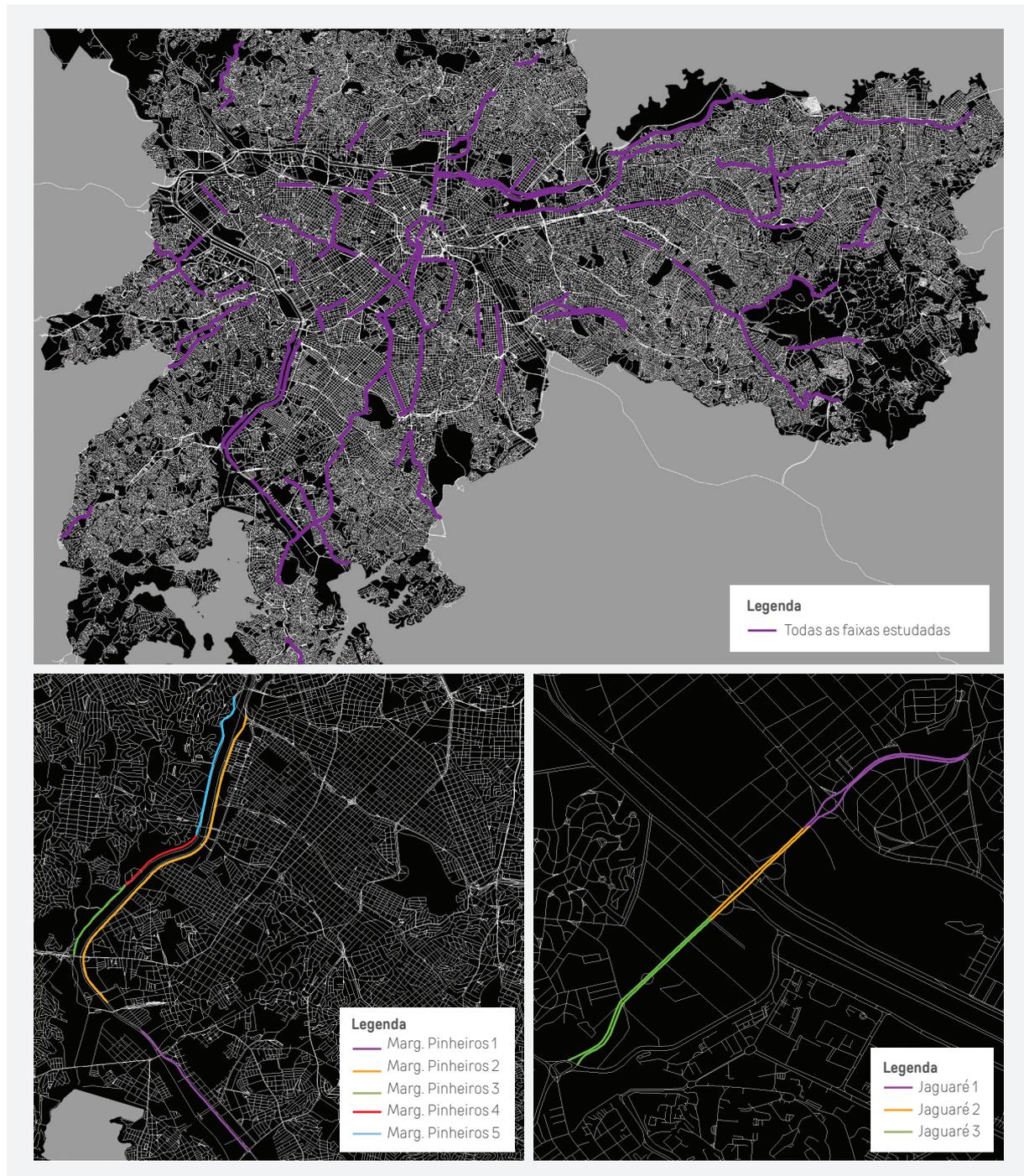


Figura 12 – Tramos homogêneos. Elaboração: IEMA, 2016.

Qualificação estática dos pontos: identificação dos sinais de GPS de todas as faixas exclusivas em estudo, sendo que todos os pontos situados a uma distância de até 30 metros do eixo viário de uma faixa foram considerados pertencentes a ela;

Qualificação dinâmica dos pontos: identificação da hora da emissão do primeiro ponto fora de um terminal, definido como início de uma viagem, e a hora de emissão do primeiro ponto dentro de outro terminal, definido como a hora do fim desta viagem. Neste estudo foi considerado que uma viagem iniciada no terminal principal e finalizada no terminal secundário é uma viagem de ida, e que uma viagem iniciada no terminal secundário e finalizada no terminal principal é uma viagem de volta.

A **Figura 13** ilustra a qualificação estática, pontos azuis-claros que podem ser avaliados de forma independente, e dinâmica dos pontos, pontos azuis-escuros que devem ser avaliados com base no comportamento do ponto estático imediatamente anterior a ele.

Elaboração da tabela de viagens: sistematização dos dados de cada viagem em uma tabela, considerando os parâmetros e filtros já apresentados neste documento. Através dos dados dispo-

níveis foi feito o cálculo da velocidade média das viagens e dos trechos com faixas exclusivas antes e depois de sua implantação;

Agrupamento de viagens e cálculo de velocidades médias diárias: agrupamento das viagens de acordo com o seu horário de partida – Pico Manhã (06h – 10h) e Pico Tarde (16h – 20h) e aplicação de uma fórmula para homogeneizar as velocidades médias observadas ao longo do dia. Neste momento foi ainda aplicada uma fórmula para a obtenção da velocidade média diária das faixas através de uma ponderação da velocidade das linhas que passam na faixa de acordo com o comprimento do trecho do percurso que é realizado nela. Tais médias foram agrupadas segundo os seguintes critérios: ano, sentido (bairro-centro – BC; e centro-bairro – CB) e faixa horária do dia (pico manhã, pico tarde e diária).

2.4 Investigação de tipologia para faixas

Observou-se na primeira fase do estudo que as características físicas das vias onde são implantadas faixas exclusivas poderiam impactar em sua eficiência. Sendo assim os tramos homogêneos foram classificados⁷ de acordo com os elementos considerados no processo de levantamento de dados, responsáveis pela sua caracterização: quan-

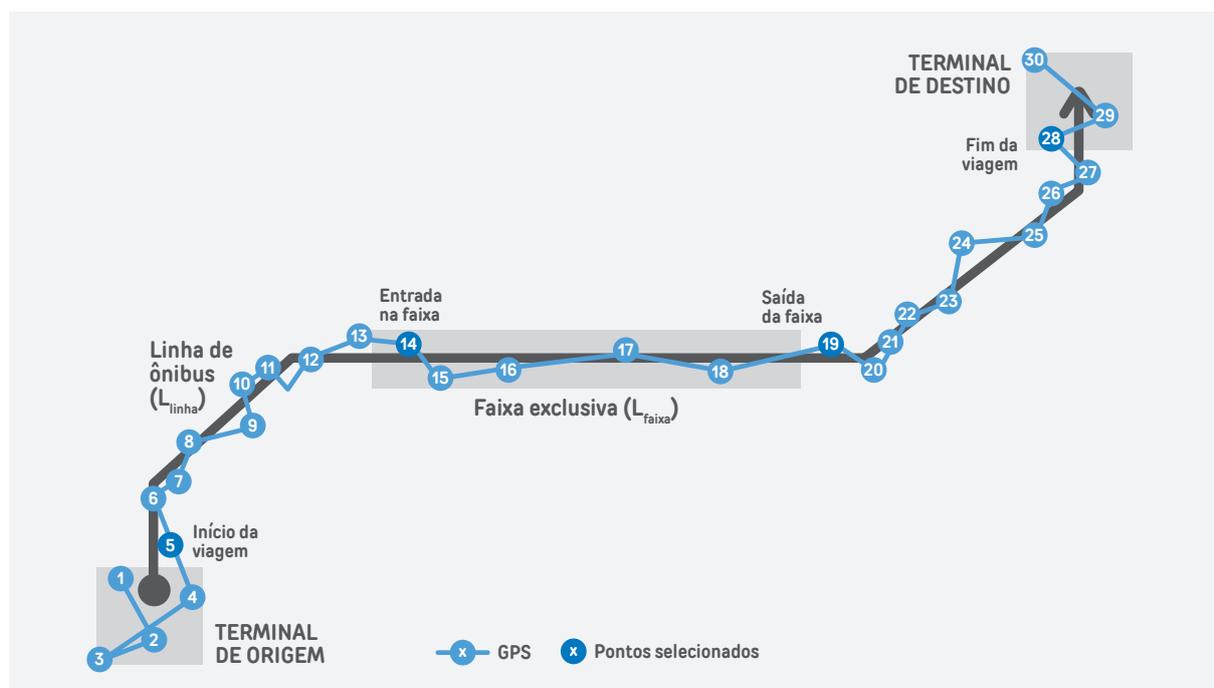


Figura 13 – Modelo esquemático de qualificação estática e dinâmica dos pontos. Elaboração: IEMA, 2016.

⁷ Para esta divisão foi aplicado o método de quebras naturais que considera minimização da soma da variância dentro de cada classe e maximização de variância entre as classes.

tidade de paradas e quantidade de semáforos. O número de faixas de rolamento por sentido mostrou-se ao longo do estudo pouco representativo para as análises desenvolvidas, sendo assim ele foi substituído pela velocidade prévia da via. A divisão entre as respectivas classes considera:

Número de paradas por quilômetro

- 0,00 paradas/km a 1,66 paradas/km
- 1,67 paradas/km a 2,85 paradas /km
- 2,86 paradas/km a 4,67 paradas/km

Número de semáforos por quilômetro

- 0,00 semáforos/km a 2,35 semáforos/km
- 2,36 semáforos/km a 5,00 semáforos/km
- 5,01 semáforos/km a 9,00 semáforos/km

Velocidade prévia –

Antes da implantação da faixa

- 8,06 km/h a 12,14 km/h
- 12,15 km/h a 16,68 km/h
- 16,68 km/h a 24,57 km/h

De acordo com tal classificação, os tramos homogêneos foram distribuídos conforme **Tabela 5**. A partir desta classificação foi possível comparar os resultados de cada categoria e então buscar a correlação entre as características físicas da via e a eficiência das faixas exclusivas.

2.5 Metodologia para estimativa de consumo de combustível e emissões

2.5.1 Consumo de combustível, óxidos de nitrogênio e material particulado por combustão

De acordo com o “1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores

Rodoviários” (MMA, 2011): (...) *inexistem no país, ou não são significativos, estudos que permitam dimensionar os reais impactos, sobre os fatores de emissão, das condições de operação, condução e manutenção da frota. Esses aspectos ganham importância à medida que se propõem inventários de maior resolução espacial e temporal, e que possam ser correlacionados com ações de melhoria da qualidade do ar.* (MMA, 2011; p.70). Em um estudo de consumo de energia e emissões associadas ao transporte rodoviário de passageiros, é importante reconhecer a influência das condições de operação dos veículos. Dada a indisponibilidade de bases de informação ou estudos que forneçam fatores de emissão e parâmetros de consumo de combustível associados às características e condições operacionais (em especial a velocidade de percurso) representativos de veículos brasileiros, recorreu-se para a análise deste estudo a dados disponíveis em literatura, assumindo a semelhança entre ônibus brasileiros e europeus. Desta maneira, para o cálculo de consumo de combustíveis e emissões de poluentes nesse estudo foram adotados os dados gerados no projeto ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems) desenvolvido pelo Instituto de Motores à Combustão Interna e Termodinâmica da Universidade de Tecnologia de Graz, Áustria. Os resultados desse projeto são utilizados como dados-padrão do software COPERT 4, utilizado pela Agência Ambiental Europeia (EEA – European Environment Agency) nas suas estimativas de emissões por transporte rodoviário.

Tabela 5 – Amostra de tramos homogêneos dividido por tipologia da via. Elaboração: IEMA, 2016.

Amostra por categoria		Semáforos por km		
Vel. prévia	Paradas por km	0,00 a 2,35	2,36 a 5,00	5,01 a 9,00
8,06 km/h a 12,14 km/h	00,00 a 1,66	1		
	1,67 a 2,85	3	6	5
	2,86 a 4,67		15	12
12,15 km/h a 16,68 km/h	0,00 a 1,66	2	1	
	1,67 a 2,85	6	13	1
	2,86 a 4,67	2	14	1
16,69 km/h a 24,57 km/h	0,00 a 1,66	9		
	1,67 a 2,85	5	3	
	2,86 a 4,67	1	3	1

Tais dados podem ser encontrados na página web da Agência Ambiental Europeia⁸. Nessa metodologia estão disponíveis fatores de emissão para óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado por combustão (MPcomb), assim como os parâmetros de consumo de óleo diesel para veículos pesados – caminhões e ônibus, expressos em gramas por quilômetro.

Esses fatores e parâmetros são apresentados na forma de funções matemáticas dependentes da velocidade e da categoria do veículo, da fase tecnológica do motor (fases Euro), da carga do veículo (0%, 50% ou 100% carregado) e da declividade da pista (-6%, -4%, -2%, 0%, 2%, 4% ou 6%). Um problema a ser encarado quando da aplicação destas funções é o fato de elas não apresentarem resultados para veículos que operam com velocidade média abaixo de 11 km/h. Por simplificação, nesse estudo assumiu-se que para velocidades inferiores a este limite o fator de emissão é constante e igual àquele calculado para a menor velocidade disponível. Isto pode ser apontado como uma significativa

fonte de imprecisão das estimativas, uma vez que, em especial na realidade do presente estudo, há parte da frota de ônibus que circula com velocidade média inferior a 11 km/h.

Na **Figura 14** são apresentadas as funções de consumo específico de combustível e emissões em função da velocidade para as categorias de ônibus urbanos do COPERT (midi, standard e articulado) e as três fases tecnológicas presentes no sistema de ônibus da SPTrans em 2012 e 2014 (fases P4, P5 e P7 do PROCONVE, correspondentes às fases Euro II, Euro III e Euro V no sistema europeu). Deve-se destacar que, como já foi apresentado, nesta etapa do estudo estão sendo considerados os mesmos parâmetros adotados na primeira fase, ou seja, foram mantidos os padrões de simplificação que consideram declividade 0% e carregamento 50% como uma condição média de operação da frota.

Para transpor os parâmetros apresentados para os padrões nacionais de caracterização de veículos foi utilizada a correlação apresentada na **Tabela 6**. A associação entre os anos de fabri-

Tabela 6 – Correlação adotada entre as categorias de veículos definidas pela SPTrans e as categorias COPERT. Elaboração: IEMA, 2016.

Categorias SPTrans	Capacidade (SPTrans)	Categorias COPERT
Micro-Ônibus	21 passageiros	Ônibus midi (<15t)
Miniônibus	40 passageiros	
Midiônibus	60 passageiros	
Básico	68 passageiros	Ônibus standard (15-18t)
Padron	88 passageiros	
Articulado	112 passageiros	Ônibus articulado (>18t)
Biarticulado	170 passageiros	

Tabela 7 – Fases PROCONVE e Euro, segundo o ano de fabricação do ônibus. Fonte: IEMA, 2014.

Ano de fabricação do veículo	Fase PROCONVE	Fase EURO
2002-2003	P4	Euro II
2004-2011	P5	Euro III
2012	P7	Euro V

⁸ <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-annex-hdv-files.zip/view>

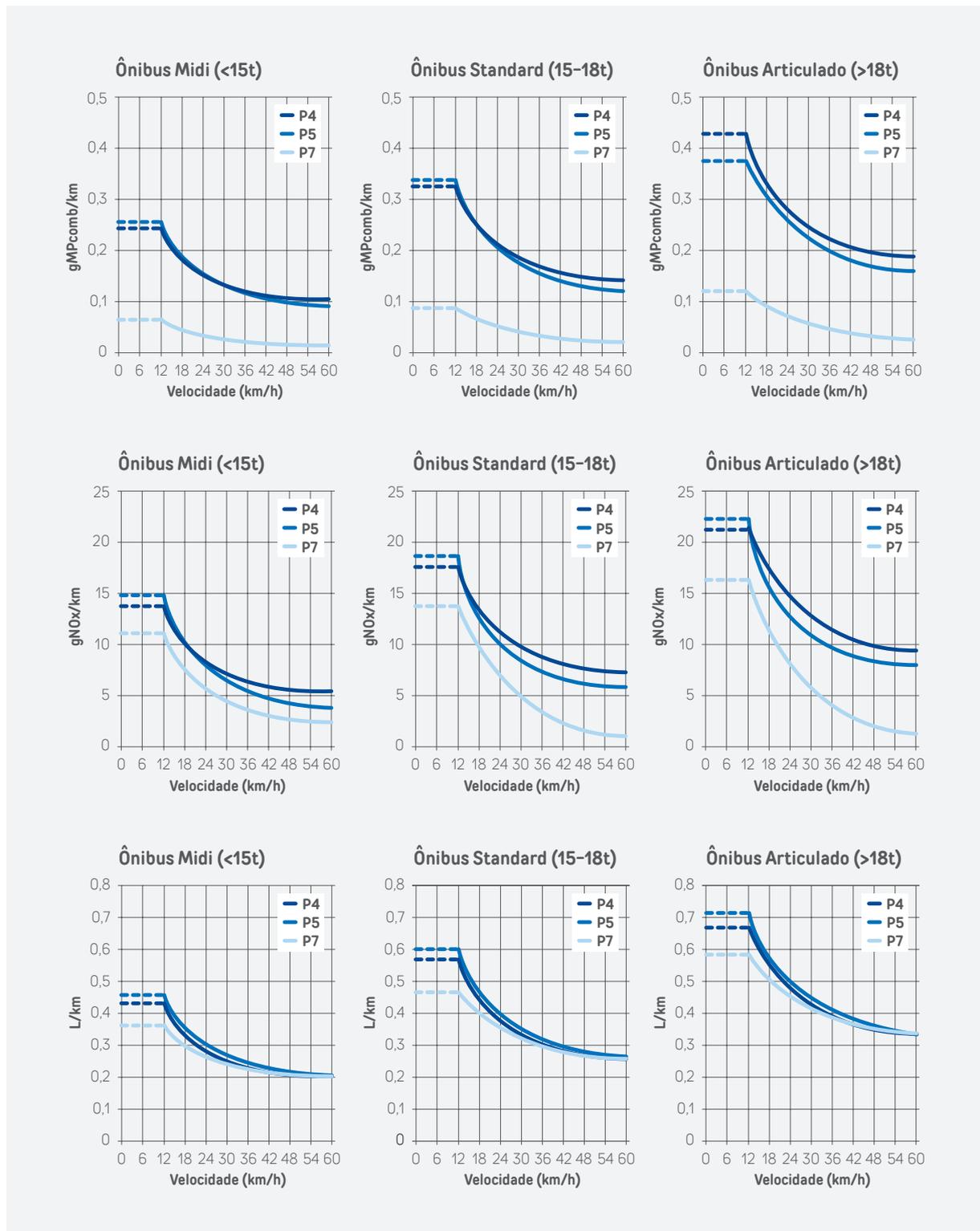


Figura 14 – Fatores de consumo de combustível e emissão de poluentes em função da velocidade utilizados. Fonte: "Emission Inventory Guidebook 2009" – EMEP/EEA, European Monitoring and Evaluation Programme / European Environment Agency, 2009.

cação dos veículos, as fases do PROCONVE, e as fases EURO é apresentada na **Tabela 7**. Observa-se que a relação entre a Fase Euro e a Fase PROCONVE se dá de maneira bastante adequa-

da, isso porque os limites de emissão para motores estabelecidos pelo PROCONVE têm, historicamente, tomado como base as regulações europeias comumente referenciadas como Euro.

2.5.2 Gases de efeito estufa (GEE)

Neste estudo, foram estimadas as emissões dos gases de efeito estufa direto associados ao consumo de óleo diesel nos ônibus: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). As estimativas de emissões de CO₂ consideraram que, atualmente, o biodiesel é uma parcela obrigatória do óleo diesel de uso rodoviário. Neste estudo considerou-se que o óleo diesel é uma mistura contendo 5% de biodiesel (combustível renovável produzido a partir de biomassa animal ou vegetal e etanol ou metanol) e 95% de diesel mineral (combustível fóssil derivado do petróleo), em volume, conforme especificação vigente da Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP) entre 2012 e 2014.

Conforme as diretrizes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), e como seguido pelas estimativas nacionais de emissões de gases de efeito estufa (MMA, 2014; MCTI, 2016) as emissões de CO₂ associadas a combustíveis renováveis não são consideradas no cálculo de emissões do transporte. Dessa forma, apenas 95%

do combustível consumido gera emissões de dióxido de carbono (CO₂). O fator de emissão de dióxido de carbono utilizado é o mesmo apresentado no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012 (MMA, 2014), para o óleo diesel mineral que é 2,603 kg de CO₂ por litro de óleo diesel mineral (kgCO₂/l). Os fatores de emissão de metano e óxido nitroso também são os mesmos empregados pelo Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012 (MMA, 2014) para ônibus urbanos: 0,06 gCH₄/km e 0,03 gN₂O/km. As emissões desses três gases foram convertidas para uma mesma unidade denominada gás carbônico equivalente (CO₂e). As emissões de CH₄ e N₂O foram convertidas usando-se a métrica GWP (Global Warming Potential) em um prazo de 100 anos. Os fatores GWP utilizados são os mesmos apresentados na “Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (MCTI, 2016), sendo 21 para o CH₄ e 310 para o N₂O. O fator de conversão para o CO₂ é 1.

Tabela 8 – Padrões nacionais de emissões de poluentes. Fonte: IEMA, 2015 – Análise Preliminar sobre a Implantação do Padrão Euro VI no Brasil

Em 6 de maio de 1986, a Resolução nº 18 do CONAMA criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PRO-CONVE), coordenado pelo IBAMA, o qual veio a definir os primeiros limites de emissão para os veículos automotores dos ciclos Otto e Diesel e contribuir para o atendimento aos padrões de qualidade do ar instituídos pelo Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR). Em 28 de outubro de 1993, a lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, contribuindo para induzir o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados passassem a atender aos limites estabelecidos. (MMA, 2014). A tabela a seguir ilustra os padrões de emissões exigidos para cada veículo de acordo com seu ano de fabricação e apresenta a correlação entre os padrões europeus e nacionais.

UE ⁽¹⁾		Brasil			Procedim. de ensaio	HO	HC	NMHC ⁽²⁾	CH ₄ ⁽²⁾	NOx	MP	NH ₃	NP
Fase	Ano	Fase	Ano			g/kWh							
			Ônibus	Caminhão		ppm n°/kWh							
-	-	P-1	1987	1989	NBR 7026/7027	Somente índice de fumaça (teor de fuligem)							
Euro 0	1988	P-2	-	1994/1996	ECE R49	11,2	2,4	-	-	14,4	-	-	-
Euro I	1991	P-3	1994	1996/2000	ECE R50	4,5	1,1	-	-	8,0	0,36	-	-
Euro II	1996	P-4	1998	2000/2002	ECE R51	4,0	1,1	-	-	7,0	0,15	-	-
Euro III	2000	P-5	2004/2005	2005/2006	ESC ⁽³⁾	2,1	0,66	-	-	5,0	0,10	-	-
					ETC ⁽⁴⁾	5,45	-	0,78	1,6	5,0	0,16	-	-
Euro IV	2005	P-6	2009	2009	ESC	1,5	0,46	-	-	3,5	0,02	25	-
					ETC	4,0	-	0,55	1,1	3,5	0,03	-	-
Euro V	2008	P-7	2012	2012	ESC	1,5	0,46	-	-	2,0	0,02	25	-
					ETC	4,0	-	0,55	1,1	2,0	0,03	-	-
Euro VI	2014	P-8?	?	?	WHSC ⁽⁵⁾	1,5	0,13	-	-	0,40	0,01	10	8,0x10 ¹¹
					WHTC ⁽⁶⁾	4,0	-	0,16	0,5	0,46	0,01	-	6,0x10 ¹¹

(1) União Europeia. (2) Aplicável a motores ciclo Otto. (3) Sigla em inglês de Ciclo Estacionário Europeu. (4) Sigla em inglês de Ciclo Transiente Europeu. (5) Sigla em inglês de Ciclo Estacionário Harmonizado Mundial. (6) Sigla em inglês de Ciclo Transiente Harmonizado Mundial

2.6 Construção de cenários para estimar as parcelas de Contribuição (mudança de frota e faixas exclusivas)

Nas faixas exclusivas com amostras representativas nos dois anos extremos da análise, foi realizado durante o período do estudo uma análise mais detalhada a fim de definir a contribuição específica desse tipo de intervenção no consumo de combustível e emissão de poluentes. Para tanto, deseja-se olhar para as causas das variações nesses itens separadamente. É possível assumir que foram dois os principais fatores a influenciar os ônibus municipais quanto ao consumo de combustível e emissão de poluentes por quilômetro:

- O primeiro, objeto principal desse estudo, é a implantação de faixas exclusivas de ônibus na cidade, que alterou as condições de infraestrutura e permitiu aos ônibus desenvolver maior velocidade;
- O segundo é a mudança tecnológica da frota, que pode ocorrer de duas formas: gradualmente, pela substituição de parcela da frota que ultrapassa a idade máxima permitida, ou por questões contratuais (entrada de novos atores/empresas).

Adotou-se como premissa nessa etapa que a influência da alteração da composição da frota na velocidade média dos tramos é desprezível, uma vez que não há razão para acreditar que ônibus mais novos, ou com tecnologia veicular distinta, submetidos às mesmas condições de tráfego (ou seja, sem segregação de tráfego, seja ela via fai-

xas exclusivas ou qualquer outra forma) desenvolveriam uma velocidade diferente. O modo encontrado para avaliar separadamente as parcelas da variação ocasionadas pela mudança de frota e pela alteração de velocidade média foi considerar, além da velocidade média em cada ano para cada faixa, a composição da frota que percorreu a quilometragem total detectada em cada tramo homogêneo em cada amostra (2012 e 2014). Utilizando-se dessa composição da frota, foi possível calcular o consumo médio (em l/km) e emissão de poluentes média (em g/km) em cada faixa. A partir desse processo, foram obtidos quatro cenários possíveis, exemplificados na **Figura 15**.

- No ponto azul, foi considerado o consumo de combustível com a composição de frota de 2012 na velocidade de 2012 (cenário real);
- No ponto verde, a mesma variável foi considerada com a composição de frota de 2014 na velocidade de 2012 (cenário hipotético);
- No ponto laranja, com a composição de frota de 2012 e a velocidade de 2014 (cenário hipotético); e
- No ponto amarelo, composição de frota e velocidade de 2014 (cenário real).

Desta maneira, esses pontos permitem estimar o ganho no consumo de combustível que pode ser atribuído a alteração de frota no período (os pares de pontos azul/verde e laranja/amarelo) e o que pode ser atribuído a faixas (pares azul/laranja e verde/amarelo).

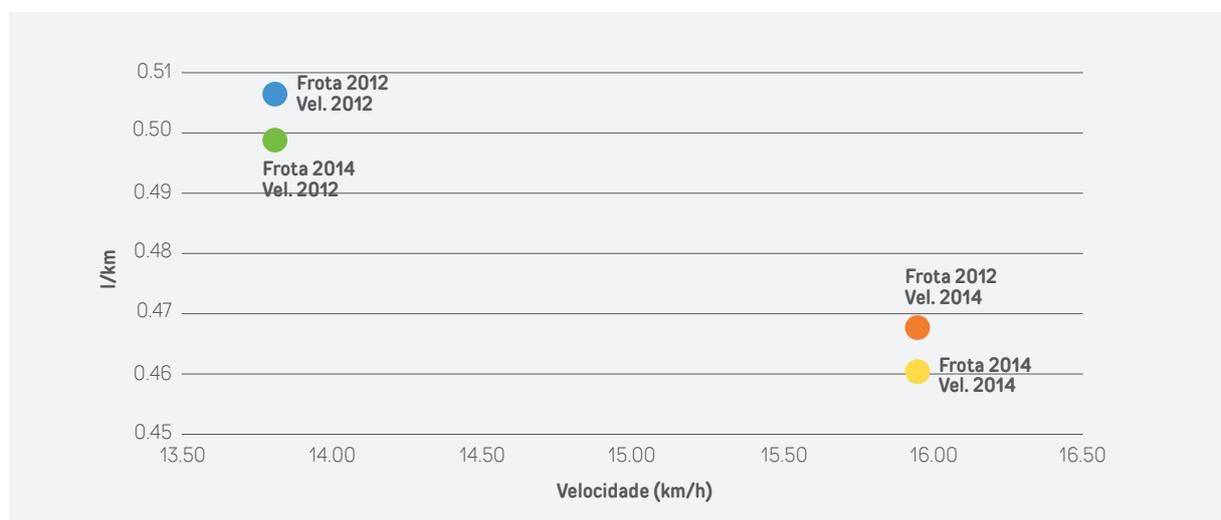


Figura 15 – Exemplo dos cenários considerados para avaliação de redução de emissões. Fonte: IEMA, 2016.

3. Resultados Obtidos

A partir das análises realizadas nos tramos homogêneos, cujas metodologias foram descritas anteriormente, e focando num recorte temporal de setembro de 2012 a setembro de 2014, os resultados apresentados a seguir, apesar de não esgotarem o tema, oferecem algumas possíveis conclusões sobre o processo de implantação de faixas exclusivas na cidade de São Paulo – que à época ainda ocorria.

3.1 Velocidades e tempo nos trechos de faixa

A consolidação dos dados mostrou que durante o período em estudo a velocidade média dos ônibus, considerando a operação em todas as vias da cidade, manteve-se praticamente estável. A velocidade média operacional dos ônibus verificada fora das faixas exclusivas manteve também certa estabilidade, embora tenha apresentado pequena variação negativa. A **Figura 16** ilustra os resultados obtidos.

O levantamento das velocidades médias no Viário Principal realizado pela CET, com um método de veículo-teste e cronômetro em vias selecionadas, aponta que no período de 2012 a 2014, as velocidades nas horas pico – mais especificamente BC-Manhã e CB-Tarde – está próxima das velocidades fora da faixa da **Figura 16**.

A análise da variação de velocidade média considerando somente os trechos com faixas exclusivas mostrou que no pico manhã houve um ganho de 13,8%, enquanto no pico da tarde a melhora foi de 10,1%. Na média diária a velocidade aumentou 11,7% de 2012 para 2014. A **Figura 18** apresenta uma estimativa dos ganhos obtidos pela implantação de faixas exclusivas, comparando também a velocidade tendencial⁹

(em um cenário sem a implantação de qualquer infraestrutura de priorização) com a velocidade média real observada.

Dos tramos homogêneos analisados, foi possível perceber que grande parte deles obteve ganhos de velocidade, que chegaram até 70% em um caso específico, tendo ficado com ganho médio de 17,4%. Treze dos tramos analisados apresentaram perdas de velocidade, cuja média nesses casos específicos ficou em 3,8%, e teve, no pior caso, 12% de redução. Na **Figura 19** é possível verificar a variação de velocidade relativa em cada tramo homogêneo. Com os ganhos apresentados de forma espacializada, na **Figura 21**, é possível perceber que há uma boa distribuição da melhoria de velocidade pelas ações realizadas.

Quanto ao tempo de percurso em cada faixa, dado obtido na qualificação dinâmica dos pontos GPS para o cálculo de velocidade média, é possível verificar uma redução em 86 dos 91 tramos homogêneos, acumulando uma redução média (ponderada pelo número de viagens) de 18,2%.

Dentro de um dos objetivos do trabalho, na tentativa de identificar tipologias físicas que pudessem influenciar o desempenho operacional dos ônibus que circulam por faixas exclusivas,

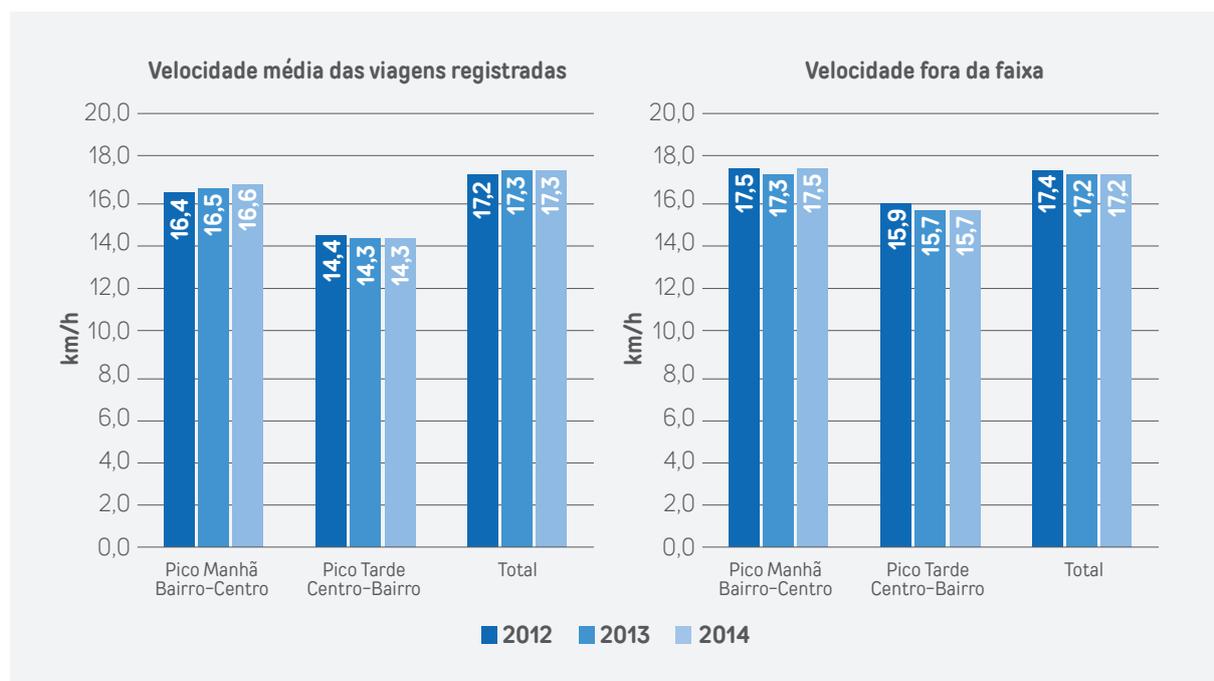


Figura 16 - Velocidades médias registradas no período – Todas as viagens e viagens fora da faixa. Elaboração: IEMA, 2014.

⁹ Para o cálculo da velocidade tendencial foi considerado um cenário hipotético de não implantação de nenhuma faixa exclusiva durante o período em estudo. Para estimar a velocidade média neste caso foi adotada como base a velocidade média observada nos ônibus que operavam fora das faixas exclusivas.

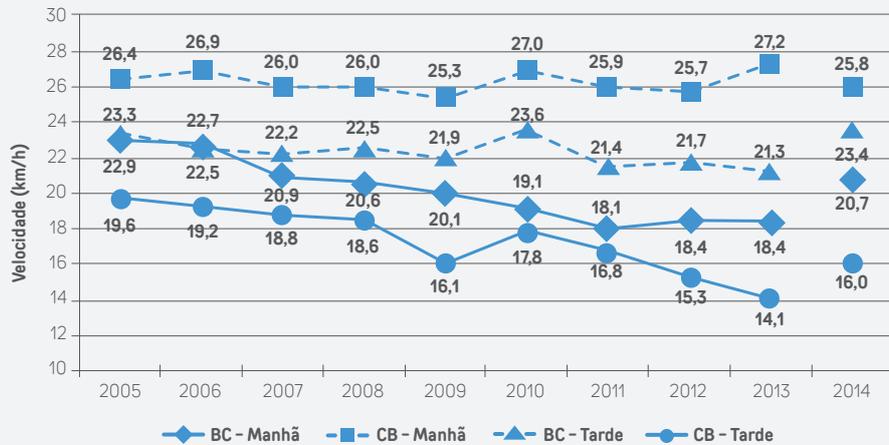


Figura 17 – Evolução das velocidades médias – 2005 a 2014. Fonte: Pesquisa de monitoração – Mobilidade no sistema viário principal: Volume e Velocidade 2014 (pág 79) www.cetsp.com.br/media/409155/msvp-2014-volume-e-velocidade.pdf

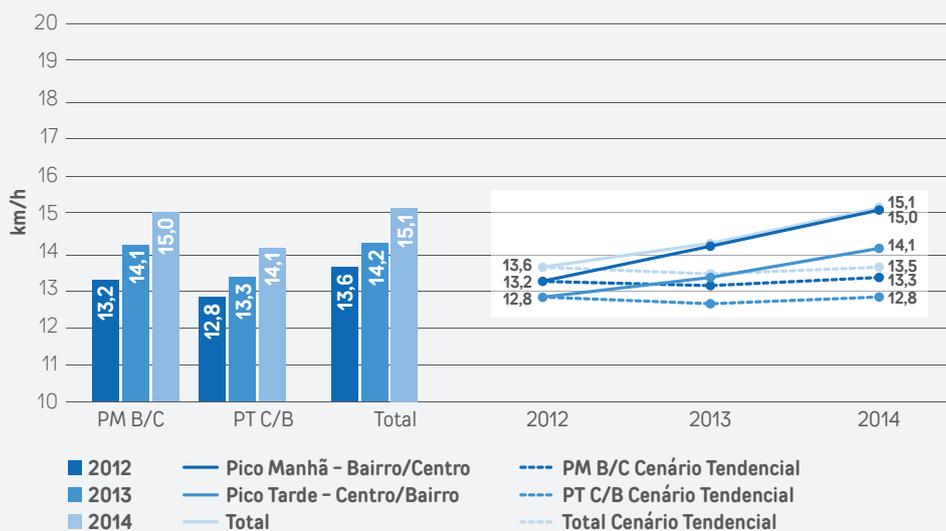


Figura 18 – Velocidade média nas faixas exclusivas. Elaboração: IEMA, 2014.

foram comparadas velocidades médias iniciais, finais e suas variações para cada um dos elementos físicos antes definidos. A expectativa inicial com esse tipo de comparação era a de identificar se algum tipo de via que recebeu intervenções de priorização do transporte coletivo era “melhor” do que os outros, isto é, se vias com uma característica (ou combinação de características) apresentariam maiores ganhos em relação a outras.

O resultado da correlação entre número de faixas e ganho de velocidade mostrou que houve pouca diferença entre as variações de velocidade, sendo que a análise dos resultados globais mostra valores muito semelhantes para todas as catego-

rias. Na análise de ganho de velocidade média em relação a quantidade de paradas por quilômetro é possível notar também que não há um padrão de relação claro e direto entre estas variáveis; como não foi possível estimar confiavelmente o tempo de parada dos ônibus em cada ponto através dos sinais GPS, essa característica, potencialmente importante, não foi considerada no estudo.

Por fim, a análise da variação da velocidade com relação a quantidade de semáforos por quilômetro também não mostrou um padrão de correlação muito bem definido. A **Figura 23**, **Figura 24** e **Figura 25** ilustram o trabalho desenvolvido e a falta de relação direta entre o efeito e as causas

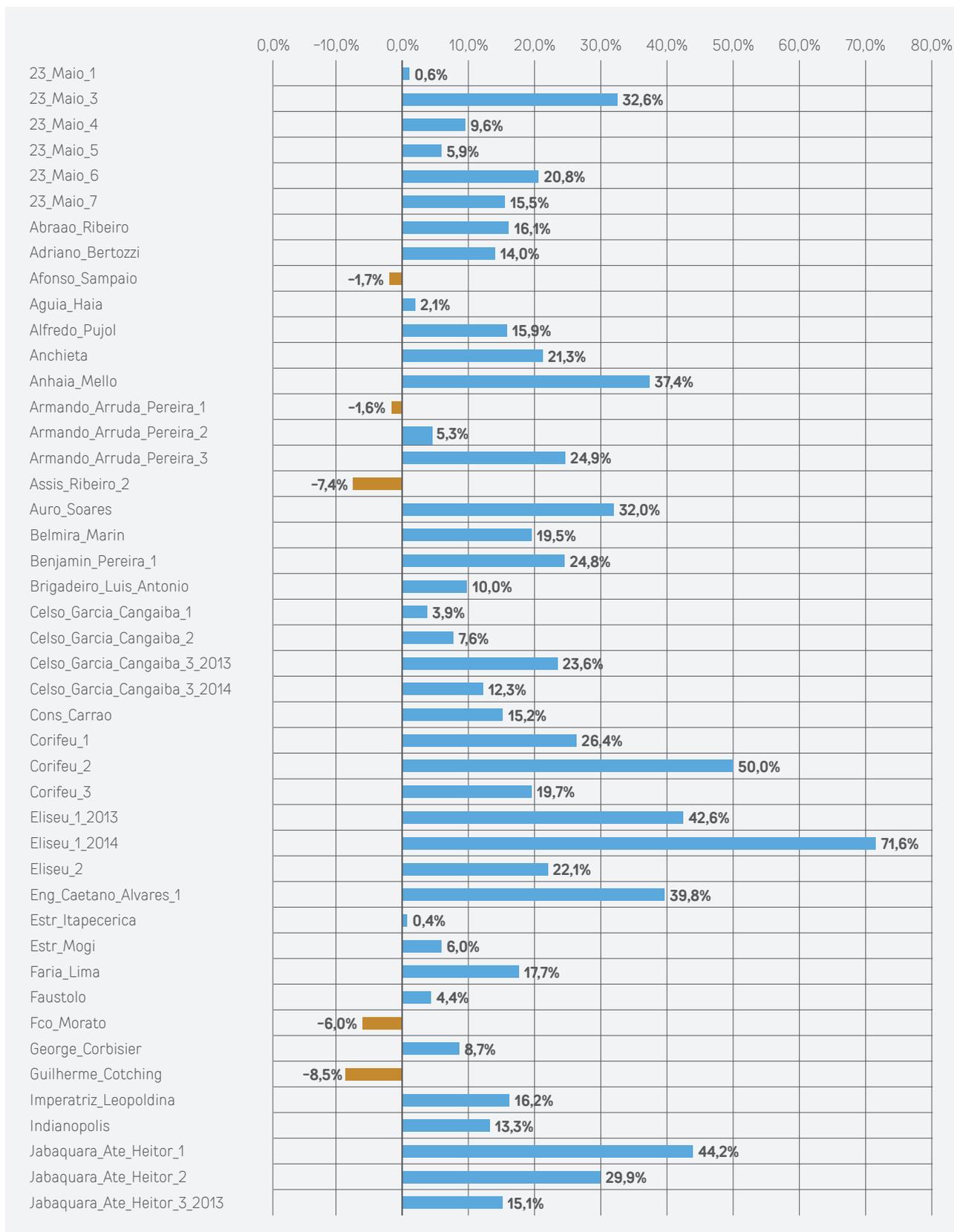


Figura 19 – Variação na velocidade média diária total – Por tramo. Elaboração: IEMA, 2016.

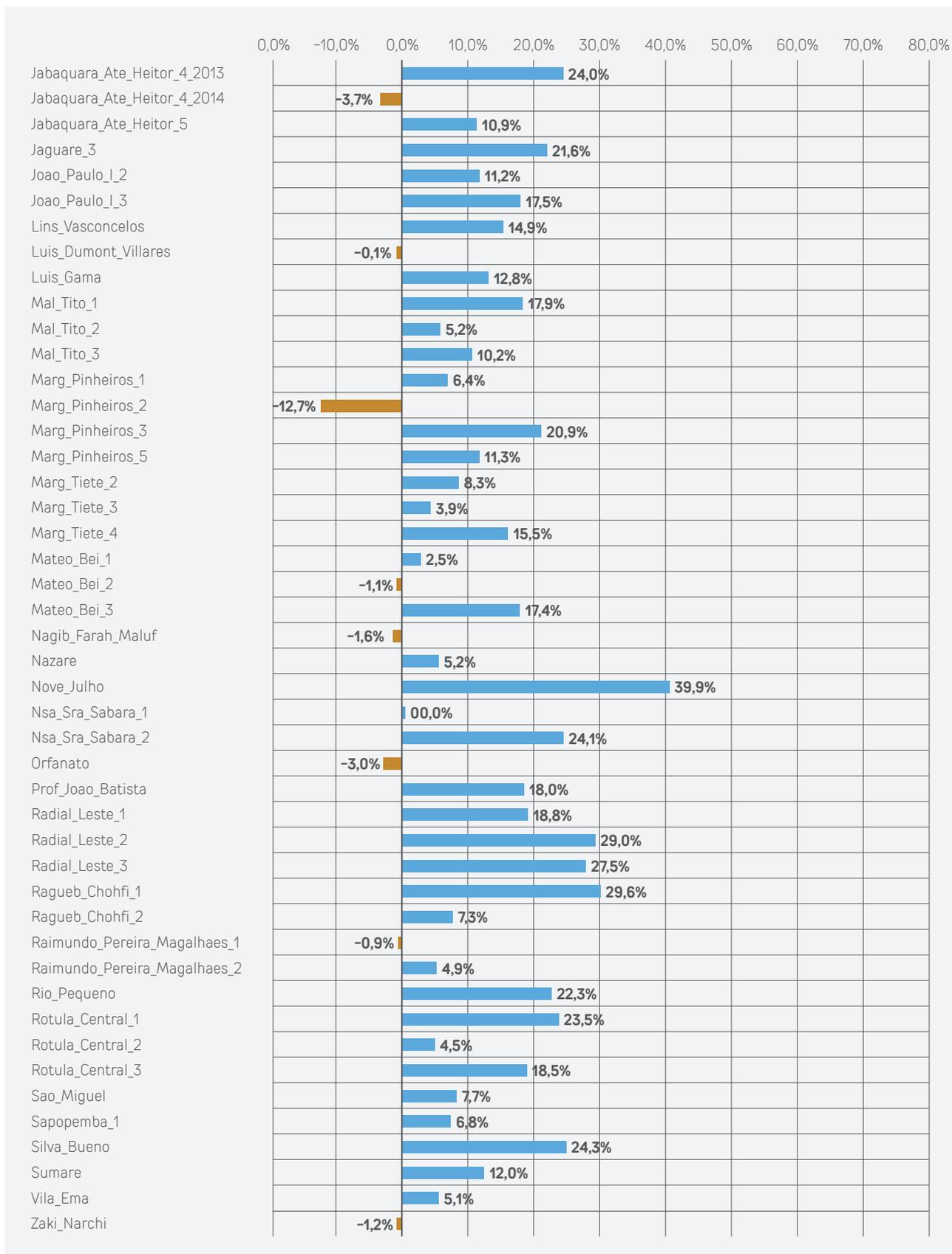


Figura 19 – Variação na velocidade média diária total – Por tramo. Elaboração: IEMA, 2016.

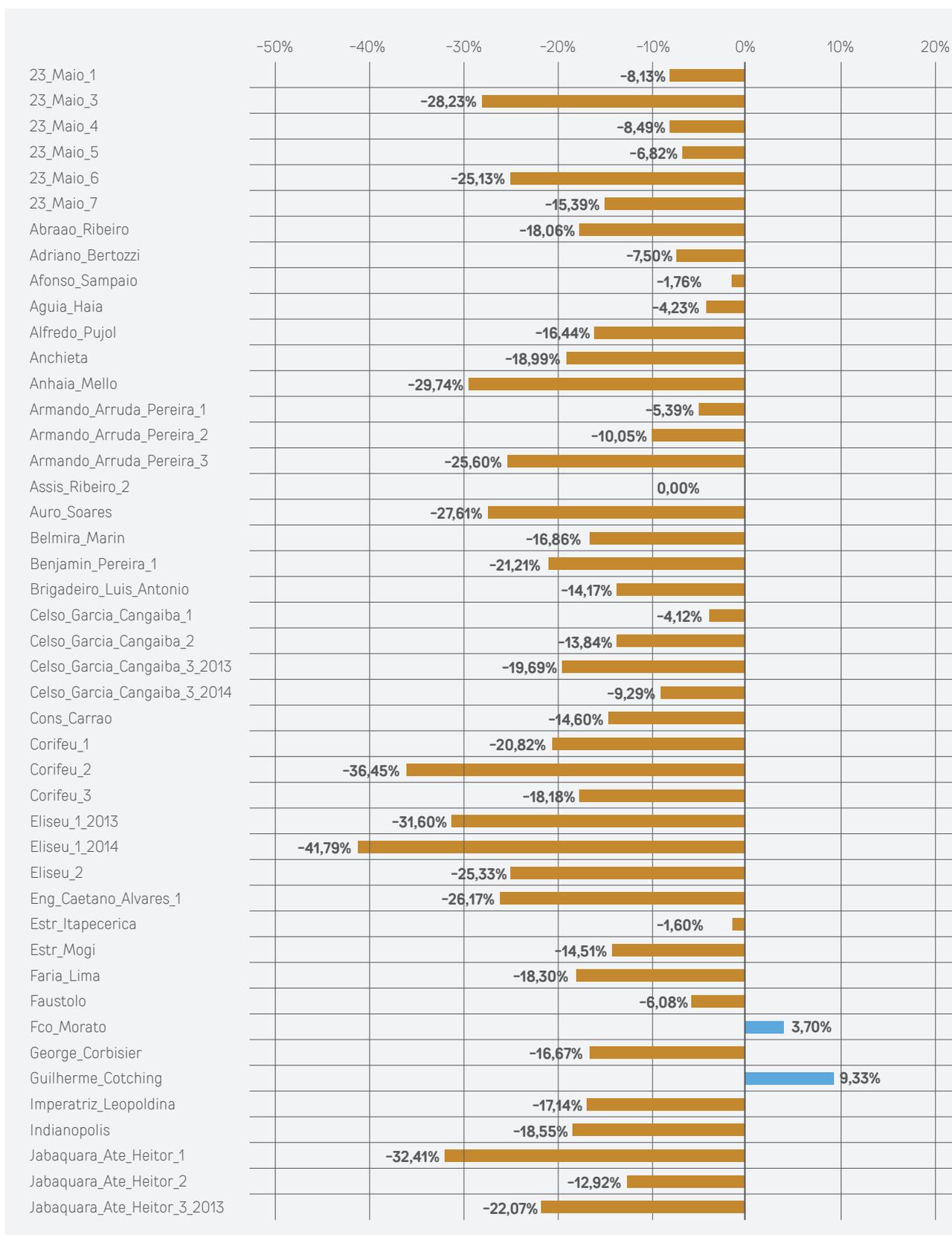


Figura 20 - Variação no tempo de viagens - Por tramo. Elaboração: IEMA, 2016.

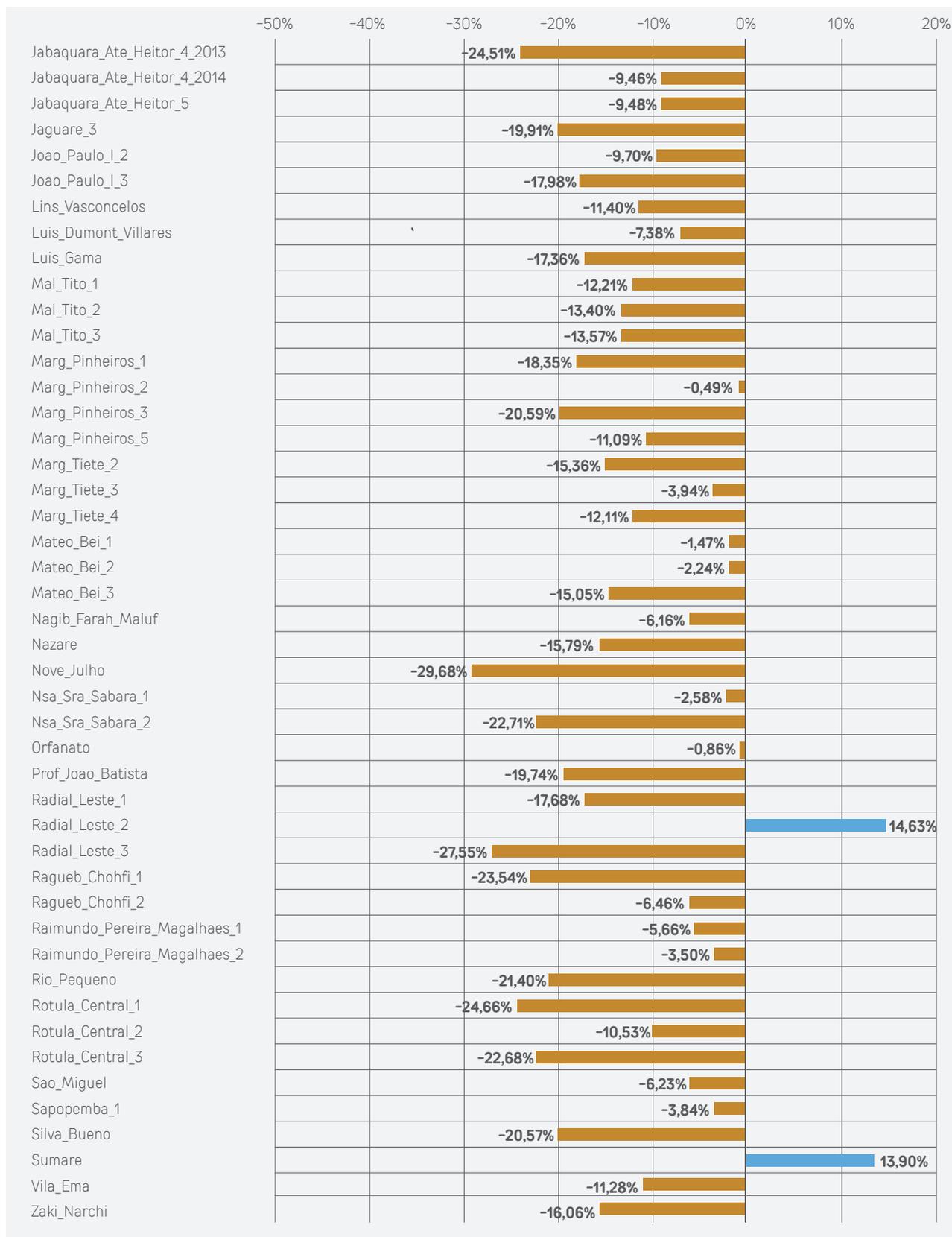


Figura 20 - Variação no tempo de viagens - Por tramo. Elaboração: IEMA, 2016.

consideradas neste estudo.

A análise dos resultados obtidos nessa fase permite notar que há ganho de velocidades médias em função da implantação das faixas, porém não foi possível constatar de maneira global alguma relação direta desta melhoria com as características físicas da via que foram consideradas neste estudo. Na **Tabela 9** é possível notar de maneira clara a falta de relação entre os ganhos

de velocidade e as tipologias de vias estabelecidas nesta fase do estudo.

Como já mencionado, há outros fatores que não foram explorados neste estudo que podem ter interferência na eficiência das faixas, como por exemplo: tempo de embarque e desembarque das linhas; e média de ocupação simultânea das faixas. É importante destacar que, em função da falta de dados confiáveis disponíveis sobre esses

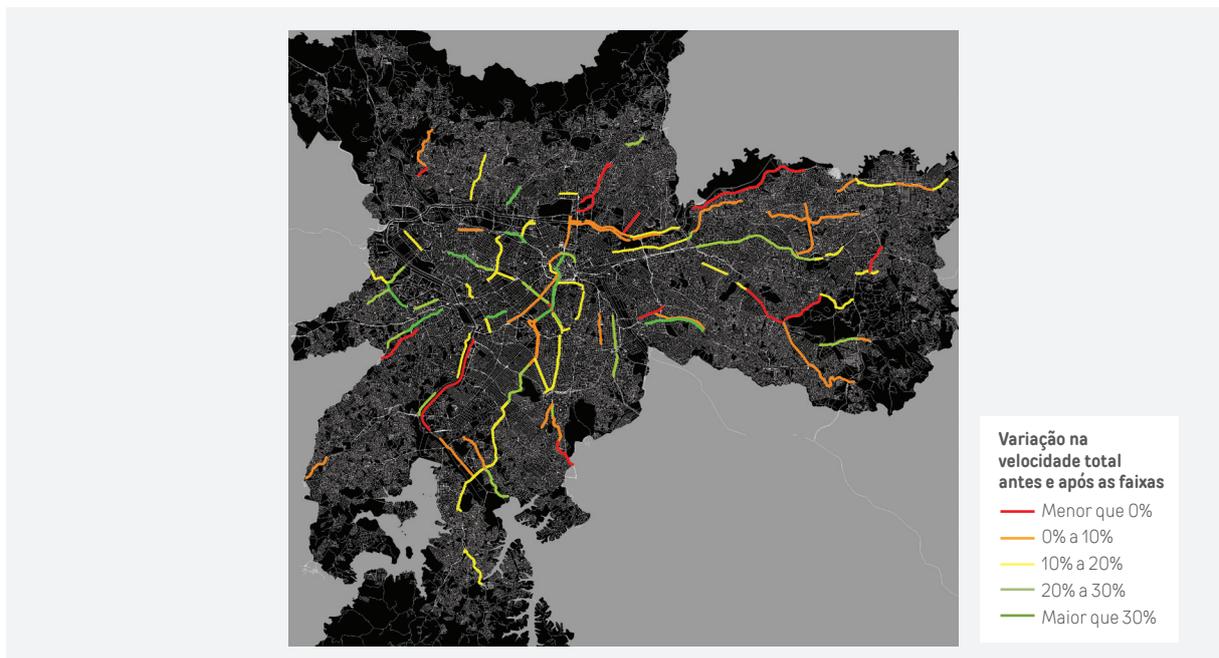


Figura 21 - Variação da velocidade média por tramo. Elaboração: IEMA, 2016.

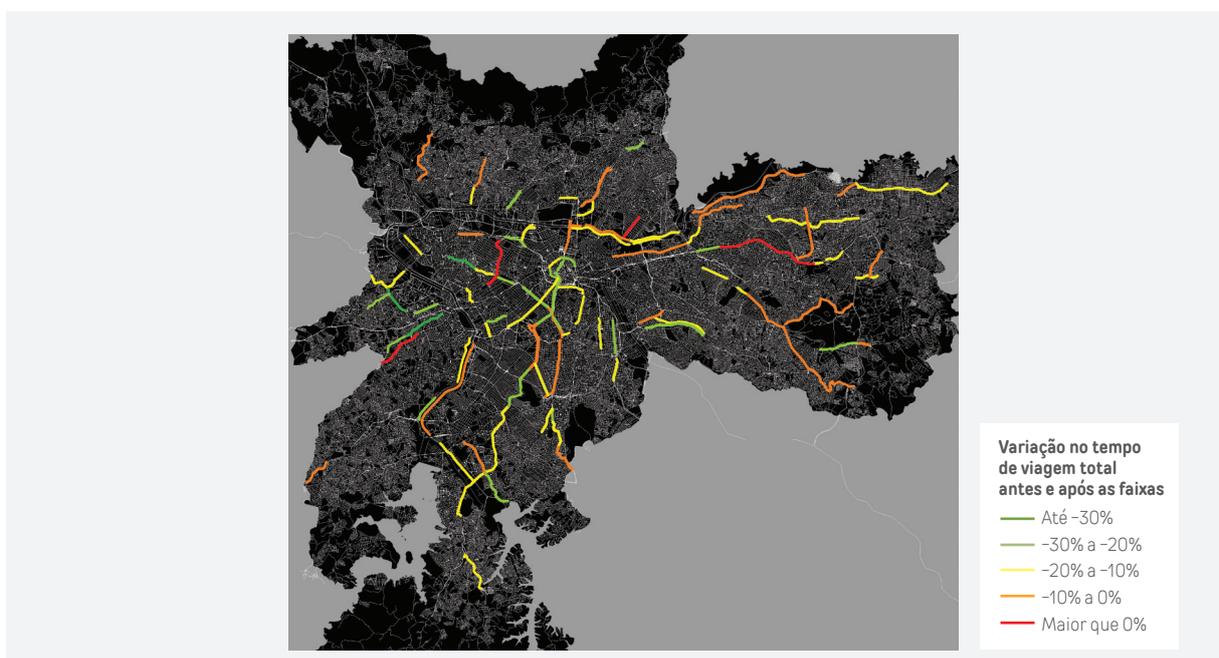


Figura 22 - Variação no tempo de viagem por tramo. Elaboração: IEMA, 2016.

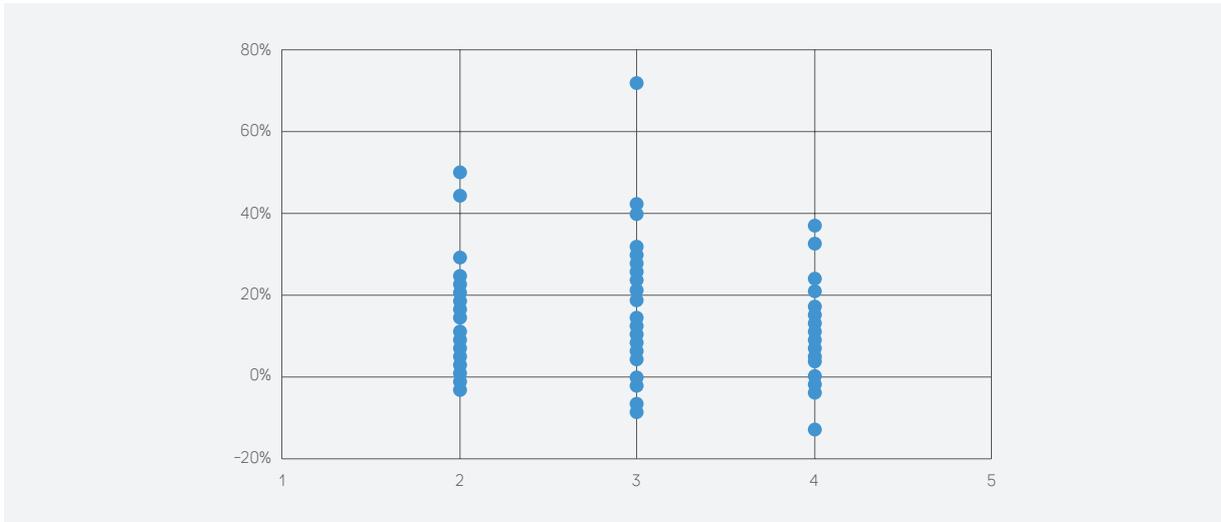


Figura 23 – Ganho de velocidade média em relação a faixas de circulação. Elaboração: IEMA, 2016.

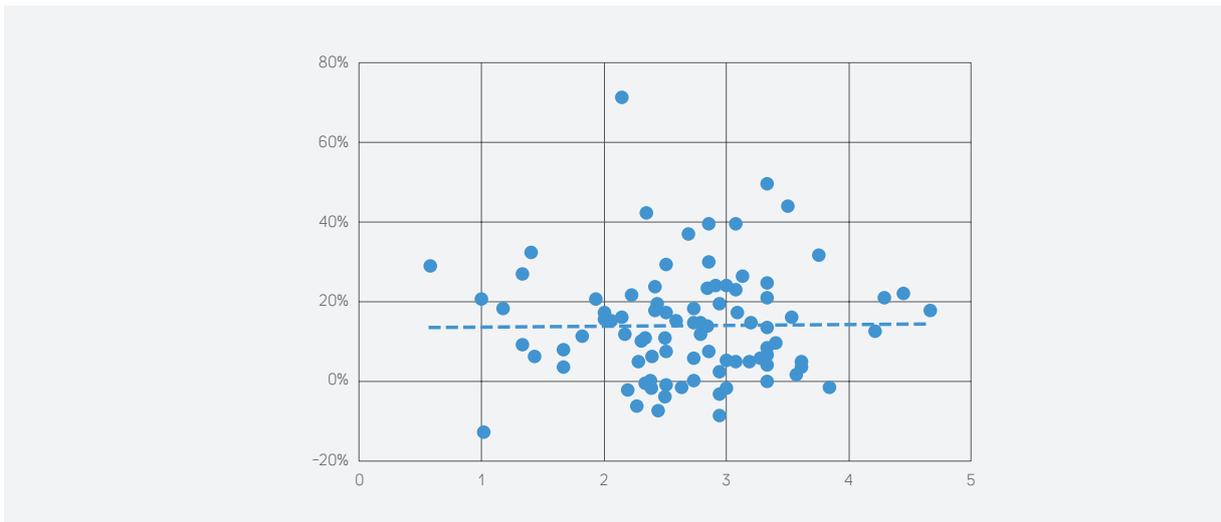


Figura 24 – Ganho de velocidade média em relação a paradas por quilômetro. Elaboração: IEMA, 2016.

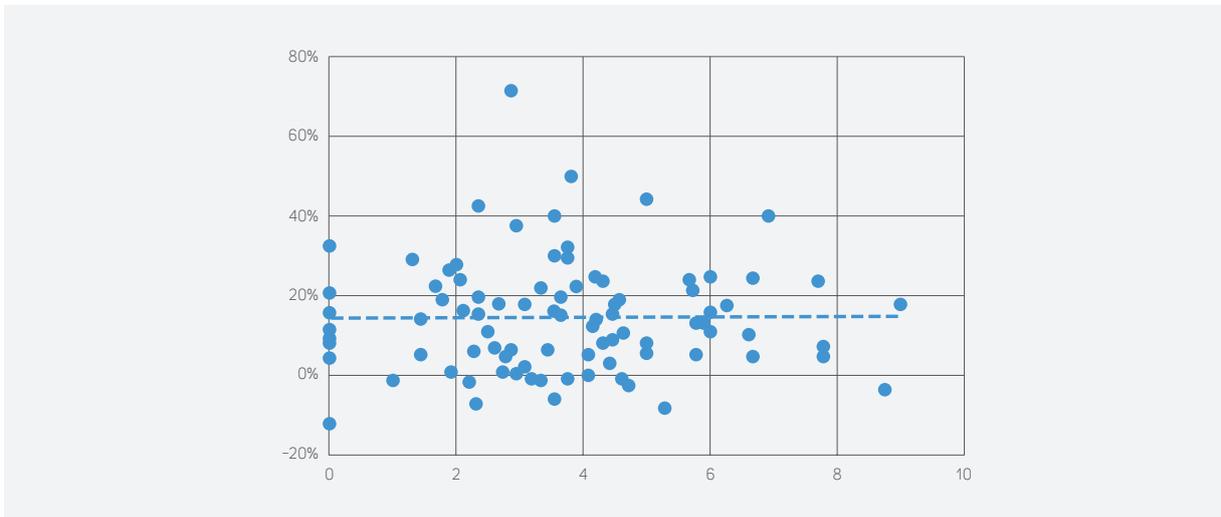


Figura 25 – Ganho de velocidade média em relação a quilômetro por semáforo. Elaboração: IEMA, 2016.

Tabela 9 - Ganho de velocidade por tipologia da via. Elaboração: IEMA, 2016.

Ganho de velocidade por categoria		Semáforos por km		
Vel. prévia	Paradas por km	0,00 a 2,35	2,36 a 5,00	5,01 a 9,00
8,06 km/h a 12,14 km/h	0,00 a 1,66	0,6300		
	1,67 a 2,85	0,0565	0,1987	0,1222
	2,86 a 4,67		0,1977	0,1514
12,15 km/h a 16,68 km/h	0,00 a 1,66	0,1070	0,0638	
	1,67 a 2,85	0,2123	0,1313	0,1235
	2,86 a 4,67	0,0869	0,0922	0,0520
16,69 km/h a 24,57 km/h	0,00 a 1,66	0,1017		
	1,67 a 2,85	0,0123	-0,0117	
	2,86 a 4,67	0,1397	0,0338	0,0439

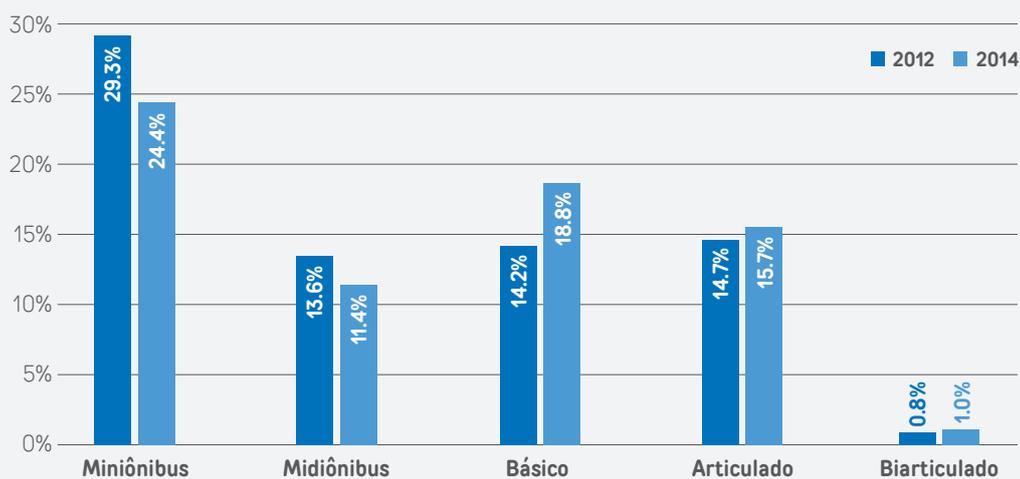


Figura 26 - Quilometragem percorrida nas faixas por tipo de veículos. Elaboração: IEMA, 2016.

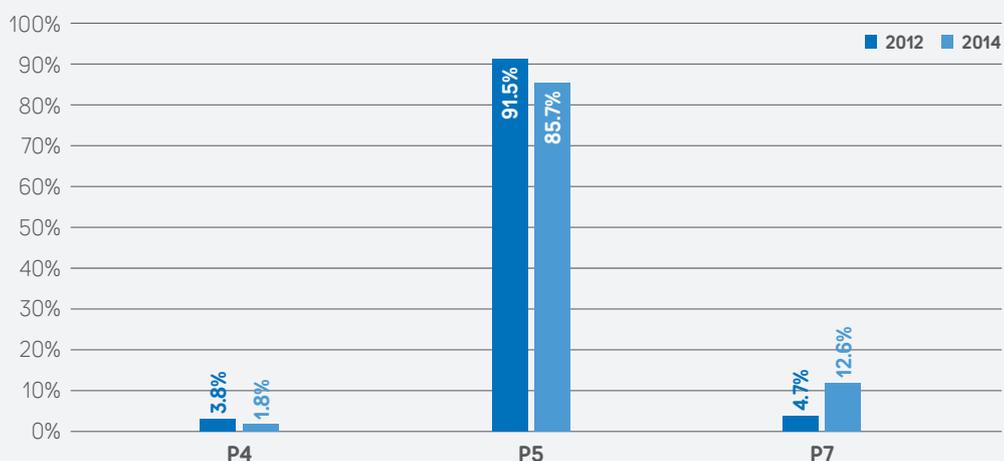


Figura 27 - Proporção de tecnologia veicular na quilometragem percorrida nas faixas. Elaboração: IEMA, 2016.

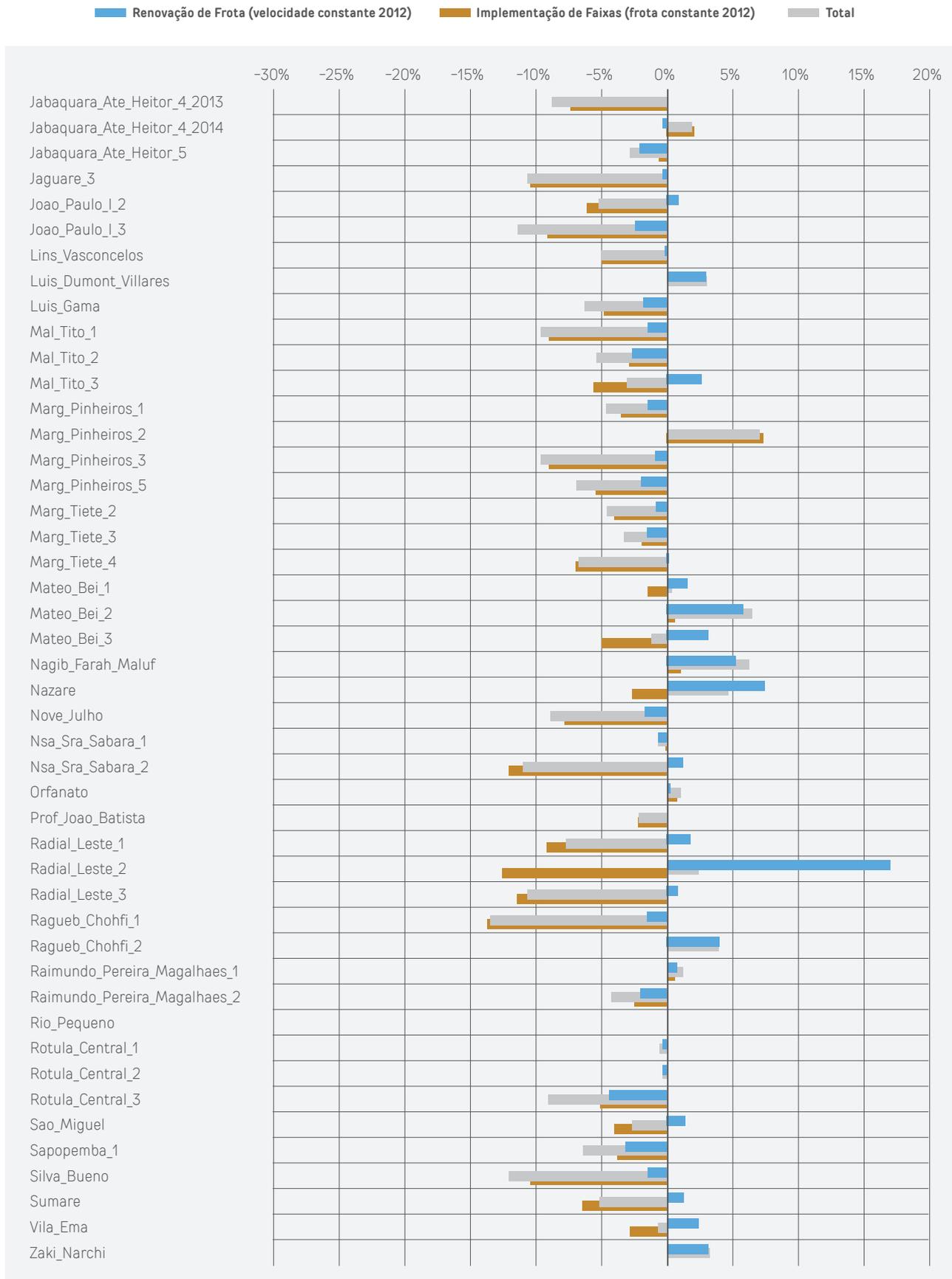


Figura 28 - Variação no consumo de combustível, separado por cenário. Elaboração: IEMA, 2016.

■ Renovação de Frota (velocidade constante 2012)
 ■ Implementação de Faixas (frota constante 2012)
 ■ Total

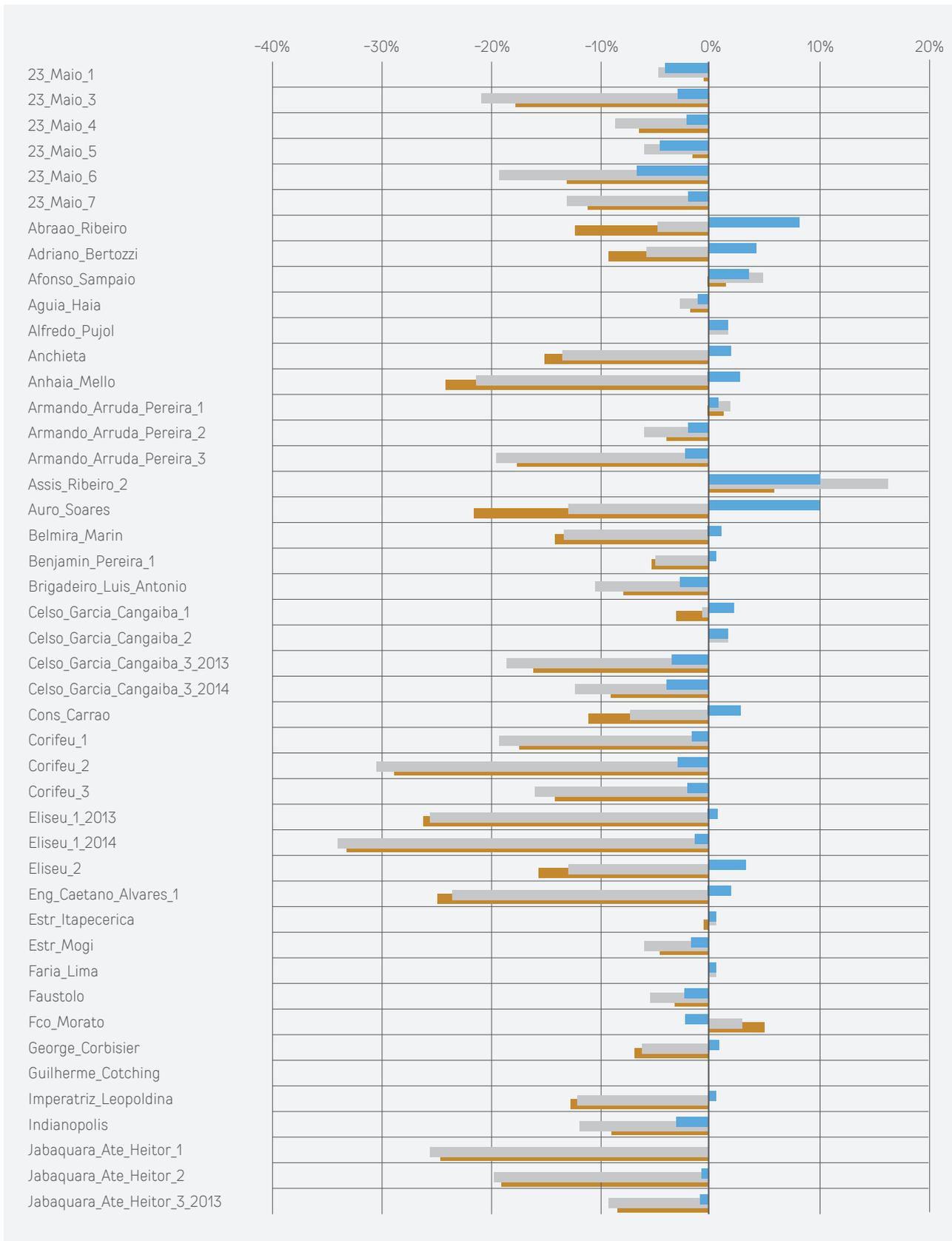


Figura 29 - Variação em gNOx/km por cenários. Elaboração: IEMA, 2016.

■ Renovação de Frota (velocidade constante 2012)
 ■ Implementação de Faixas (frota constante 2012)
 ■ Total

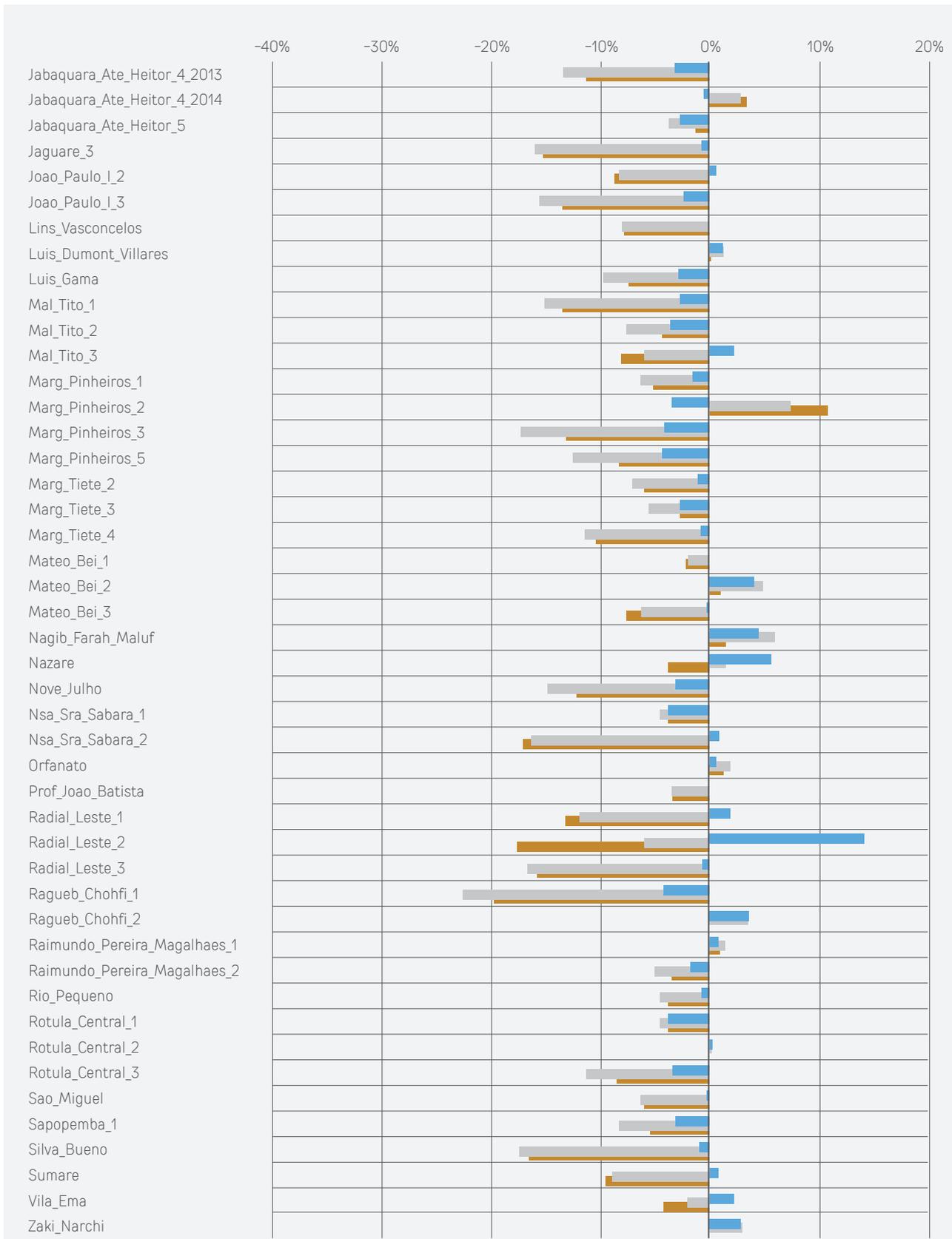


Figura 29 - Variação em gNO_x/km por cenários. Elaboração: IEMA, 2016.

■ Renovação de Frota (velocidade constante 2012)
 ■ Implementação de Faixas (frota constante 2012)
 ■ Total

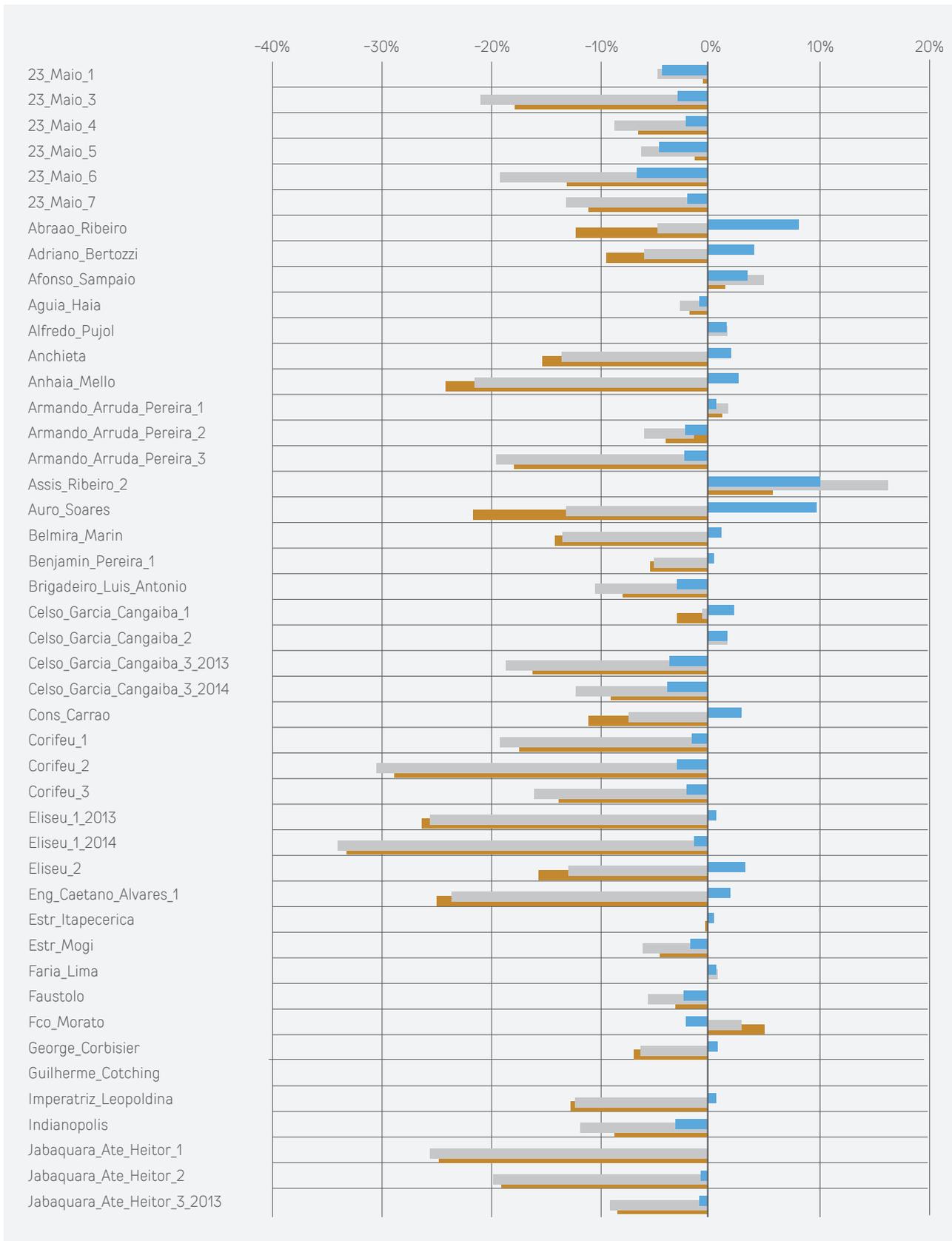


Figura 30 - Variação em gMPescap/km por cenários. Elaboração: IEMA, 2016.

■ Renovação de Frota (velocidade constante 2012)
 ■ Implementação de Faixas (frota constante 2012)
 ■ Total

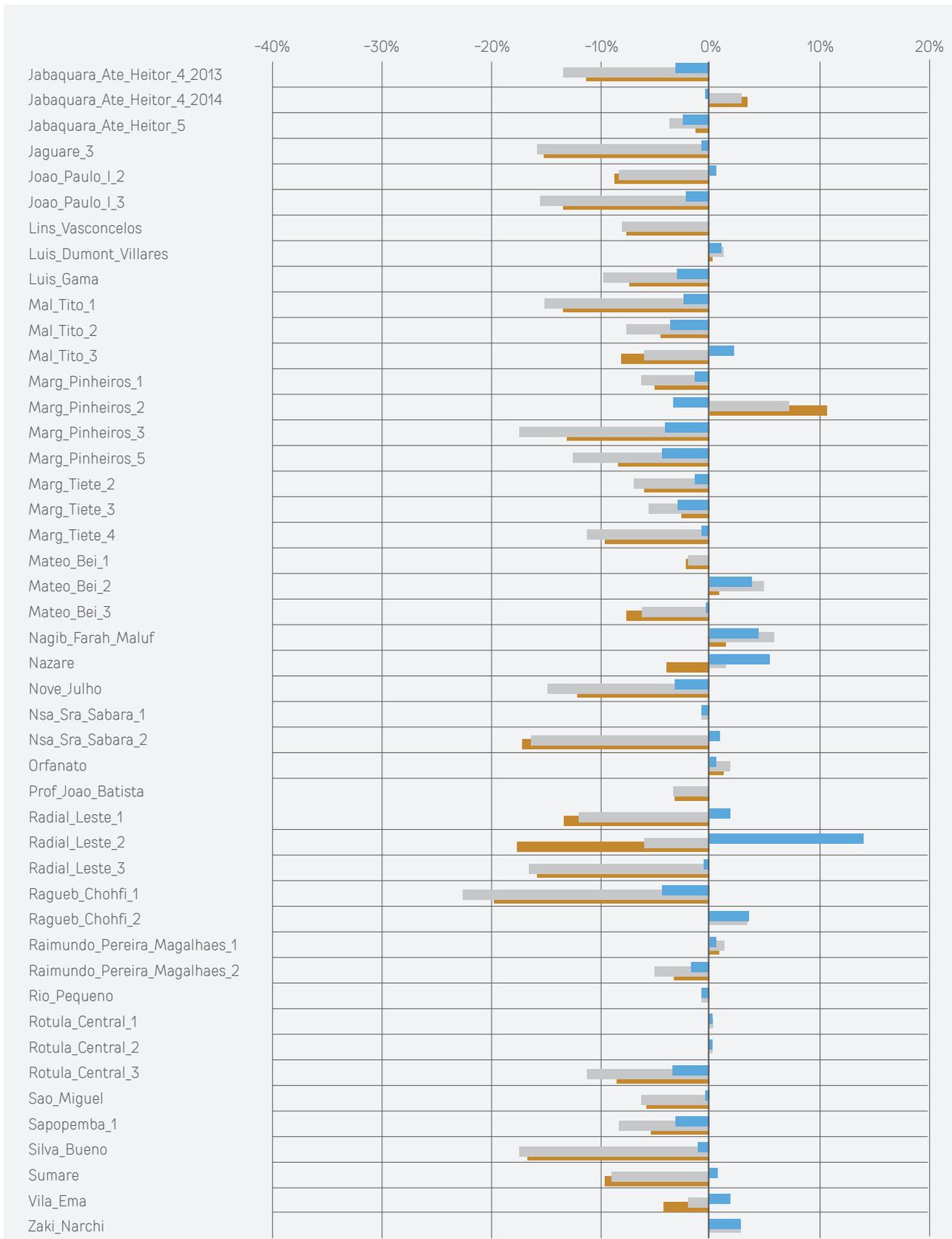


Figura 30 - Variação em gMPesca/km por cenários. Elaboração: IEMA, 2016.

■ Renovação de Frota (velocidade constante 2012)
 ■ Implementação de Faixas (frota constante 2012)
 ■ Total

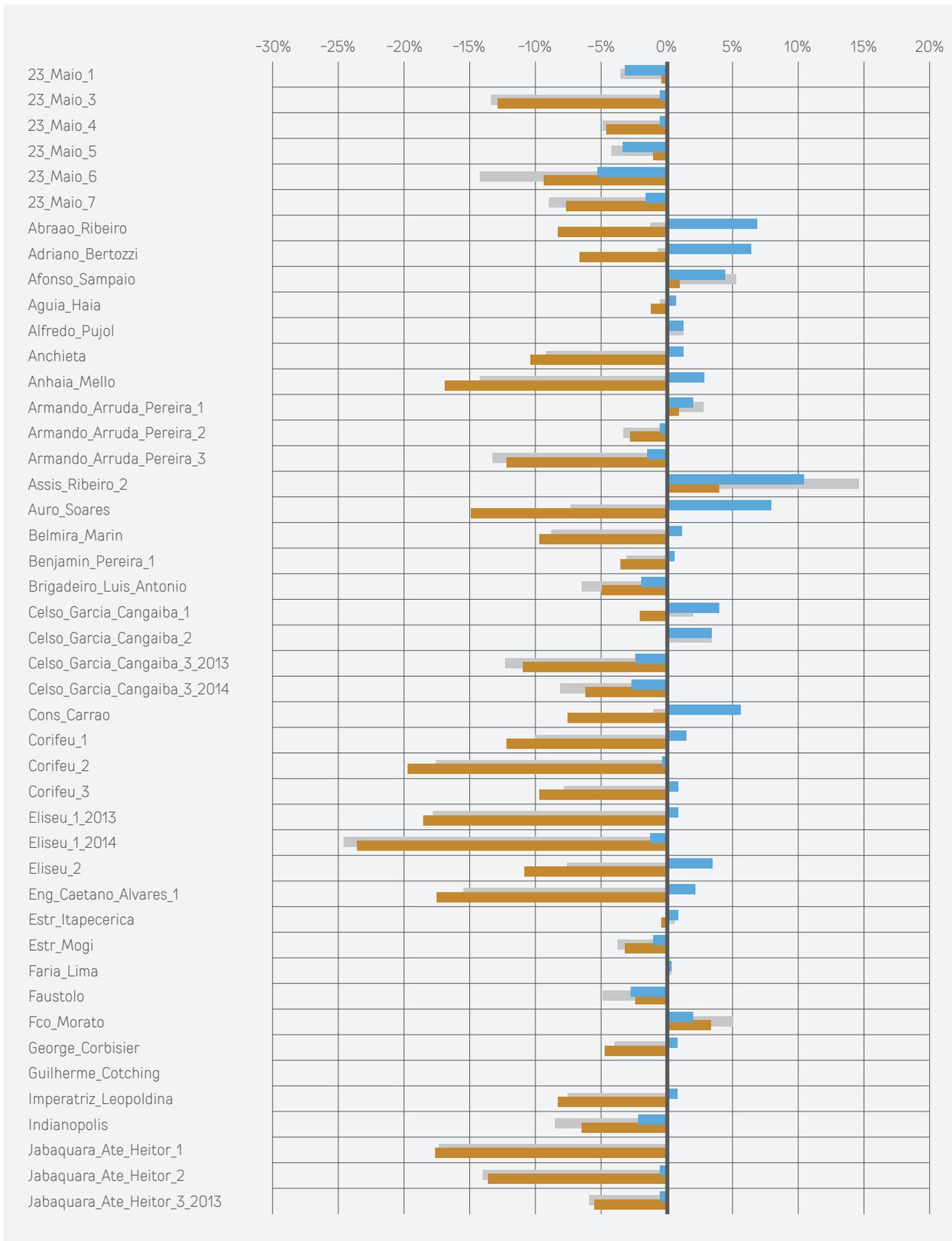


Figura 31 – Variação em gCO₂e/km, separada por cenários. Elaboração: IEMA, 2016.

■ Renovação de Frota (velocidade constante 2012)
 ■ Implementação de Faixas (frota constante 2012)
 ■ Total

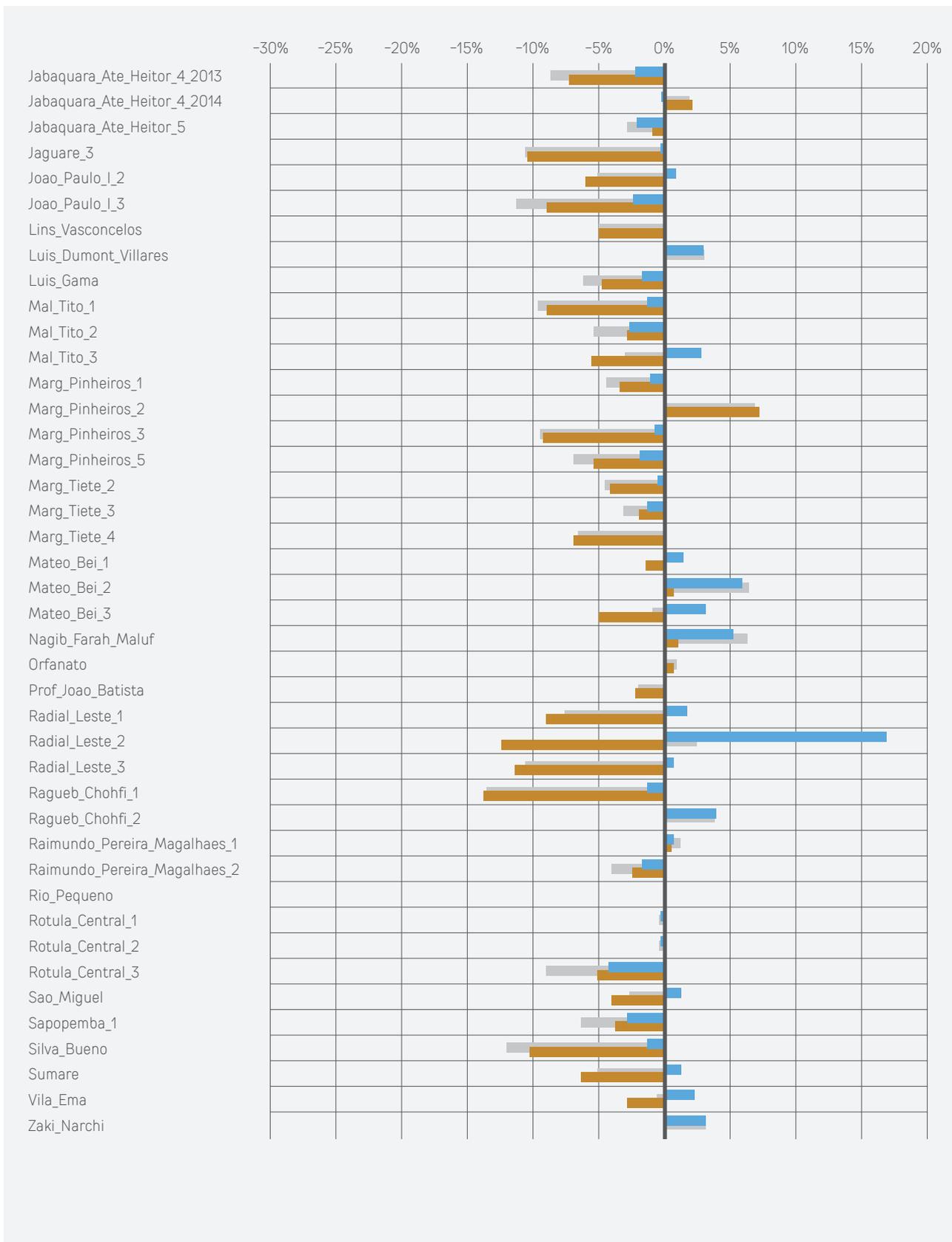


Figura 31 – Variação em gCO₂e/km, separada por cenários. Elaboração: IEMA, 2016.

fatores, não foi possível esgotar todas as hipóteses de análise dentro do escopo deste estudo.

3.2 Consumo de combustível e emissão de poluentes

Nos resultados levantados nessa parte do estudo, atentou-se para diferenciar as variações de consumo de combustível e emissões de poluentes resultantes da mudança de porte ou tecnologia da frota daquelas obtidas pela implantação de faixas exclusivas. Uma análise da produção quilométrica por porte veicular e por tecnologia permite observar dois fenômenos: um aumento na circulação da frota de maior porte – que consome mais combustível –, bem como de tecnologias veiculares mais recentes, mais especificamente o P7 (ver **Figura 5**) – que, *para um mesmo porte veicular*, apresenta curvas de consumo e emissões com valores menores que as tecnologias anteriores, como demonstra a **Figura 14**. Seguindo a categorização veicular de acordo com o porte utilizado para os cálculos de consumo de combustível (exposta na **Figura 5**), verificou-se também uma diminuição na participação de veículos de menor porte, e consequente aumento na participação de veículos padron e (bi)articulados, conforme observado no gráfico da **Figura 26** (pág.40).

Dessa maneira, verificou-se que, pela sua escala, a mudança da frota é significativa e seus efeitos não podem ser desprezados na avaliação do consumo de combustível e emissão de poluentes promovidas pelas faixas exclusivas. Dadas essas condições, seria possível esperar um maior consumo de combustível por quilômetro, uma vez que o efeito da economia de um uso mais intenso de tecnologias veiculares mais novas (ainda que a diesel) seria absorvido por uma maior circulação de ônibus de grande porte. Para avaliar essa hipótese, além de eliminar a variável produção quilométrica, é necessário discriminar os veículos que circularam pelas faixas. Uma vez que as planilhas de programação de partidas por linha, parte constituinte da Ordem de Serviço Operacional (OSO), não discriminam os veículos que cumprem cada partida, recorreu-se às amostras de veículos identificados em cada tramo, já que desses são conhecidos seus portes e fase tecnológica.

A variação do consumo de combustíveis e da emissão de poluentes é fruto, principalmente, de dois processos que ocorreram simultaneamente: a implantação das faixas exclusivas e a renovação da frota, que tem como consequência a utilização

de novas tecnologias nos veículos. Desta maneira, a fim de identificar quanto das reduções verificadas poderia ser atribuído diretamente a cada um desses processos, foram desenvolvidos os cenários descritos na metodologia, cujos resultados apontam para suas contribuições específicas conforme os gráficos, das **Figuras 28, 29, 30 e 31**, os quais contemplam respectivamente o consumo de combustível e os poluentes NO_x , MP_{escap} e CO_2e , onde as variações para cada tramo foram decompostas em duas: cenário “renovação de frota” e cenário “implantação de faixas”.

A composição dos dois valores expostos (que não necessariamente é sua soma) resulta na variação real ocorrida no período. Com essa análise foi possível perceber que, nos tramos onde as reduções do consumo de combustível foram mais tímidas – ou mesmo onde houve aumento do consumo específico – os ganhos obtidos com o aumento das velocidades médias eram abatidos pelo aumento do consumo específico médio da frota mais nova. Esses casos foram avaliados, permitindo confirmar o impacto da alteração do perfil da frota, deixando de ser composta majoritariamente por veículos pequenos e passando a ter maior participação de veículos grandes. Os casos mais extremos, dos Tramos Radial_Leste_2 e Assis_Ribeiro_2, são apresentados na **Figura 32**.

Pode-se notar que, no caso do Tramo Radial_Leste_2, extinguiram-se os veículos Mini e Midi, passando a frota então a ser composta por veículos básico, padron e articulado. Essa mudança de perfil, ao mesmo tempo que aumenta o consumo específico e emissões por quilômetro, aumenta em taxas superiores as ofertas de assentos. A **Figura 33** ilustra essa variação relativa no aumento de consumo e emissões em comparação com o acréscimo da capacidade na troca de veículos pequenos por médios e grandes por meio das informações de capacidade e categorias do COPERT (**Tabela 6**) – Midi, Standard e Articulado respectivamente apelidadas nessa análise de pequeno, médio e grande.

É possível perceber que na troca de um veículo pequeno, da tecnologia mais atual presente na frota, para um veículo médio de mesma tecnologia, tem-se um aumento de 38% no consumo específico, ao mesmo tempo em que a capacidade de passageiros tem um acréscimo de 136%. Se compararmos ainda com a troca por um veículo grande, teríamos um aumento de 74% no consumo específico de combustível, ao passo que o incremento na capacidade de passageiros nesse

caso é de 362%. A média dos resultados da análise das amostras tramo a tramo indica qual a contribuição dada pelas faixas exclusivas nas variações de consumo de combustível e emissão de poluentes, como apresentado na **Tabela 10**.

Os resultados permitem avaliar que, apesar do aumento de 0,45% no consumo específico da frota devido à maior participação dos veículos maiores,

houve reduções nas emissões de gases poluentes, uma vez que esses veículos mais novos também possuem sistemas de pós tratamento de gases mais eficientes. Nessa mesma tabela são também apresentados os resultados da variação das velocidades com a implantação das faixas: ganhos mais palpáveis tanto em eficiência quanto em emissões de poluentes e gases de efeito estufa.

Tabela 10 – Variação no consumo de emissões em função de implantação da faixa e renovação da frota. Elaboração: IEMA, 2016.

Variação no consumo emissões	Apenas renovação de frota (velocidade constante 2012)	Apenas implementação de faixas (frota constante 2012)
Combustível (l/km)	0,45%	-5,10%
NO _x (g/km)	-0,59%	-7,33%
MP _{escap} (g/km)	-4,42%	-6,07%
CO _{2eq} (g/km)	0,45%	-5,06%

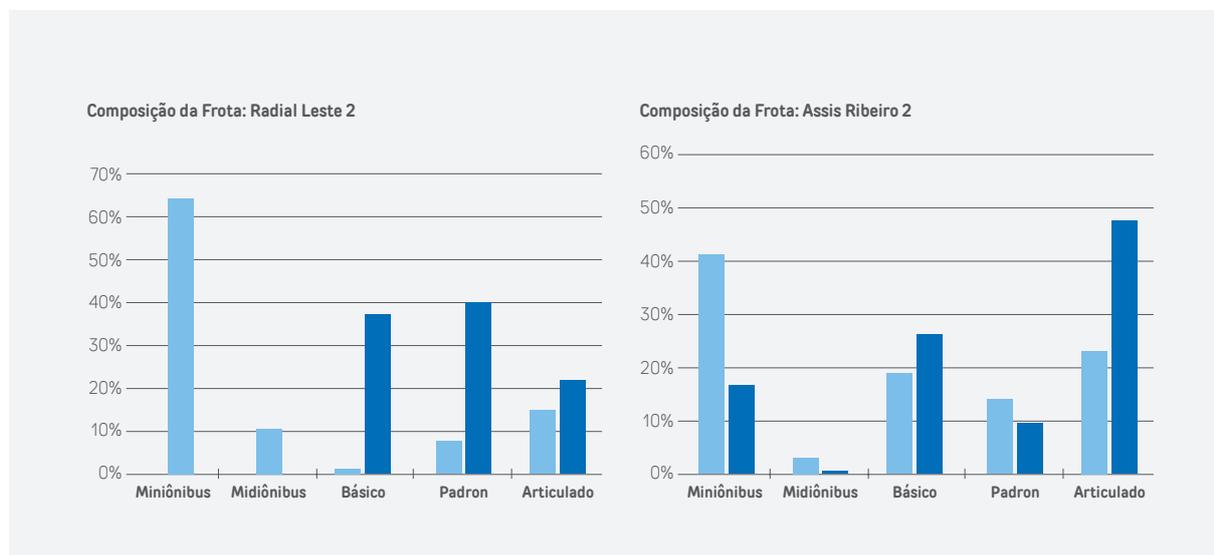


Figura 32 – Variação da composição das frotas entre 2012 e 2014 por tamanho de veículo. Elaboração: IEMA, 2016.

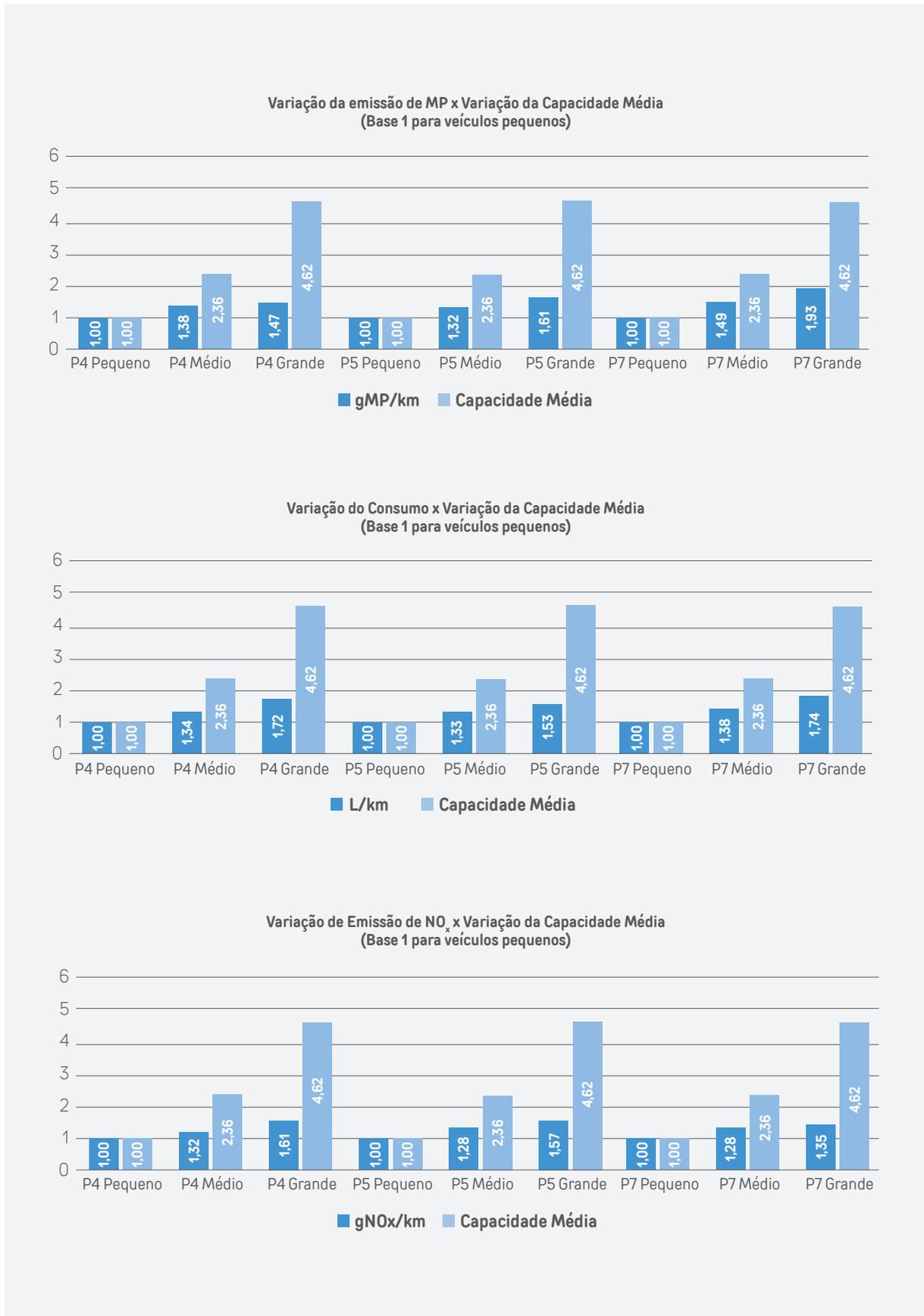


Figura 33 - Variação do consumo e emissões de MP e NO_x em comparação com a variação de assentos ofertados por tamanho e tecnologia veicular. Elaboração: IEMA, 2016.

4. Considerações Finais e Conclusão

A investigação conduzida nesse trabalho foi motivada pelo processo de implantação de faixas exclusivas na cidade de São Paulo e pelo debate em torno da sua efetividade.

À primeira vista, é uma medida de priorização simples e de baixo custo – quando comparada com outras medidas com objetivo de melhorar a velocidade do transporte público, como por exemplo os corredores de ônibus e BRT's –, com potencial de produzir efeitos positivos como: diminuição dos tempos de viagem, economia de combustível e redução de emissão de gases de efeito estufa e poluentes locais, que afetam a qualidade do ar e a saúde pública.

Os resultados apresentados apontaram ganhos de velocidade em 86% dos tramos homogêneos estudados (implantados entre setembro de 2012 e setembro de 2014), e o aumento global de velocidade nas faixas exclusivas foi de 11,7%. Porém, como essa medida de priorização abrange uma pequena parcela das vias cobertas pelo sistema de ônibus, os ganhos de velocidade observados são pouco refletidos no desempenho global desse sistema. Considerando a quilometragem total das vias por onde circulam ônibus na cidade de São Paulo, somente cerca de 12%

são dotadas de faixas exclusivas e segregadas dos outros modais de transporte, assim é possível afirmar que seus efeitos positivos são diluídos ao se observar as velocidades médias gerais do sistema de ônibus circulante.

Por outro lado, 13 tramos (14%) dos 91 que foram estudados apresentaram uma piora na velocidade (dos quais nove deles tiveram perdas inferiores a 4%), sendo essas perdas observadas em trechos de faixas que já possuíam uma velocidade elevada e em muitos casos acima da média da cidade. Possíveis responsáveis poderiam ser atribuídos à piora no trânsito local, aumento do volume de passageiros e conseqüentemente do tempo de embarque e desembarque, ou algum fenômeno específico local, que nesses casos mereceriam uma investigação mais aprofundada.

Juntamente com o trabalho sobre as velocidades, buscou-se identificar, entre os fatores físicos considerados neste estudo, algum que, isoladamente ou combinado com outros, tivesse papel preponderante nas variações de velocidade observadas em uma dada faixa exclusiva. Após o agrupamento das faixas por tipologias não se mostrou possível estimar ganhos da implantação de faixas exclusivas de acordo com as características físicas das vias, ou seja, no planejamento de novas faixas não é conveniente estimar seu desempenho a

partir da comparação com ganhos obtidos em vias semelhantes em características como número de semáforos e paradas por quilômetro, e número de faixas de rolamento por sentido.

A análise do consumo de combustível e emissão de poluentes também foi feita, e observou-se uma redução na taxa de consumo de diesel de 5,10% em decorrência da variação das velocidades entre os anos de 2012 e 2014 nas faixas estudadas. O mesmo resultado foi obtido para a emissão de poluentes locais e gases de efeito estufa, onde as taxas de emissão de óxidos de nitrogênio, material particulado e gases responsáveis pelo efeito estufa foram reduzidas em 7,33%, 6,07% e 5,06% respectivamente, indicando vantagens ambientais quanto à adoção de faixas exclusivas.

Por outro lado, foi observado que durante o período estudado houve significativa mudança na composição da frota de ônibus municipais em termos de tamanho e fase tecnológica. Após a análise, constatou-se que as alterações na composição da frota, a qual teve um sensível aumento no porte dos veículos, resultou em um aumento de 0,45% no consumo de combustível por quilômetro, mas redução em 4,42% de emissão de material particulado por quilômetro.

A indisponibilidade de informações sobre passageiros transportados por viagem impede uma avaliação das variações de emissões e

consumo per capita. Apesar disso, a análise dos ganhos com o aumento da capacidade de transporte de passageiros dos ônibus indica que a implantação de faixas exclusivas combinada com a evolução da tecnologia e aumento do porte veicular pode potencializar a redução de emissões de poluentes e do consumo de combustível por passageiro transportado.

Por fim, os resultados obtidos nesse estudo comprovaram os efeitos positivos da adoção de faixas exclusivas de ônibus em vias urbanas, uma medida simples, de baixo custo e de rápida implantação, constituindo-se uma importante política pública em relação ao transporte público coletivo. Ainda que não tenha sido possível identificar elementos físicos definidores desses benefícios, entende-se que variáveis operacionais interferem diretamente nas condições operacionais do sistema. A demanda de passageiros é um exemplo claro disso, pois o volume de passageiros que embarcam e desembarcam nos pontos de parada influenciam na velocidade média operacional das linhas. A quantificação dos ganhos de tempo por passageiros transportados é algo essencial para avaliar os benefícios sociais das faixas exclusivas, para tanto é preciso viabilizar a quantificação da demanda de passageiros nas faixas exclusivas, o que ainda é um desafio.

5. Recomendações

Este estudo teve como objetivo apresentar uma análise sobre a eficiência de faixas exclusivas de ônibus na cidade de São Paulo.

Tem-se que este tipo de intervenção de priorização do transporte coletivo em detrimento do individual é uma maneira não tão onerosa e de rápida implantação, uma vez que utiliza quase que totalmente infraestrutura existente. Tem-se, porém, que esta opção apresenta limitações de acordo com o contexto em que é implantada. Desta maneira este estudo visou realizar uma análise de eficiência das faixas considerando variáveis físicas que poderiam ter influência nesta eficiência.

Os resultados obtidos nesse estudo mostraram que, como era esperado, faixas implantadas em vias que apresentam isolamento de fluxo, como leitos fluviais, vias férreas, etc., tem um desempenho melhor do que faixas implementadas em vias que tenham grande número de interferências como semáforos, cruzamentos em nível, intersecções, etc. Foi observado também que em vias em que os ônibus tem piores condições de circulação, a implantação de faixas tem um impacto mais significativo no ganho de velocidade média, o que não significa necessariamente que

ela atinja bons níveis de velocidade.

Com base nestes resultados acredita-se que a implantação de medidas acessórias pode ajudar a melhorar o desempenho das faixas exclusivas. Uma reprogramação semafórica favorável ao ônibus; a implantação de pontos de ultrapassagem em pontos específicos onde há grande volume de embarque e desembarque de passageiros; e a realocação de pontos em cruzamento podem ser exemplos de medidas acessórias que podem contribuir na eficiência das faixas.

A evolução do trabalho mostrou que há fatores não necessariamente relacionados à estrutura física que podem ter maior relevância na eficiência das faixas exclusivas. Entre estes aspectos pode-se destacar:

- Demanda localizada de passageiros;
- Ocupação simultânea das faixas; e
- Realocação de linhas em vias próximas para a faixa.

Por fim, tem-se que as informações apresentadas neste relatório devem colaborar no processo de escolha do tomador de decisão uma vez que apresentam benefícios gerais da implantação deste tipo de infraestrutura para a sociedade, como melhoria nas velocidades médias nas faixas e nas condições da qualidade do ar.

6. Referências

CANALES, C.; ESTRADA, M.; THORSON, L.; ROBUSTE, F. Public Transport Policies in Europe: Implementing bus rapid transit systems in major European cities. Association for European Transport and Contributors, Barcelona, 2006.

CETESB, 2013. Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012.

EMEP – EEA, 2014. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-annex-hdv-files.zip/view>

FERRAZ, Antonio Clovis Pinto; TORRES, Isaac Guilherme Espinosa. Transporte Público Urbano. 2. ed. São Carlos: Rima, São Carlos, 2004.

IEMA. Instituto Energia e Meio Ambiente. A Bicicleta e as Cidades: Como Inserir a Bicicleta na Política de Mobilidade Urbana, 2010.

IEMA. Instituto Energia e Meio Ambiente. Análise Preliminar Sobre a Implantação do Padrão Euro VI no Brasil, 2015.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SeMob). PlanMob: construindo a cidade sustentável – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana, 2015.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários – Relatório Final, 2011.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013/Ano-Base 2012 – Relatório Final, 2014.

NTU, 2013. Faixas exclusivas de ônibus urbanos – experiências de sucesso. Relatório Técnico.

SÃO PAULO. Programa de Metas da Cidade de São Paulo 2013–2016, 2013.

SÃO PAULO. PlanMob/SP 2015 Plano de Mobilidade de São Paulo, 2015.

SEDU, NTU. Prioridade para o transporte coletivo urbano. Relatório Técnico, Brasília, 2002.

TRB. Transit Capacity and Quality Service Manual. Washington, DC, 2013.

VUCHIC, Vulkan. Urban Transit: Systems and Technology, Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.

7. Anexos

Anexo 1 - Divisão dos tramos homogêneos

Faixa prefeitura	Tramos IEMA	Extensão (km)	Faixas de circulação	Hierarquia viária	Paradas	Semáforos	Linhas	Partidas por dia	Quilometragem percorrida na faixa (km/dia)	Horário de funcionamento
Eixo Norte-Sul	23 Maio 1	2,1	Quatro ou mais	Arterial I	5	4	33	2402	2503	06h00 às 22h00
	23 Maio 3	5	Quatro ou mais	Arterial I / Trânsito Rápido	7	0	65	5909	14779	06h00 às 22h00
	23 Maio 4	1,5	Quatro ou mais	Arterial I	2	0	50	5117	6761	06h00 às 22h00
	23 Maio 5	2,2	Quatro ou mais	Arterial I	6	5	32	3647	5065	06h00 às 22h00
	23 Maio 6	3,1	Quatro ou mais	Arterial I	6	0	30	3826	9155	06h00 às 22h00
	23 Maio 7	8,5	Quatro ou mais	Arterial I	22	20	83	10910	32634	06h00 às 22h00
	Abel Ferreira	Abel Ferreira	1,2	Três	Arterial I	4	3	6	717	856
Abraao Ribeiro	Abraao Ribeiro	1,4	Quatro ou mais	Arterial I	3	3	18	2553	2534	06h00 às 20h00
Adriano Bertozzi	Adriano Bertozzi	2,8	Duas	Coletora I	8	4	10	1812	4060	06h00 às 20h00
Afonso de Sampaio e Sousa	Afonso Sampaio	3,2	Três	Arterial I	7	7	9	1366	2989	06h00 às 20h00
Aguia Haia	Aguia Haia	4,2	Duas	Arterial I	15	13	44	5446	11058	05h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Alfredo Pujol	Alfredo Pujol	1	Duas	Arterial II	2	6	20	2402	2087	06h00 às 09h00 BC e 16h00 às 20h00 CB
Anchieta	Anchieta	1,4	Três	Arterial I	6	8	5	895	1175	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 21h00 CB
Prof. Luiz Ignácio de Anhaia Mello	Anhaia Mello	4,1	Quatro ou mais	Arterial I	11	12	25	2918	5288	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Armando de Arruda Pereira	Armando Arruda Pereira 1	2,1	Duas	Arterial I	5	7	20	3057	3835	06h00 às 20h00
	Armando Arruda Pereira 2	2	Três	Arterial I	6	10	24	3544	6792	06h00 às 20h00
	Armando Arruda Pereira 3	1	Duas	Arterial II	3	6	32	3586	2567	06h00 às 20h00
Assis Ribeiro	Assis Ribeiro 1	2,2	Quatro ou mais	Arterial I	5	6	3	235	509	17h00 às 20h00
	Assis Ribeiro 2	8,6	Três	Arterial I	21	20	26	2892	10930	06h00 às 20h00
Auro Soares de Moura Andrade	Auro Soares	1,6	Três	Coletora I	6	6	33	5372	3623	06h00 às 20h00
Belmira Marin	Belmira Marin	3,3	Duas	Arterial III	8	12	35	5865	11534	06h00 às 20h00
Benjamin Pereira	Benjamin Pereira 1	1,2	Duas	Arterial II	4	5	12	1384	665	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Abílio Pedro Ramos	Benjamin Pereira 2	1,3	Duas	Arterial II	4	5	3	212	157	17h00 às 20h00
Brig. Luís Antônio	Brigadeiro Luis Antonio	5	Três	Arterial II	17	33	24	3041	9410	06h00 às 22h00
Cangaíba	Celso Garcia Cangaiba 1	3,6	Duas	Arterial II	13	10	13	2069	6744	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
	Celso Garcia Cangaiba 2	0,8	Três	Arterial II	2	4	46	3933	1683	17h00 às 20h00
Cel. Rodvalho	Celso Garcia Cangaiba 3 (2013)	0,7	Duas	Arterial II	2	3	45	5065	3233	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Celso Garcia	Celso Garcia Cangaiba 3 (2014)	5,1	Três	Arterial II	11	30	56	7312	20054	17h00 às 20h00
Chico Pontes	Chico Pontes	1,4	Três	Arterial II	5	5	3	720	704	17h00 às 20h00
Conselheiro Carrão	Cons Carrao	1,8	Duas	Arterial II	5	8	17	2997	4784	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Corifeu de Azevedo Marques	Corifeu 1	1,6	Três	Arterial I	5	3	15	1361	2829	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
	Corifeu 2	2,1	Duas	Arterial II	7	8	17	1752	2482	06h00 às 20h00
	Corifeu 3	1,7	Três	Arterial I	5	4	16	1555	1007	06h00 às 20h00
Eliseu de Almeida	Eliseu 1 (2013)	3	Três	Arterial I	7	7	11	801	1751	17h00 às 20h00
	Eliseu 1 (2014)	1,4	Três	Arterial I	3	4	11	1011	959	06h00 às 09h00
	Eliseu 2	1,8	Três	Arterial I	4	3	9	636	514	17h00 às 20h00
Eng Caetano Alvares	Eng Caetano Alvares	1,4	Três	Arterial I	4	5	12	1581	1387	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB

Anexo 1 - Divisão dos tramos homogêneos

Faixa prefeitura	Tramos IEMA	Extensão (km)	Faixas de circulação	Hierarquia viária	Paradas	Semáforos	Linhas	Partidas por dia	Quilometragem percorrida na faixa (km/dia)	Horário de funcionamento
Estr. de Itapecerica	Estr Itapecerica	2,2	Duas	Arterial II	6	6	14	2409	3618	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Est. De Mogi das Cruzes	Estr Mogi	6,1	Três	Arterial I	20	21	48	5703	15252	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Faria Lima	Faria Lima	2	Quatro ou mais	Arterial I	4	18	53	5589	4252	06h00 às 20h00
Faustolo	Faustolo	1,5	Três	Coletora I	5	10	21	1791	1754	06h00 às 22h00
Francisco Morato	Fco Morato	3,1	Três	Arterial I	7	11	21	2724	6928	06h00 às 22h00
Gastao Vidigal	Gastao Vidigal	1,3	Três	Arterial I	3	5	13	866	473	06h00 às 20h00
George Corbisier	George Corbisier	1,8	Três	Coletora I	6	8	27	3790	3745	06h00 às 20h00
Guilherme Cotching	Guilherme Cotching	1,7	Três	Arterial I	5	9	17	1675	2848	17h00 às 20h00
Imperatriz Leopoldina	Imperatriz Leopoldina	1,7	Duas	Coletora I	6	6	15	1719	2007	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Independencia	Independencia	1,1	Três	Arterial II	4	5	14	2268	1153	17h00 às 20h00
Indianopolis	Indianopolis	2,4	Quatro ou mais	Arterial I	8	10	8	931	2205	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Cerro Corá	Jabaquara Ate Heitor 1	2	Duas	Arterial II	7	10	16	1723	2933	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Heitor Penteado	Jabaquara Ate Heitor 2	1,4	Três	Arterial I	4	5	14	1617	1906	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Dr. Arnaldo	Jabaquara Ate Heitor 3 (2013)	1,1	Quatro ou mais	Arterial I	3	4	37	4199	3733	06h00 às 22h00
	Jabaquara Ate Heitor 3 (2014)	0,5	Quatro ou mais	Arterial I	1	1	13	1140	480	06h00 às 22h00
Paulista	Jabaquara Ate Heitor 4 (2013)	3	Quatro ou mais	Arterial I	9	17	33	3913	7909	06h00 às 22h00
Bernardino de Campos	Jabaquara Ate Heitor 4 (2014)	0,8	Quatro ou mais	Arterial I	2	7	28	3391	1786	06h00 às 20h00
Domingos de Moraes	Jabaquara Ate Heitor 5	6	Quatro ou mais	Arterial I	14	36	71	7967	11105	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Queiroz Filho	Jaguare 1	1,3	Três	Arterial I	4	5	20	2066	1866	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Pte Jaguaré	Jaguare 2	1	Quatro ou mais	Arterial I	1	1	13	1166	1443	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Jaguaré	Jaguare 3	1,5	Três	Arterial I	5	5	14	1248	1787	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Pe. Orlando Garcia da Silveira	Joao Paulo I 1	1,2	Três	Arterial II	5	3	12	1441	805	06h00 às 09h00
Joao Paulo I	Joao Paulo I 2	2	Duas	Arterial II	5	5	14	2022	2923	06h00 às 09h00
Miguel Conejo	Joao Paulo I 3	1,3	Duas	Arterial II	4	4	9	1607	1371	06h00 às 09h00
Lins Vasconcelos	Lins Vasconcelos	2,5	Três	Arterial II	8	15	16	1668	1763	17h00 às 20h00
Luis Dumont Villares	Luis Dumont Villares	3,4	Quatro ou mais	Arterial I	8	10	33	3277	4551	06h00 às 14h00
Luis Gama	Luis Gama	1,9	Três	Coletora I	8	11	18	1501	1330	06h00 às 09h00
Mal. Tito	Mal Tito 1	2,9	Duas	Arterial I	7	13	62	7838	13544	05h00 às 09h00 BC e 16h00 às 21h00 CB
	Mal Tito 2	2,6	Três	Arterial I / Arterial II	8	15	47	6544	10430	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
	Mal Tito 3	1,3	Duas	Arterial I	3	6	10	2009	2041	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Marginal Pinheiros	Marg Pinheiros 1	3,5	Quatro ou mais	Arterial I	5	10	17	1516	2941	17h00 às 20h00
	Marg Pinheiros 2	7,9	Quatro ou mais	Arterial I	8	0	46	4658	11517	06h00 às 09h00
	Marg Pinheiros 3	2	Duas	Arterial I / Trânsito Rápido	2	0	16	1233	2210	17h00 às 20h00 e 17h00 às 20h00

Anexo 1 - Divisão dos tramos homogêneos

Faixa prefeitura	Tramos IEMA	Extensão (km)	Faixas de circulação	Hierarquia viária	Paradas	Semáforos	Linhas	Partidas por dia	Quilometragem percorrida na faixa (km/dia)	Horário de funcionamento
	Marg Pinheiros 4	1,9	Quatro ou mais	Trânsito Rápido	0	0	16	1233	2344	17h00 às 20h00
	Marg Pinheiros 5	3,3	Quatro ou mais	Arterial I	6	0	16	1233	2686	17h00 às 20h00
Marginal Tietê	Marg Tiete 1	1,6	Três	Arterial I	3	0	9	605	772	17h00 às 20h00
	Marg Tiete 2	6	Quatro ou mais	Arterial I	10	0	13	1055	3055	06h00 às 09h00
	Marg Tiete 3	3,6	Quatro ou mais	Arterial I	6	0	19	1062	1583	06h00 às 09h00
	Marg Tiete 4	3,4	Quatro ou mais	Arterial I	7	0	14	1302	2192	06h00 às 20h00
Mateo Bei/Rio das Pedras	Mateo Bei 1	3,4	Duas	Arterial II	10	15	22	5012	13579	06h00 às 20h00
	Mateo Bei 2	3,8	Duas	Arterial II	10	12	32	6401	10151	06h00 às 20h00
	Mateo Bei 3	0,8	Duas	Arterial II	2	5	22	3891	2274	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Nagib Farah Maluf	Nagib Farah Maluf	2	Duas	Local / Arterial I	6	2	14	2414	2144	06h00 às 20h00
Nazare	Nazare	2,2	Quatro ou mais	Arterial I / Arterial II	7	9	11	1108	1382	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Nove Julho	Nove Julho	2,9	Três	Arterial I	7	6	20	2502	5549	06h00 às 20h00
Nsa Sra Sabara	Nsa Sra Sabara 1	2,7	Três	Arterial I	9	11	28	4347	10019	06h00 às 22h00
	Nsa Sra Sabara 2	1,3	Três	Arterial I	4	9	14	2275	2773	06h00 às 09h00
Orfanato	Orfanato	1,7	Duas	Arterial II / Coletora I	5	8	16	2751	2962	06h00 às 09h00
Prof Joao Batista Conti	Prof Joao Batista	1,5	Duas	Local / Arterial I	7	4	13	2148	2199	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Radial Leste/ Cde. Frontin	Radial Leste 1	1,7	Três	Arterial I	2	3	36	5439	3731	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
	Radial Leste 2	6,9	Duas	Arterial I	4	9	18	2945	5864	05h00 às 09h00 BC e 16h00 às 21h00 CB
	Radial Leste 3	1,5	Três	Arterial I	2	3	20	2668	3003	05h00 às 09h00 BC e 16h00 às 21h00 CB
	Radial Leste 4 (2013)	1,5	Quatro ou mais	Arterial I	0	1	22	1635	2318	06h00 às 09h00
Ragueb Chohfi	Ragueb Chohfi 1	2,4	Duas	Arterial I / Arterial II	6	9	28	4970	7888	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
	Ragueb Chohfi 2	0,9	Três	Arterial I	3	7	24	5108	4029	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Raimundo Pereira de Magalhães	Raimundo Pereira Magalhães 1	3,8	Três	Arterial I / Arterial II	2	3	24	4135	1994	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
	Raimundo Pereira Magalhães 2	3,2	Duas	Arterial I / Arterial II	8	5	19	2565	7542	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Rio Pequeno	Rio Pequeno	1,8	Duas	Coletora I	8	7	17	1568	2376	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 21h00 CB
Rótula Central	Rotula Central 1	1,3	Quatro ou mais	Arterial I	4	10	31	1626	1506	06h00 às 22h00
	Rotula Central 2	0,9	Quatro ou mais	Arterial I / Arterial II	3	7	62	3717	1441	06h00 às 22h00
	Rotula Central 3	1,1	Três	Arterial I	3	5	28	1712	1250	06h00 às 22h00
Sao Miguel	Sao Miguel	1,4	Duas	Arterial I / Arterial II	4	6	29	3871	5010	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Sapopemba	Sapopemba 1	4,6	Duas	Arterial II	11	12	18	3409	9384	06h00 às 09h00 BC e 17h00 às 20h00 CB
Silva Bueno	Silva Bueno	2,4	Três	Arterial II	7	16	16	1524	2137	17h00 às 20h00
Sumare	Sumare	3,6	Quatro ou mais	Arterial I	10	15	17	3276	4263	06h00 às 20h00
Vila Ema	Vila Ema	3,6	Duas	Arterial II	13	10	15	2277	5797	06h00 às 09h00
Zaki Narchi	Zaki Narchi	1,3	Quatro ou mais	Arterial I	5	6	18	1847	874	06h00 às 20h00

Para mais informações, acesse:
energiaambiente.org.br/publicacoes