

Avaliação do impacto da  
implementação da fase P-8  
do PROCONVE para a frota  
de veículos pesados na  
saúde pública com sua  
respectiva valoração  
econômica em seis regiões  
metropolitanas brasileiras

Evangelina Vormittag  
Paulo Afonso de André  
Juliana Delgado  
Patricia Ferrini Rodrigues  
Paulo Saldiva



Instituto Saúde e Sustentabilidade & Instituto Clima e Sociedade

Avaliação do impacto da implementação da fase P-8 do PROCONVE para a frota de veículos pesados na saúde pública com sua respectiva valoração econômica em seis regiões metropolitanas brasileiras / Evangelina da M. P. A. de Araujo Vormittag; Paulo Afonso de André; Juliana Aparecida da Silva Delgado; Patricia Ferrini Rodrigues; Paulo Hilário Nascimento Saldiva – São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade & Instituto Clima e Sociedade – 2019.

126 f.

1. PROCONVE – 2. Poluição atmosférica – 3. Material particulado – 4. Saúde – 5. Transporte

## **INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE**

O Instituto Saúde e Sustentabilidade é organização da sociedade civil de interesse público que atua para propiciar a melhoria da saúde e da qualidade de vida nas cidades por meio de produção de pesquisas, da transformação do conhecimento científico em informação acessível, do incentivo à mobilização social e da construção de políticas públicas.

Av. Brigadeiro Luís Antônio, 278 – sala 10  
CEP: 01318-901 – Bela Vista, São Paulo/SP  
55 11 3759 0472 | comunicacao@saudeesustentabilidade.org.br  
www.saudeesustentabilidade.org.br

## **INSTITUTO CLIMA E SOCIEDADE**

O Instituto Clima e Sociedade (iCS) é uma organização filantrópica que promove prosperidade, justiça e desenvolvimento de baixo carbono no Brasil. Funciona como uma ponte entre financiadores internacionais e nacionais e parceiros locais. Assim, é parte de uma ampla rede de organizações filantrópicas dedicadas à construção de soluções para a crise climática.

Rua General Dionísio, 14  
CEP 22271-050 – Humaitá, Rio de Janeiro/RJ  
55 21 3197-6580 | comunicacao@climaesociedade.org  
www.climaesociedade.org



Avaliação do impacto da implementação da fase  
P-8 do PROCONVE para a frota de veículos  
pesados na saúde pública com sua respectiva  
valoração econômica em seis regiões  
metropolitanas brasileiras

**Instituto Saúde e Sustentabilidade**  
**Instituto Clima e Sociedade**

Evangelina da M. P. A. de Araujo Vormittag

Paulo Afonso de André

Juliana Aparecida da Silva Delgado

Patricia Ferrini Rodrigues

Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Agradecemos o financiamento desta pesquisa, fornecido pelo Instituto Clima e Sociedade. Os autores agradecem as contribuições de Cristiano Façanha (International Council on Clean Transportation, ICCT), no que tange às informações concedidas sobre o cenário do estudo proposto como parte da metodologia adotada para a elaboração desta pesquisa, tal qual o da pesquisa intitulada “Análise de Custo –Benefício da Norma P-8 de Emissões de Veículos Pesados no Brasil”, publicada pelo ICCT em 2016.

## Resumo

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP24), em Katowice, Polônia, a Organização Mundial da Saúde expôs que os benefícios para a saúde compensam os custos relativos ao cumprimento das metas do Acordo de Paris. É possível se obter estimativas reais dos efeitos das ações de mitigação das mudanças climáticas contabilizando o número de vidas salvas e a redução do adoecimento de acordo com a melhoria na qualidade do ar. Segundo o *International Council on Clean Transportation*, ICCT, a frota de veículos pesados, caminhões e ônibus representa 5% da frota rodoviária no Brasil e é responsável por 88% das emissões de NO<sub>x</sub> e 89% das emissões de MP<sub>2,5</sub>. Em 2018, a Organização Panamericana de Saúde anunciou 51 mil mortes no país devido à poluição do ar. No Brasil, uma das principais e exitosas medidas para o controle da poluição atmosférica foi a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, o PROCONVE, instituído em 1986, responsável pela redução de 90% de poluentes nos seus primeiros 15 anos. Recentemente, o programa foi revisado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e aprovada a implementação da nova fase P8 (correspondente à norma europeia Euro 6) apenas a partir de 2023, ao invés de 2020, como inicialmente proposto – já muito atrasado em relação aos países da Europa, Estados Unidos, México, Chile, China e Índia. O presente estudo, de um lado, avaliou o impacto da implementação da Fase P-8 na frota de veículos pesados (frota de ônibus e/ou de caminhões pesados) para a saúde pública (mortalidade e morbidade) e o DALY (*Disability Adjusted Life Years*), com suas respectivas valorações econômicas - a partir de 2023 até 2050, em seis regiões metropolitanas brasileiras, e, de outro, o número das internações e a perda prematura de vidas devido à demora de 3 anos da decisão do CONAMA em implementá-la. A pesquisa traz resultados surpreendentes: observam-se 148.048 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de P-8 (Euro 6) em ambas as frotas somadas, ônibus e caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$63,4 bi (bilhões de reais) (ou US\$221,1 bi), contabilizados entre os anos 2023 a 2050. Considerando apenas a frota de caminhões pesados, observam-se 95.113 vidas salvas (64% de vidas salvas de toda a frota), a um custo evitado em perda de produtividade de R\$40,7 bi ou (US\$142 bi), cerca de 80% a mais das vidas salvas quando implementada P-8 apenas para a frota de ônibus - 52.935

vidas salvas (35,7%) com um custo evitado de R\$ 22,7 BI (ou US\$ 79,1 BI). Observa-se para as seis RMs a soma de 145.295 internações públicas e privadas evitadas devido à implementação de P-8 em ambas as frotas somadas, ônibus e caminhões pesados, e uma economia em gastos públicos (Sistema Único de Saúde) e privados (Sistema de Saúde Suplementar) de R\$539 mi (milhões) (ou US\$1,8 bi), contabilizados entre os anos de 2023 a 2050. Entre as internações evitadas, 85.211 referem-se às internações públicas e 60.174 às privadas, ao custo, respectivamente, de R\$173 mi (ou US\$603,7 mi) e 366 mi (ou US\$ 1,2 bi). Apenas para os caminhões pesados, contabilizam-se 93.338 internações evitadas e uma economia em gastos públicos e privados de R\$346 MI (ou US\$ 1,2 bi). Já para a frota de ônibus, 51.907 internações evitadas, com uma economia em gastos de saúde de R\$192 mi (ou US\$671,8 mi). Estima-se o DALY de 3,5 mi de anos perdidos evitados, a um custo de US\$1,4 a 1,7 trilhão. Em relação aos resultados, comparando-se a determinação da nova fase P-8 vigorar apenas a partir de 2023 – ao invés de 2020, isto custará a vida de 9.939 mil brasileiros e 9.732 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$4,6 bi (ou US\$16 bi) e R\$36 mi (ou US\$125,3 mi). Ambas as situações são bons exemplos da dualidade da responsabilidade e da ética que envolvem as decisões de gestores públicos perante vidas humanas.

## Abstract

During the United Nations Climate Change Conference (COP24) in Katowice, Poland, the World Health Organization stated that the health benefits outweigh the costs of meeting the targets of the Paris Agreement. It is possible to obtain real estimates of the effects of climate change mitigation actions by counting the number of lives saved and the reduction of illnesses due to the improvement in air quality. According to the International Council on Clean Transportation (ICCT), the fleet of heavy vehicles, trucks and buses represent 5% of the road fleet in Brazil and account for 88% of MP<sub>2.5</sub> emissions and 89% of NO<sub>x</sub> emissions. In 2018, the Pan American Health Organization announced 51,000 deaths in the country due to air pollution. In Brazil, one of the main and successful measures to control air pollution was the creation of the Program for the Control of Air Pollution by Automotive Vehicles, PROCONVE, established in 1986, responsible for the reduction of 90% of pollutants in its first 15 years. Recently, the program was reviewed by the National Environment Council (CONAMA) and approved the implementation of the new phase P8 (corresponding to the European standard Euro 6) only from 2023, instead of 2020, as originally proposed - already long overdue in relation to the countries of Europe, the United States, Mexico, Chile, China and India. The present study, on the one hand, evaluated the impact of the implementation of Phase P-8 on the fleet of heavy vehicles (bus fleet and / or heavy trucks) for public health (mortality and morbidity) and DALY (Disability Adjusted Life Years), with their respective economic valuations - from 2023 to 2050 in six Brazilian metropolitan regions, and, on the other, the number of hospitalizations and the premature loss of lives due to the 3-year delay of CONAMA's decision to implement it. The survey yields surprising results - 148,048 deaths prevented or lives saved due to the implementation of P-8 (Euro 6) in both the combined fleets, buses and heavy trucks, at a cost avoided in loss of productivity of US\$221.1 bi (billions) recorded between 2023 and 2050. Considering only the heavy truck fleet, 95,113 saved lives (64% of the entire fleet) were observed at a cost avoided in lost productivity of US\$142 bi, about 80% more than the lives saved when P-8 was implemented only for the bus fleet - 52,935 lives saved (35.7%) due to an avoided cost of US\$79.1 billion. For the six Metropolitan Regions (RMs), the sum of 145,295 public and private hospitalizations avoided due to the implementation of P-8 in both fleets, buses and heavy trucks, an

economy in public (Unified Health System) and private (Supplementary Health System) of US\$1.8 bi recorded between 2023 and 2050. Among the avoided hospitalizations, 85,211 refer to public hospitalizations and 60,174 to private ones at a cost of US\$603.7 mi and US\$1.2 bi, respectively. Heavy trucks account for 93,338 hospitalizations avoided with an economy in public and private expenses of US\$1.2 bi. As for the bus fleet, 51,907 avoided hospitalizations accounts for savings in health expenses of US\$671.8 mi. It is estimated that DALY 3.5 mi of lost years averted at a cost of US\$1.4 to 1.7 trillion. Regarding to the results, comparing the determination of the new P-8 phase to be effective only from 2023 - instead of 2020, it will cost the lives of 9,939 thousand Brazilians and 9,732 hospital admissions, public and private, accounting, respectively, by the loss of US\$ 16 BI and US\$125.3 mi. Both are good examples of the duality of responsibility and ethics that involve the decisions of public managers in the face of human lives.



## Índice de Ilustrações

### Figuras

<b>Figura 1.</b> Principais riscos modificáveis por número de mortes em 1990 e 2013 .....	16
<b>Figura 2.</b> Percentagem do total de mortes devido à poluição do ar por regiões do mundo.....	17
<b>Figura 3.</b> Tempo de expectativa de vida perdido por pessoa.....	18
<b>Figura 4.</b> Densidade demográfica e média anual de $MP_{2,5}$ nos municípios que possuem monitoramento do ar no Estado de SP .....	22
<b>Figura 5.</b> Densidade demográfica e média anual de $MP_{2,5}$ nos municípios que possuem monitoramento do ar no Estado do RJ.....	23
<b>Figura 6.</b> Participação do transporte rodoviário.....	28
<b>Figura 7.</b> Emissões totais em MtCO <sub>2</sub> no Brasil em 2016 por setor.....	29
<b>Figura 8.</b> Emissões de CO <sub>2</sub> equivalente por categoria de veículos ou por tipo de combustível....	30
<b>Figura 9.</b> Emissões de NO <sub>x</sub> por categoria de veículos e por tipo de combustível.....	31
<b>Figura 10.</b> Emissões de MP por categoria de veículos e por tipo de combustível.....	32
<b>Figura 11.</b> Redução de emissões em veículos pesados por fases do PROCONVE .....	37
<b>Figura 12.</b> Cronograma para padrões adotados de emissões pesadas em vários países (todas as vendas e registros).....	38
<b>Figura 13.</b> Absorção de partículas de material particulado no organismo humano .....	49
<b>Figura 14.</b> Evolução da frota circulante de ônibus separada por fases do PROCONVE .....	56
<b>Figura 15.</b> Evolução da frota circulante de caminhões separada por fases do PROCONVE .....	57
<b>Figura 16.</b> Mortes prematuras anuais evitadas com a implementação da norma P-8 em 2010 (barras em cor preta) e 2023 (barras em cor azul).....	91
<b>Figura 17.</b> Benefícios e custos cumulativos da norma P-8 (2018-2048) .....	101
<b>Figura 18.</b> Emissões de MP e NO <sub>x</sub> de acordo com o ano de transição da frota de ônibus de São Paulo, nos cenários de aquisição de transição para Euro 6. As estimativas para 2027 são mostradas em cinco cenários, a partir de 2023, 2022, 2021, 2020 ou 2019.....	104
<b>Figura 19.</b> Mudanças nas emissões de escapamento de CO <sub>2</sub> fóssil (g/km) para alternativas de motor de ônibus de transporte coletivo urbano e combinações de combustível em relação aos ônibus a diesel P-5 e P-7 utilizando combustível B7. ....	106
<b>Figura 20.</b> Mudanças projetadas na composição da frota (painel superior) e nas emissões (painel inferior) para um cenário de aquisições em que as metas de redução intermediária e final são alcançadas por meio da aquisição de tecnologias de ônibus a diesel Euro VI e livres de combustível fóssil. Para as reduções de emissões de MP e NO <sub>x</sub> , o intervalo de estimativas reflete o desempenho	

ligeiramente melhor das opções de ônibus elétricos a bateria de emissão zero em comparação com os motores a combustão interna com certificação Euro 6.....107

## Gráficos

**Gráfico 1.** Projeção do Volume de Óbitos dos Capítulos I ao XVI - Regiões Metropolitanas selecionadas - 2020 a 2050..... 65

**Gráfico 2.** Projeção do número de internações hospitalares públicas e privadas das morbidades Cardiovasculares, Respiratórias e Neoplasias, para grupos etários selecionados e Regiões Metropolitanas selecionadas - 2020-2050..... 65

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Média diária anual de $MP_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) por Região Metropolitana e fontes.....	25
<b>Tabela 2.</b> Eventos em Saúde - Mortalidade e Morbidade e seus custos das seis RMs e de cada RM separadamente devido à poluição por MP de todas as fontes e apenas frota de transporte público –diesel (ônibus) .....	26
<b>Tabela 3.</b> Limites de emissão de poluentes para veículos pesados .....	39
<b>Tabela 4.</b> Concentração média diária anual de $MP_{10}$ (expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), por RM, ano de referência e fonte da informação .....	51
<b>Tabela 5.</b> Concentrações médias diárias anuais de $MP_{10}$ na RMSP de 2013 a 2017, conforme relatório de CETESB (2018), expressas em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	52
<b>Tabela 6.</b> Concentrações médias diárias anuais de $MP_{10}$ e $MP_{2,5}$ nas RM de São Paulo, e valores apurados para as RMs do Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Porto Alegre e Curitiba, para o ano de 2017, expressas em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	52
<b>Tabela 7.</b> Participação das fontes e combustíveis no $MP_{10}$ conforme Tabela 16 da página 62 do Relatório da CETESB (2018) e ponderação da participação com a exclusão da fonte de ressuspensão do solo .....	54
<b>Tabela 8.</b> Contribuição percentual na emissão ambiental de $MP_{10}$ e $MP_{2,5}$ pelas fontes diesel de ônibus e de caminhões pesados, referente a 2017 .....	54
<b>Tabela 9.</b> Desfechos mórbidos a serem considerados na avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde, por faixas etárias de interesse .....	58
<b>Tabela 10.</b> Coeficientes de regressão adotados para o cálculo de risco de morbidade para exposição a material particulado inalável fino, $MP_{2,5}$ , a partir dos estudos selecionados e considerando a relação entre $MP_{2,5}$ e $MP_{10}$ de 60% .....	59
<b>Tabela 11.</b> Taxa de Cobertura de planos de Saúde Assistência Médica - ANS por RM e total no país, em dezembro de 2016 .....	62
<b>Tabela 12.</b> Mortes EVITADAS nas seis regiões metropolitanas devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas, com sua respectiva valoração econômica, entre os anos 2023 a 2050 .....	71
<b>Tabela 13.</b> Morbidade total (internações hospitalares públicas e privadas) EVITADAS nas seis regiões metropolitanas devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas, com sua respectiva valoração econômica, entre os anos 2023 a 2050 .....	74

<b>Tabela 14.</b> Morbidade - internações hospitalares públicas e privadas separadas – EVITADAS - nas seis regiões metropolitanas devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas, com sua respectiva valoração econômica, entre os anos 2023 a 2050 .....	78
<b>Tabela 15.</b> Impacto em Mortalidade e Morbidade (internações públicas e privadas) EVITADAS para as seis RMs e seus respectivos custos devido à implementação do Euro 6 para ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a partir de 2023, comparado a 2020 – e o resultado desta perda (menos vidas salvas e menor número de internações) .....	81
<b>Tabela 16.</b> Impacto em Mortalidade e Morbidade (internações públicas e privadas) para as seis RMs e seus respectivos custos devido à implementação do Euro 6 para a frota de caminhões pesados, a partir de 2023, comparado a 2020 – e o resultado desta perda (menos vidas salvas e menor número de internações) .....	82
<b>Tabela 17.</b> Impacto em Mortalidade e Morbidade (internações públicas e privadas) para as seis RMs e seus respectivos custos devido à implementação do Euro 6 para a frota de ônibus, a partir de 2023, comparado a 2020 – e o resultado desta perda (menos vidas salvas e menor número de internações) .....	83
<b>Tabela 18.</b> Mortalidade evitada e seus respectivos custos - para os dois cenários: os resultados a implementação do Euro 6 em 2020 e em 2023; para cada RM e a somatória dos dados das 6 RMs; e de acordo com a frota. ....	84
<b>Tabela 19.</b> Morbidade evitada e seus respectivos custos - para os dois cenários: os resultados a implementação do Euro 6 em 2020 e em 2023; para cada RM e a somatória dos dados das 6 RMs; e de acordo com a frota. ....	85
<b>Tabela 20.</b> Impacto em Mortalidade evitada para cada RM e a soma das seis RMs e seus respectivos custos; devido à implementação do Euro 6 – e para cada tipo de frota; a partir de 2023, comparado a 2020; e o resultado desta perda (menos vidas salvas). ....	86
<b>Tabela 21.</b> Impacto em Morbidade (internações públicas e privadas) para cada RM e a soma das seis RMs e seus respectivos custos; devido à implementação do Euro 6 – e para cada tipo de frota; a partir de 2023, comparado a 2020; e o resultado desta perda (menor número de internações). ....	87
<b>Tabela 22.</b> RMSP: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota .....	90
<b>Tabela 23.</b> RMRJ: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.....	92

<b>Tabela 24.</b> RMBH: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota. ....	93
<b>Tabela 25.</b> RMVI: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.....	94
<b>Tabela 26.</b> RMC: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.....	95
<b>Tabela 27.</b> RMPA: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota. ....	96
<b>Tabela 28.</b> Número de anos perdidos evitados: por morte precoce (YLL), por incapacidade (YDL) e por ambos somados: o DALY; por RM e pelas seis somadas, para a frota de ônibus e caminhões pesados. ....	97
<b>Tabela 29.</b> Valoração do DALY por VVE (US\$ 0.41 – 0,49 milhões) .....	97

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	16
1 OBJETIVOS .....	41
2 HIPÓTESES .....	42
3 METODOLOGIA .....	43
3.1 Ambiente do estudo .....	43
3.2 Desenho básico do estudo .....	45
3.3 Método Ambiental.....	48
3.3.1 O Material Particulado .....	48
3.3.1.1 O Roteiro de Cálculo .....	49
3.3.1.2 Descrição das etapas .....	50
3.3.2 Método Epidemiológico.....	58
3.3.2.1 Impacto em Morbidade .....	58
3.3.2.2 Impacto em Mortalidade.....	59
3.3.2.3 Cálculos do impacto em saúde.....	60
3.3.2.4 Dados demográficos .....	61
3.3.2.5 Fontes de dados.....	61
3.3.2.6 Hipóteses e parâmetros utilizados .....	62
3.3.2.7 Anos de vida perdidos .....	66
3.3.3 Método Econômico .....	67
3.3.3.1 Valoração das internações hospitalares .....	68
3.3.3.2 Valoração da morte.....	68
3.3.3.3 Valoração dos anos de vida perdidos (DALY) .....	68
4 RESULTADOS.....	71
4.1 Mortalidade e Morbidade.....	71

4.2	PROCONVE - Definição da nova fase P8 .....	80
4.3	DALY .....	97
5	DISCUSSÃO .....	98
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
	REFERÊNCIAS .....	114
	ANEXO.....	124

## INTRODUÇÃO

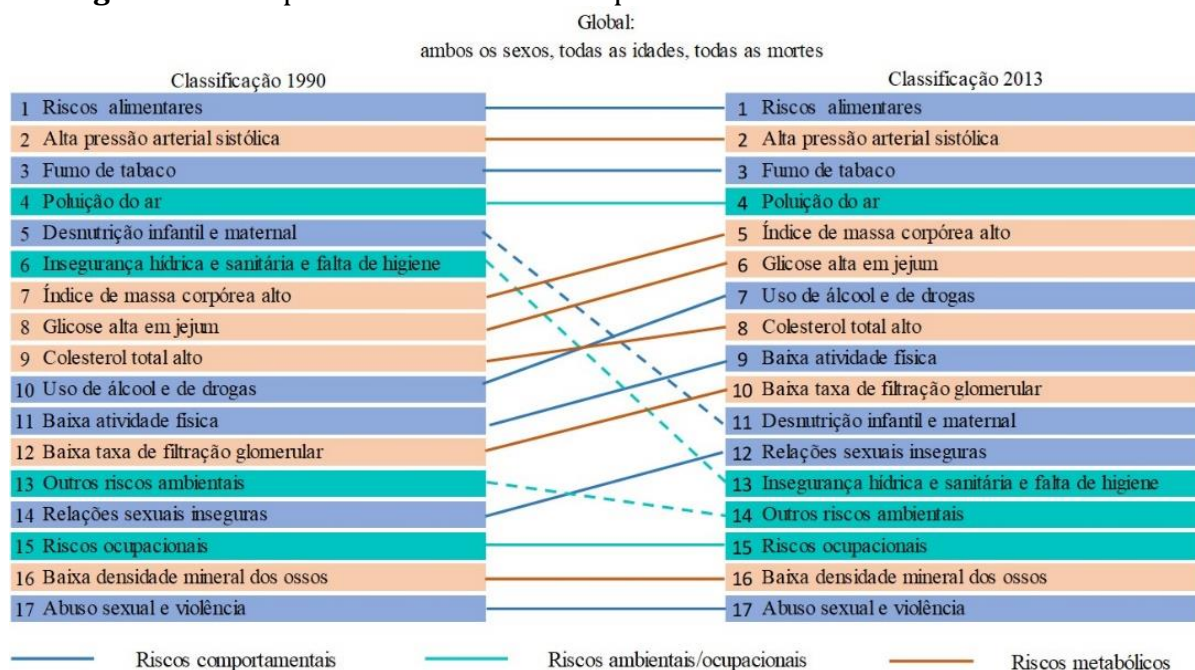
### A Poluição do Ar e Saúde

A crescente preocupação com a magnitude dos impactos da poluição do ar na saúde humana tem tornado a poluição atmosférica tema alvo de estudos de intervenção em cidades para a definição de políticas públicas que reduzam a morbimortalidade, razão para o desenvolvimento deste estudo.

A Organização Mundial de Saúde, OMS, estima que mais de 92% da população do mundo mundial esteja exposta aos riscos da poluição do ar interna e externa todos os dias, e cause cerca de 1 a cada 10 mortes no mundo (o que significa 11,6% das mortes a nível global). (OECD, 2016; OPAS, 2018a; WHO, 2018).

Ressalta-se que a poluição do ar está entre os quatro maiores riscos modificáveis relacionado à mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis – antes dela, encontram-se apenas o risco alimentar, pressão arterial e tabagismo (OECD, 2016). Como ilustra a **Figura 1**. Ademais, é líder em adoecimento e mortes por causas ambientais, ultrapassando as doenças causadas por água insalubre e por vetores.

**Figura 1.** Principais riscos modificáveis por número de mortes em 1990 e 2013



Fonte: adaptado de OECD (2016).



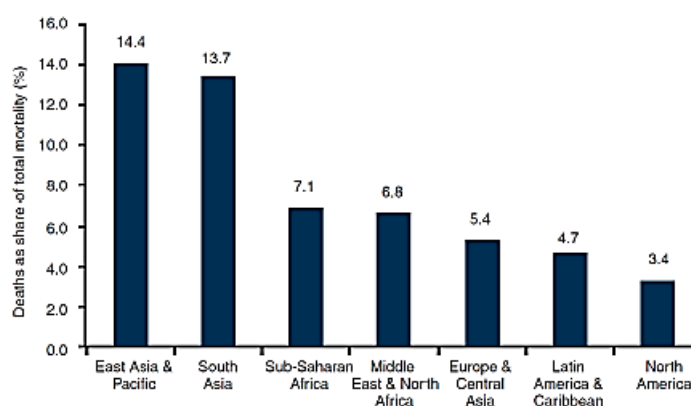
Estima-se que cerca de 120 em cada 100.000 pessoas morra prematuramente pelos efeitos da poluição atmosférica (aproximadamente 9.3 milhões de pessoas). Por comparação, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que a mortalidade prematura causada pelo tabaco (incluindo fumantes passivos) seja de 7.2 milhões de pessoas. Consequentemente, a poluição do ar representa um risco similar ou maior ao tabagismo, porém fumar é uma decisão pessoal, enquanto estar exposto ao ar poluído não. (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT, 2019).

Os dados da OMS podem, entretanto, estar subestimados, como mostram Burnett et al (2018). Usando dados de mortalidade não acidental de 41 estudos em 16 países, os pesquisadores concluem que a mortalidade devida à poluição do ar interior e exterior poderia ser até 30% maior em escala global.

A exposição à poluição atmosférica estava associada a 4,1% de todas as mortes em países de alta renda em 2013, onde a porcentagem de mortes tem diminuído desde 1990. A Figura 2 aponta, nas regiões do mundo, as altas porcentagens dos números de mortes relacionadas à poluição atmosférica em 2013 (THE WORLD BANK, 2016).

**Figura 2.** Percentagem do total de mortes devido à poluição do ar por regiões do mundo

**FIGURE 2.3** Percentage of Total Deaths from Air Pollution by Region, 2013



Fonte: The World Bank (2016).

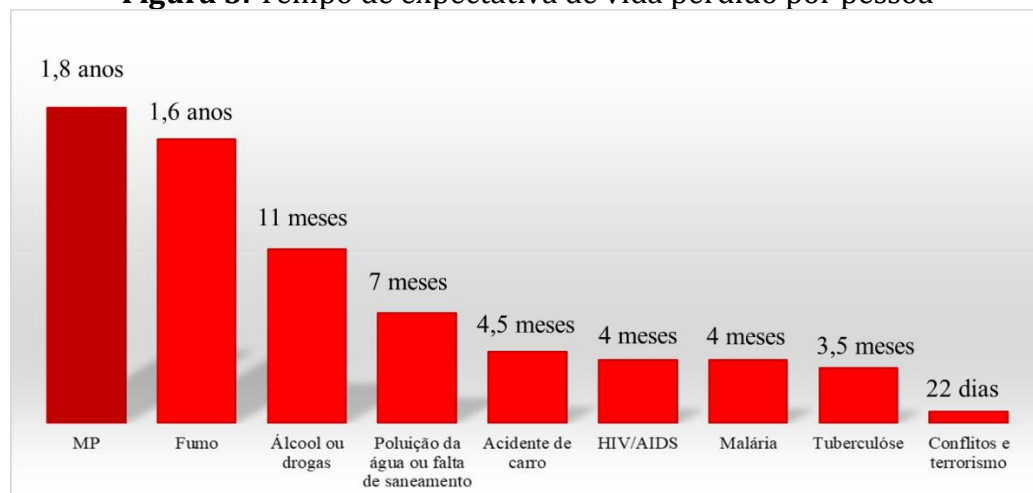
Contudo, observa-se em outras regiões, a porcentagem de mortes relacionadas ao  $MP_{2,5}$  aumentou entre 1990 e 2013: i) de 2,3 % a 3,5% em países de baixa renda, ii) de 4% a 5,1% em países de renda média baixa e iii) de 5,7% a 7,4% em países de renda média alta. Quase 90% das mortes relacionadas à poluição do ar ocorrem em países de baixa e

média renda; duas em cada três mortes ocorrem no Sudeste Asiático e no Pacífico Ocidental. A situação é mais agravante quando se compara as mortes por doenças respiratórias em crianças menores de 5 anos, podendo ser sessenta (60) vezes maior em países de baixa renda, em comparação a países de alta renda (THE WORLD BANK, 2016).

Na Índia - um dos países com os maiores níveis de poluentes atmosféricos - a poluição do ar foi responsável por 8% do total de doenças e por 11% das mortes prematuras em pessoas com menos de 70 anos no país (OPAS, 2018b; REDDY e ROBERTS, 2019; WHO, 2018).

Um estudo realizado pela Universidade de Chicago mostrou que, entre 1998 a 2016, a expectativa de vida da população global diminuiu 1 ano e 8 meses em decorrência de doenças relacionadas à poluição do ar. Ademais, apontou que as doenças causadas devido à poluição por MP diminuem a expectativa de vida em mais tempo do que o fumo, o uso de álcool e drogas, poluição da água, acidentes de trânsito, AIDS e malária (GREENSTONE&FAN, 2018). A Figura 3 a seguir ilustra essa perspectiva.

**Figura 3.** Tempo de expectativa de vida perdido por pessoa



Fonte: adaptado de GREENSTONE; FAN (2018).

As consequências da poluição do ar para a saúde mostram dados alarmantes segundo a OPAS. Por contribuir globalmente com a alta prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, a contaminação do ar está associada a 44% das mortes por doenças do coração; 15% das mortes por acidentes vasculares cerebrais (derrames encefálicos); 35% das mortes por doenças respiratórias; 6% das mortes por câncer de pulmão e 50% dos casos de pneumonia em crianças (OPAS, 2018a). Dados similares são apontados pela

OMS, em 2018, e pelos pesquisadores REDDY e ROBERTS, em 2019 – que relacionam a associação do ar tóxico, respectivamente a: 26% e 22% das mortes por doenças cardiovasculares; 24% e 25% das mortes por derrames encefálicos; 43% e 53% das mortes por doenças pulmonares obstrutivas crônicas e 29% e 40% das mortes por câncer de pulmão (WHO, 2018; REDDY e ROBERTS, 2019).

A presença dos particulados no ar pode ter contribuído para casos de morbidade e mortalidade em 43% dos casos na Áustria, 56% na França, e 53 % na Suíça. (TURRIO-BALDASSARRI et al., 2006).

Salienta-se que os efeitos adversos dos poluentes atmosféricos se manifestam com maior intensidade em crianças, idosos, indivíduos portadores de doenças respiratórias e cardiovasculares crônicas e, especialmente, nos segmentos da população mais desfavorecidos do ponto de vista socioeconômico (WHO, 2006). Os pesquisadores evidenciaram que a emissão de poluentes atmosféricos é diretamente proporcional ao consumo de bens e serviços dos americanos brancos, que por sua vez é inversa à inalação de poluentes pelos americanos negros e hispânicos (TESSUM et al; 2019).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), a poluição do ar é responsável pela morte de aproximadamente 600.000 crianças com menos de 5 anos de idade em todo o mundo, por ano, e aumenta o risco de infecções respiratórias, asma, condições neonatais adversas e anomalias congênitas. Em relação à pneumonia, a poluição do ar representa mais de 50% da sua carga global, sendo essa uma das principais causas de mortalidade infantil a nível global. Além disso, crescem as evidências das implicações da poluição do ar no desenvolvimento cognitivo infantil e a indução precoce do desenvolvimento de doenças crônicas para a idade adulta (OPAS, 2018b).

Associa-se à poluição do ar, originada dos escapamentos de veículos motorizados, por exemplo, ao aumento da prevalência global de asma, entre 11 e 14% das crianças de 5 anos de idade em todo o mundo. Ademais ressaltam que 44% dos fatores que contribuem para o desenvolvimento da doença ocorram por exposições ambientais (OPAS, 2018).

Além do risco à saúde humana e à redução da expectativa de vida, a poluição atmosférica também é um fator que afeta o desenvolvimento econômico das cidades, uma vez que prejudica a qualidade de vida, diminui a capacidade produtiva da população, além

dos custos despendidos nos serviços de saúde por doenças atribuídas (THE WORLD BANK, 2016).

Estima-se, nos países da União Europeia, que os custos diretos da poluição do ar estiveram em torno de US\$25 bilhões em 2010 e os custos de saúde, direta ou indiretamente relacionados a poluição do ar foram de US\$1.025 bilhão em 2010 para os países da União Europeia (IGU, 2016).

A Organização das Nações Unidas, ONU, estabeleceu como objetivos para 2019 a ampliação do atendimento de saúde e da promoção de bem-estar para 1 bilhão de pessoas do mundo a mais. Para tanto a ONU elencou as 10 prioridades para atuação, sendo a primeira delas: a poluição do ar e mudanças climáticas; e a segunda, as doenças crônicas não transmissíveis, que são a primeira causa de adoecimento e mortalidade no mundo, parte delas causada pela poluição atmosférica.

Nota-se que a primeira prioridade da lista se refere à poluição do ar e mudanças climáticas, pois além dos impactos diretos na saúde, a principal causa de poluição do ar - a queima de combustíveis fósseis - também é um grande impulsionador da mudança climática - trata-se de um dos principais fatores que contribuem para as mudanças climáticas nas cidades, que implica em impactos na saúde das pessoas de várias maneiras. Estima-se que entre 2030 e 2050 cerca de 250 mil mortes ao ano serão causadas em decorrência das mudanças climáticas (ONUBR, 2019).

### **Mudança do Clima e Saúde**

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP24) em Katowice, Polônia, a OMS expôs, em relatório, a estimativa de que um milhão de vidas em todo o mundo por ano poderiam ser salvas até 2050 se as metas definidas no Acordo de Paris fossem cumpridas (ONUBR, 2019).

Para a organização, ações de mitigação de gases efeito estufa (GEE<sup>1</sup>) nas cidades trazem co-benefícios imediatos em saúde. É possível se obter estimativas reais dos efeitos

---

<sup>1</sup> Gases de Efeito Estufa (GEEs) são constituintes gasosos, naturais ou antrópicos, que, na atmosfera, absorvem e reemitem a radiação infravermelha, possibilitando que a Terra se mantenha aquecida. O efeito estufa é um fenômeno natural, contudo, o aumento exponencial da emissão desses gases resultaria na conversão de calor para uma fração ainda maior de energia infravermelha gerando um consequente aumento da temperatura média da superfície terrestre. A esse acontecimento deu-se o nome de *aquecimento global* – grande desafio da contemporaneidade, pois estudos têm demonstrado consequências sérias para a vida na Terra se tais emissões não forem controladas.

das ações de mitigação das mudanças climáticas contabilizando o número de vidas salvas e das melhorias na saúde de acordo com a melhora da qualidade do ar (WHO, 2018).

Estudos apontam que em diversos cenários, os benefícios para a saúde compensam os custos relativos aos cumprimentos das metas do Acordo de Paris.

A mesma análise mostra que o valor dos ganhos em saúde seria aproximadamente duas vezes o custo das políticas ou medidas de mitigação. Os maiores ganhos seriam esperados para a China e Índia (WHO, 2018). E para os 15 países mais poluentes, a emissão dos GEE pode custar 4% do seu PIB.

Entre os trabalhos propostos pela OMS, destacam a necessidade de ações mais duras para limitar o aquecimento global e compromissos específicos quanto as medidas e de proteção e mitigação das emissões de carbono e poluentes do ar para a saúde (WHO, 2018).

Evidências científicas e motivos não faltam para a prioridade e estímulo à implementação de políticas públicas que reduzam as emissões de GEE e poluentes tóxicos nas cidades.

### A poluição do ar no Brasil

Em 2018, a OPAS/OMS divulgou que a poluição do ar é responsável, anualmente, por 320 mil mortes nas Américas e 51.000 mortes no Brasil (OPAS, 2018).

As primeiras pesquisas do Instituto Saúde e Sustentabilidade (ISS) avaliaram o impacto em saúde e sua valoração decorrente dos altos níveis de concentração do MP<sub>2,5</sub> nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2013).

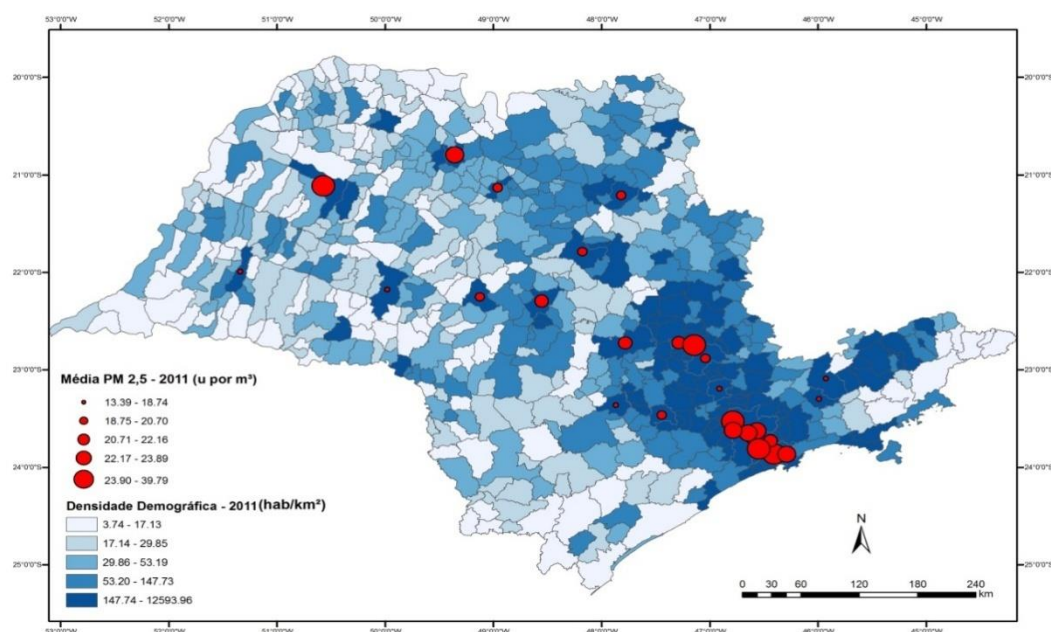
O estudo para o estado de São Paulo analisou o impacto em saúde pública (mortalidade, internações e *DALY - Disability Adjusted Life Years*) e sua valoração para o período de 2006 a 2011. Em 2011, as médias diárias anuais de MP<sub>2,5</sub> dos 29 municípios do estado, sem exceção, foram superiores aos níveis recomendados pela OMS – como ilustra a Figura 4 - e 12 deles, acima da média da cidade de São Paulo: Cubatão, Osasco,

---

O Protocolo de Kyoto determina sete gases cujas emissões devem ser reduzidas: CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono, N<sub>2</sub>O - Óxido nitroso, CH<sub>4</sub> - Metano, CFCs – Clorofluorcarbonetos, HFCs - Hidrofluorcarbonetos, PFCs - Perfluorcarbonetos e SF<sub>6</sub> - Hexafluoreto de enxofre. Sendo o primeiro (CO<sub>2</sub>) o principal e de maiores impacto e importância (ANDRADE, SANTOS, 2009).

Araçatuba, Guarulhos, Paulínia, São Bernardo, Santos, São José do Rio Preto, São Caetano, Americana, Taboão da Serra e Mauá (em ordem decrescente). Ademais, em relação ao estado, em todos os anos do estudo, as médias diárias anuais (excluindo Cubatão) observadas situaram-se entre 2 a 2,5 vezes acima do nível recomendado pela OMS.

**Figura 4.** Densidade demográfica e média anual de MP<sub>2,5</sub> nos municípios que possuem monitoramento do ar no Estado de SP



Fonte: Instituto Saúde e Sustentabilidade (2013).

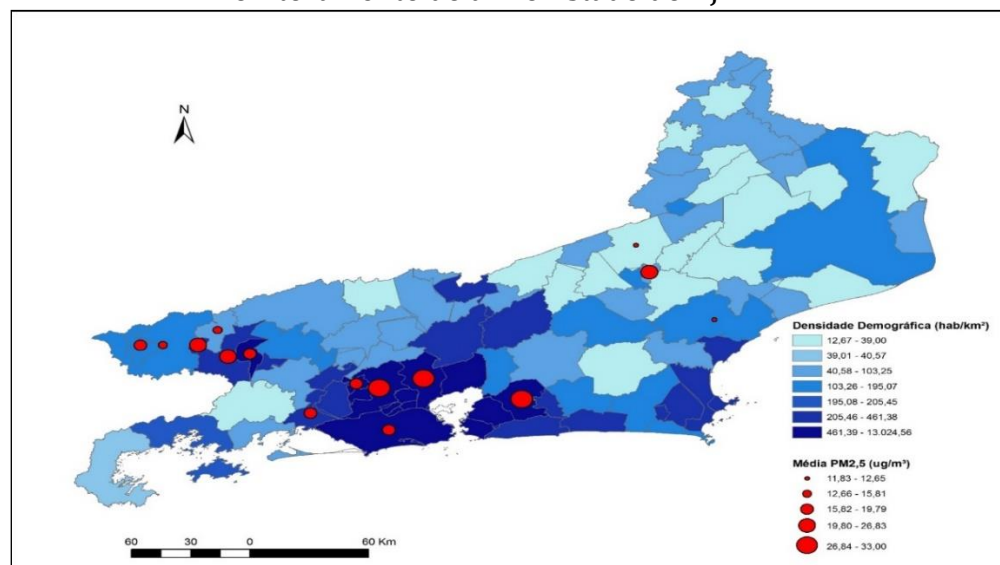
Ao interpretar os dados por regiões metropolitanas ou aglomerados urbanos no Estado, observam-se níveis de poluição similares aos da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com exceção da Baixada Santista, que apresenta níveis de poluição muito mais altos. Em relação à mortalidade, em 2011, o estado de São Paulo apresentou 17.443 mortes, a RMSP e a capital paulista, respectivamente, cerca de 8.000 e 4.655 óbitos. Considerando-se as mortes atribuíveis ao Estado de São Paulo para os seis anos do estudo, de 2006 a 2011, observam-se 99.084 mortes (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2013). Além das mortes, em 2011, observou-se que, para o Estado, houve 68.499 internações públicas atribuíveis ao impacto da poluição do ar (por doenças isquêmicas cardiovasculares e cerebrovasculares, neoplasias do trato respiratório, doenças pulmonares obstrutivas crônicas e infecções de vias aéreas inferiores). O gasto público dessas internações, na cidade de São Paulo foi em torno de R\$31 milhões, correspondendo



a 0,51% do orçamento público para aquele ano. No estado de São Paulo, os gastos públicos e (suplementar) privados de internações pelas mesmas doenças, em 2011, foram respectivamente, em torno R\$76 milhões e R\$170 milhões, totalizando valores em torno de R\$246 milhões.

No estado do Rio de Janeiro, a situação era semelhante (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2014). A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) apresentou os maiores níveis de poluição que as demais analisadas e, inclusive, acima da média do estado. Sob o prisma das cidades, em 2011 e 2012, todos os 15 municípios que compõem a RMRJ apresentaram média anual de  $MP_{2,5}$  acima do nível recomendado pela OMS, sendo que seis destes municípios apresentaram níveis mais poluídos que a cidade do Rio de Janeiro: Duque de Caxias, Itaboraí, Nova Iguaçu, Macuco, Resende e Porto Real (Figura 5). Contabilizaram-se 36.194 mortes (cerca de 14 mortes por dia no ERJ) e 65.102 internações na rede pública de saúde devido a doenças cardiorrespiratórias e câncer de pulmão, cuja valoração alcança um gasto público de R\$82 milhões.

**Figura 5.** Densidade demográfica e média anual de  $MP_{2,5}$  nos municípios que possuem monitoramento do ar no Estado do RJ



Fonte: Instituto Saúde e Sustentabilidade (2013).

Em relação ao DALY, contabilizaram-se 159.422 e 79.149 anos de vida perdidos, respectivamente, nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro em 2011 e 2012 respectivamente.

No estado de São Paulo, morrem mais que o dobro de pessoas por poluição do ar do que por acidentes de trânsito (7.867), quase 5 vezes mais do que câncer de mama (3.620) e quase 6,5 vezes mais que por AIDS (2.922) ou câncer de próstata (2.753) (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2013).

Se houvesse uma redução de 10% de poluentes atmosféricos entre os anos de 2.000 e 2.020, na cidade de São Paulo, haveria uma redução: de 114 mil mortes; de 138 mil visitas de crianças e jovens a consultórios; de 103 mil visitas a prontos-socorros por doenças respiratórias; de 817 mil ataques de asma; de 50 mil casos de bronquite aguda e crônica e evitaria a restrição de 7 milhões de dias de atividades e 2,5 milhões de absenteísmo em trabalho (BELL et al., 2006).







Ademais, a qualidade do ar no Brasil não é satisfatória. Segundo o Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, há 17 anos são registrados no Estado, níveis de 1,5 a 2,5 vezes maiores do que o parâmetro anual de qualidade do ar recomendado para a melhor proteção à saúde pela OMS ( $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). E, pior - em algumas localidades do estado de São Paulo a média anual ultrapassa em até 5 vezes os valores recomendados pela OMS (CETESB, 2016).

No entanto, esta realidade não se restringe apenas aos estados citados, São Paulo e Rio de Janeiro, mas também a outros estados.

O Instituto Saúde e Sustentabilidade estudou a qualidade do ar e o impacto em saúde na população de seis regiões metropolitanas brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Curitiba e Porto Alegre (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018a). As concentrações de  $\text{MP}_{10}$  das regiões variou entre 22 e  $38,6\mu\text{g}/\text{m}^3$  - nota-se todas elas com níveis superiores aos preconizados pela OMS - média diária anual  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ , como demonstrado na Tabela 1 (INEA, 2016; CETESB, 2018 FEAM, 2016; IEMA, 2015; FEPAM, 2016; IAP, 2016).



**Tabela 1.** Média diária anual de  $MP_{10}(\mu g/m^3)$  por Região Metropolitana e fontes

Regiões Metropolitanas	$MP_{10}$ - concentração em $\mu g/m^3$	Dados do último ano disponível	FONTE (Relatório Anual de Qualidade do Ar)	Órgão ambiental estadual
São Paulo – RMSP	31,0	2015	CETESB 2016	 CETESB
Rio de Janeiro – RMRJ	38,6	2015	INEA, 2016	 inea
Belo Horizonte – RMBH	33,0	2013*	FEAM, 2016	 feam FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE
Vitória – RMVI	24,9	2013*	IEMA, 2015	 iema Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Porto Alegre – RMPA	22,4	2015	FEPAM, 2016	 fepam
Curitiba – RMC	22	2013*	IAP, 2016	 IAP INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ

\*Ano base 2013, publicado em Relatório de Qualidade do Ar em 2016

Fonte: elaboração própria

Seguindo a Tabela 2, de acordo com estudo, se a poluição do ar causada pelo  $MP_{2,5}$  mantivesse a mesma desde 2016, seriam contabilizadas, nas seis RMs (coluna 2 da Tabela 2), de 2018 até 2025, 127.919 mortes, 5.989 mortes anuais ou 44 mortes ao dia), a um custo, em perda de produtividade, de R\$51,6 bilhões (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018a). Além da mortalidade, ocorreriam 69.395 internações públicas por doenças respiratórias, cardiovasculares e câncer de pulmão, (8.674 internações públicas anuais ou 24 internações ao dia), a um custo de R\$126,9 milhões para o Sistema Único de Saúde - SUS. Lembrando que as internações públicas representam metade do total no estado de São Paulo (ANS, 2016).

Do total de mortes, 33.751 devem-se às emissões de fonte diesel de transporte público – ônibus exclusivamente ou 4.219 mortes anuais ou 11 mortes ao dia, nas seis RMs. Neste caso, o custo do total das mortes devido ao diesel de transporte público – ônibus é estimado, em perda de produtividade, em R\$13,6 bilhões.

Do total de internações, 19.638 devem-se às emissões de fonte diesel de transporte público – ônibus exclusivamente ou 2.455 internações anuais ou 7 ao dia nas seis RMs. Neste caso, o custo do total das internações públicas pelo SUS devido ao diesel de transporte público – ônibus é estimado em R\$37,2 milhões.

**Tabela 2.** Eventos em Saúde - Mortalidade e Morbidade e seus custos das seis RMs e de cada RM separadamente devido à poluição por MP de todas as fontes e apenas frota de transporte público –diesel (ônibus)

	MORTALIDADE 2018-2025						
DESFECHOS	TOTAL 2018 a 2025	SP	RJ	BH	VI	Curitiba	POA
NÚMERO DE EVENTOS ATRIBUÍVEL AO MP <sub>2,5</sub> EM TODAS AS RMs	127.919	51.367	54.580	12.175	2.236	2.818	4.743
NÚMERO DE EVENTOS ATRIBUÍVEL À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO A DIESEL EM TODAS AS RMs	33.751	13.928	12.179	3.085	840	1.432	2.287
CUSTOS	TOTAL 2018 a 2025	SP	RJ	BH	VI	Curitiba	POA
CUSTOS DOS EVENTOS ATRIBUÍVEIS AO MP <sub>2,5</sub> EM TODAS AS RMs	51.856.035.188	22.321.657.332	21.602.556.493	4.376.211.484	711.797.671	1.203.446.495	1.640.365.715
CUSTO DOS EVENTOS ATRIBUÍVEIS À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO DIESEL EM TODAS AS RMs	13.651.642.369	6.052.441.506	4.820.400.553	1.108.879.286	267.407.987	611.545.915	790.967.122

	MORBIDADE 2018-2025						
DESFECHOS	TOTAL 2018 a 2025	SP	RJ	BH	VI	Curitiba	POA
NÚMERO DE EVENTOS ATRIBUÍVEL AO MP <sub>2,5</sub> EM TODAS AS RMs	69.395	31.812	19.294	8.942	1.477	2.467	5.403
NÚMERO DE EVENTOS ATRIBUÍVEL À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO A DIESEL EM TODAS AS RMs	19.638	8.637	4.310	2.273	557	1.257	2.604
CUSTOS	TOTAL 2018 a 2025	SP	RJ	BH	VI	Curitiba	POA
CUSTOS DOS EVENTOS ATRIBUÍVEIS AO MP <sub>2,5</sub> EM TODAS AS RMs	126.972.288	58.781.259	25.756.139	21.151.317	3.087.388	7.719.983	10.476.201
CUSTO DOS EVENTOS ATRIBUÍVEIS À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO DIESEL EM TODAS AS RMs	37.236.154	15.959.189	5.753.548	21.151.317	1.164.303	3.933.530	5.049.052

Fonte: Instituto Saúde e Sustentabilidade (2018a).

Separadamente, por RM, se a poluição do ar causada pelo MP<sub>2,5</sub> continuasse a mesma desde 2016, seriam contabilizadas: na RMSP (terceira coluna da Tabela 2), de 2018 até 2025, 51.367 mortes, ou seja, 6.421 mortes anuais ou 18 mortes por dia, a um custo, em perda de produtividade, de R\$22,3 bilhões. Dessas, 13.928 mortes são decorrentes das emissões dos ônibus do transporte público movidos à diesel (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018a). Além da mortalidade, ocorreriam 31.812 internações públicas por doenças respiratórias, cardiovasculares e câncer de pulmão, que

se referem a 3.977 internações públicas anuais a um custo de R\$58,7 milhões para o Sistema Único de Saúde - SUS. Lembrando que as internações públicas representam metade do total no estado de São Paulo.

Em relação à RMRJ (coluna 4 da Tabela 2), estima-se 54.580 mortes precoces, ou 6.823 mortes anuais na ou 19 mortes por dia a um custo, em perda de produtividade de R\$ 21,6 bilhões. Além disso, 19.294 internações públicas, a um custo de R\$25,7 milhões para o SUS.

Em Belo Horizonte, seriam registradas 12.175 mortes nos 7 anos ou 4 mortes por dia e 8.945 internações públicas, aos custos respectivos de R\$4,4 bilhões e R\$21,1 milhões. Na RM de Vitória, em Espírito Santo, calculou-se 2.236 mortes precoces a um custo de perda de produtividade de R\$711 milhões e 1.477 internações públicas, aos custos do SUS, em R\$ 3 milhões. Para a RM de Curitiba, 2.818 mortes e 2.467 internações aos custos respectivos de R\$1,2 bilhões e R\$7,7 milhões. E, na RM Porto Alegre contabilizam-se 4.743 mortes precoces e 5.403 internações, que custaram R\$1,64 bilhões e R\$10,47 milhões respectivamente (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018a).

As evidências mundiais e a gravidade dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população são claras, quando se iniciaram há mais de três décadas, então, o foco deve-se ter, como já anunciado pela OMS, ao protagonismo, ações e intervenções que reduzam as emissões atmosféricas e protejam a saúde das populações, principalmente em cidades. Estudo de Pope et al (2009), há 10 anos já havia demonstrado que as reduções das concentrações de particulados finos (MP<sub>2,5</sub>), (POPE et al, 2009) chegariam a expressar 15% de acréscimo na expectativa de vida - um excelente alvo para ações e políticas públicas – e a esperança para a mudança.

### **Políticas Públicas para redução de emissões**

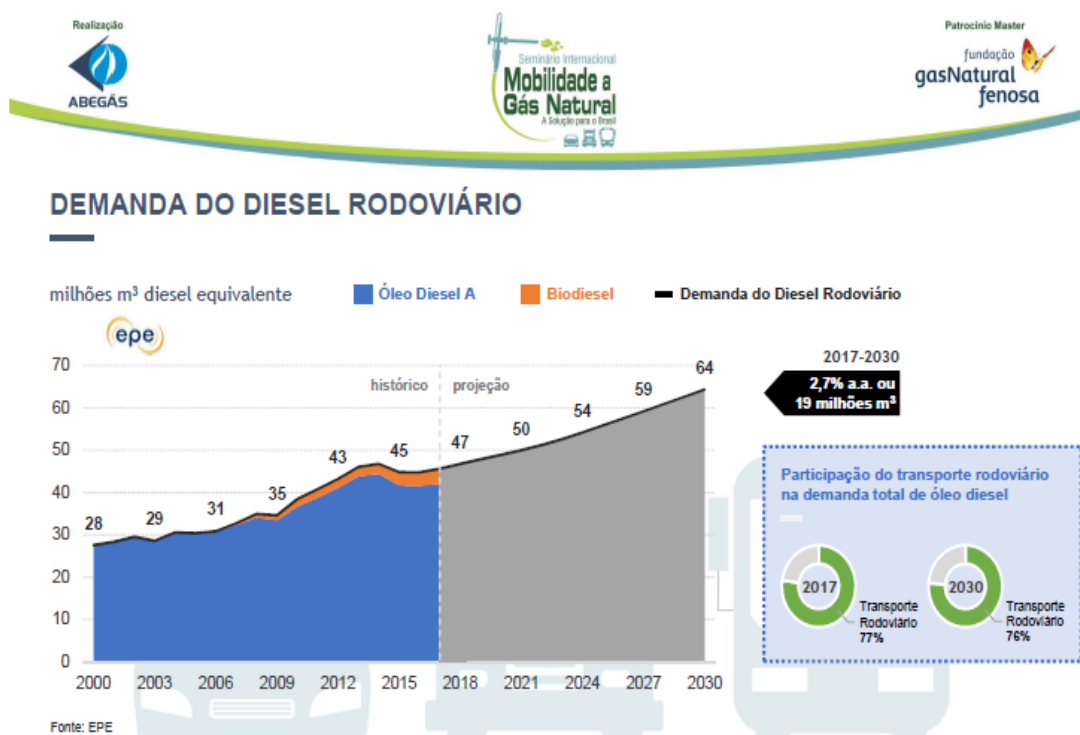
As emissões de gases poluentes derivados dos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis emitem à atmosfera gases como os óxidos de carbono (CO e CO<sub>2</sub>), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), de enxofre (SO<sub>x</sub>) e o material particulado (MP), além de outras substâncias. A emissão desses gases poluentes podem implicar em impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública, como a explanação anterior. Entre os impactos ambientais, pode-se destacar a poluição atmosférica; o aumento do efeito estufa e do aquecimento global; e a acidificação dos rios e das florestas (DRUMM et al., 2014).

O Balanço Energético Nacional completo - BEN 2016 – ano-base 2015, (MME/EPE, 2016) demonstrou que a Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil – energia necessária para mover a economia do país – tem aumentado desde o final do século XX (houve o crescimento relativo na matriz energética, de 51% em 1990 para 58% em 2015). Há uma predominância das fontes de energia de origem fóssil (não renováveis), sendo o petróleo a fonte primária de maior importância (37%), embora em diminuição nos últimos dois anos constatados, 2014 e 2015 (IEMA, 2017).

A produção industrial e o transporte respondem por aproximadamente 65% da composição da matriz energética do consumo da energia total do Brasil em 2016, sendo 32% do setor de transporte (MME/EPE, 2017).

O óleo diesel corresponde a 44% da energia consumida nos transportes, com uma projeção futura até 2010 de cerca de 60%. E a participação do transporte rodoviário na demanda do óleo diesel é cerca de 77% - Figura 6 (COELHO,2018).

**Figura 6.** Participação do transporte rodoviário

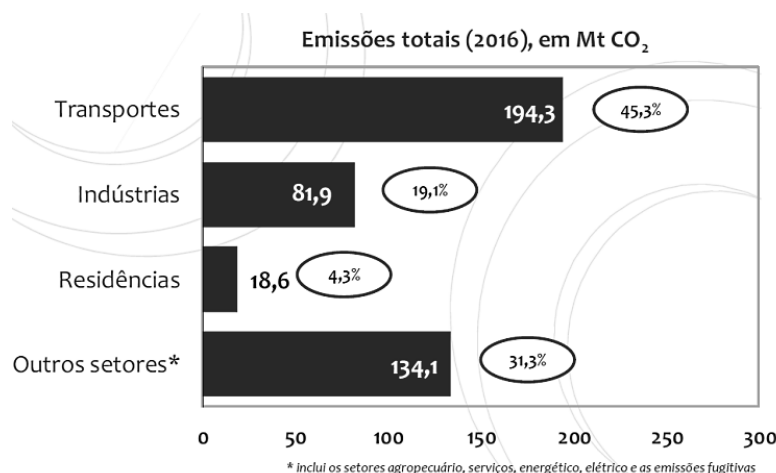


Fonte: Coelho (2018).

Segundo o relatório do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa, o setor de transportes lidera a taxa média de crescimento do consumo de energia,

que foi de 4,8% entre 2005 e 2015. Além disso, em 2016, as emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiram 428,95 MtCO<sub>2</sub>-eq., e desse montante, o setor de transportes aparece como o agente de maior impacto, com uma emissão de 194,3 MtCO<sub>2</sub>-eq<sup>2</sup>, 45,3% do total (MME/EPE, 2017). Sob a esfera global, o setor de transportes representa cerca de 23% da emissão de GEE (WHO, 2018).

**Figura 7.** Emissões totais em MtCO<sub>2</sub> no Brasil em 2016 por setor



Fonte: Relatório-síntese BEN 2017, Ano-base 2016 (MME/EPE).

Dentre as fontes de poluição atmosférica do mundo, o setor de transportes é responsável por um significativo montante de emissões de poluentes. Na esfera local, causam danos alarmantes à saúde pública degradando a qualidade de vida nos centros urbanos. Na esfera global, por meio do aumento de GEEs na atmosfera, contribuem para o agravamento das mudanças climáticas (ANDRADE, SANTOS, 2009).

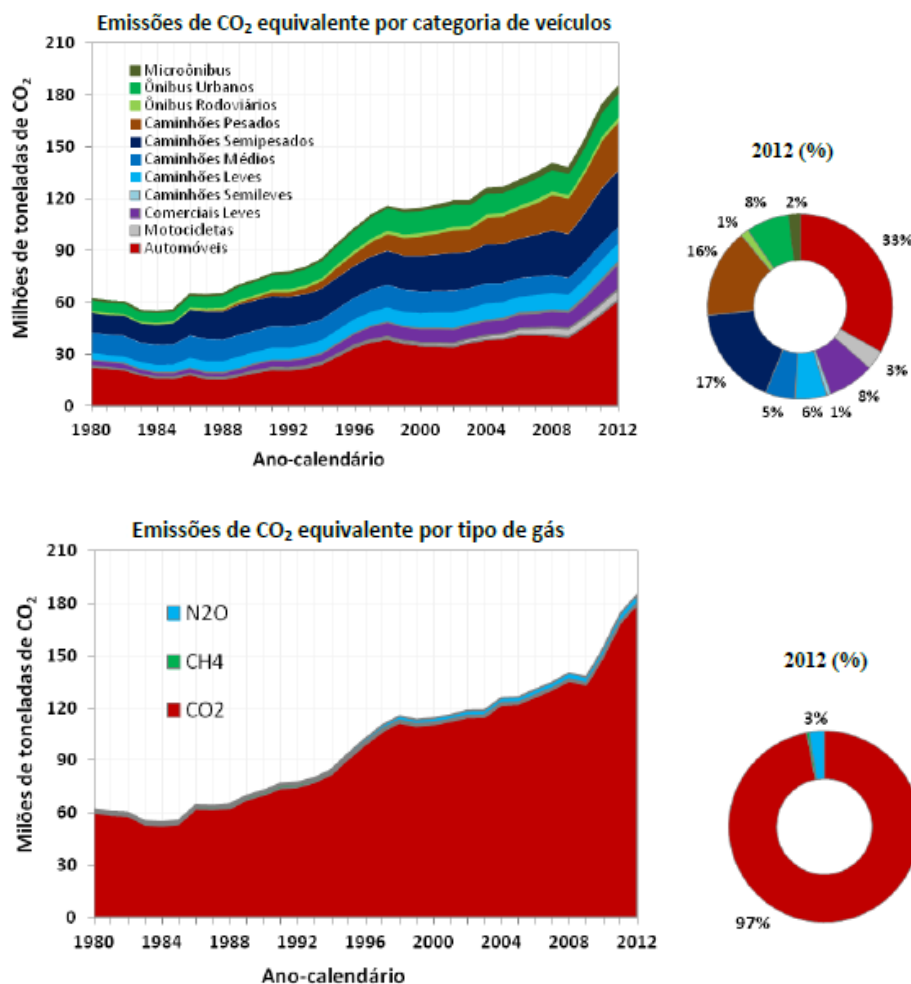
O mais recente Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários foi lançado em 2013, comportando uma série histórica de emissões inventariadas entre 1980 a 2012 (ano-base). Com dados organizados de maneira a permitir múltiplas análises, o relatório traz informações estratégicas para uma gestão ambiental voltada à orientação de medidas de intervenção, implantação ou reorientação de programas para a melhoria da qualidade do ar - uma vez que possibilita

<sup>2</sup> A unidade de valoração dos GEEs é o CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq), o qual representa uma equivalência matemática que permite expressar as emissões de qualquer outro GEE em termos de toneladas de dióxido de carbono (ANDRADE, SANTOS, 2009).

identificar poluentes e suas fontes e efeitos, bem como determinar tendências futuras (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

As figuras a seguir apresentam as emissões de gases efeito estufa, gás carbônico - CO<sub>2</sub>equiv; e dos poluentes tóxicos, dióxido de nitrogênio - NO<sub>x</sub>, e material particulado – MP; por categoria de veículo e por combustível. Nas emissões de CO<sub>2</sub>equiv estão incluídas as de CO<sub>2</sub> provenientes de combustíveis fósseis, as emissões de CH<sub>4</sub> e de N<sub>2</sub>O para todos os combustíveis.

**Figura 8.** Emissões de CO<sub>2</sub> equivalente por categoria de veículos ou por tipo de combustível

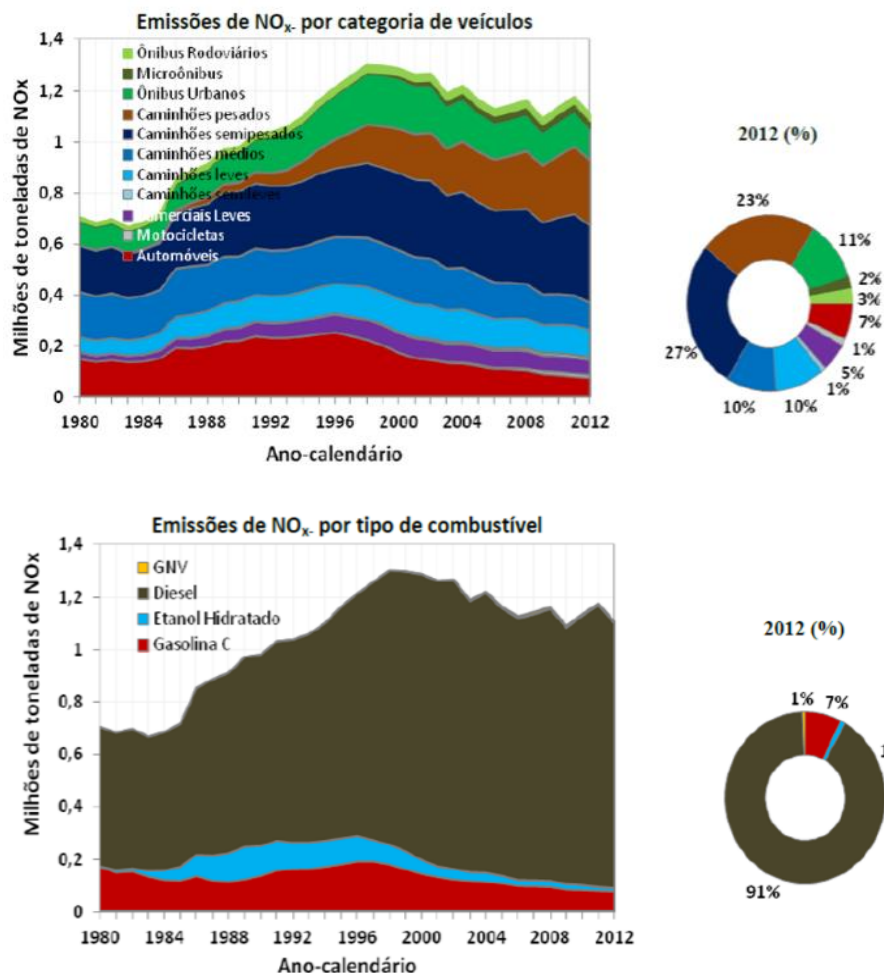


Fonte: MMA (2013).

Com relação às emissões de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) observa-se que os caminhões são a categoria de veículos predominante responsável por 70% das emissões

– ao encontro do diesel - principal combustível desse tipo de categoria, responsável por 91% das emissões quando avaliadas por tipo de combustível.

**Figura 9.** Emissões de NO<sub>x</sub> por categoria de veículos e por tipo de combustível

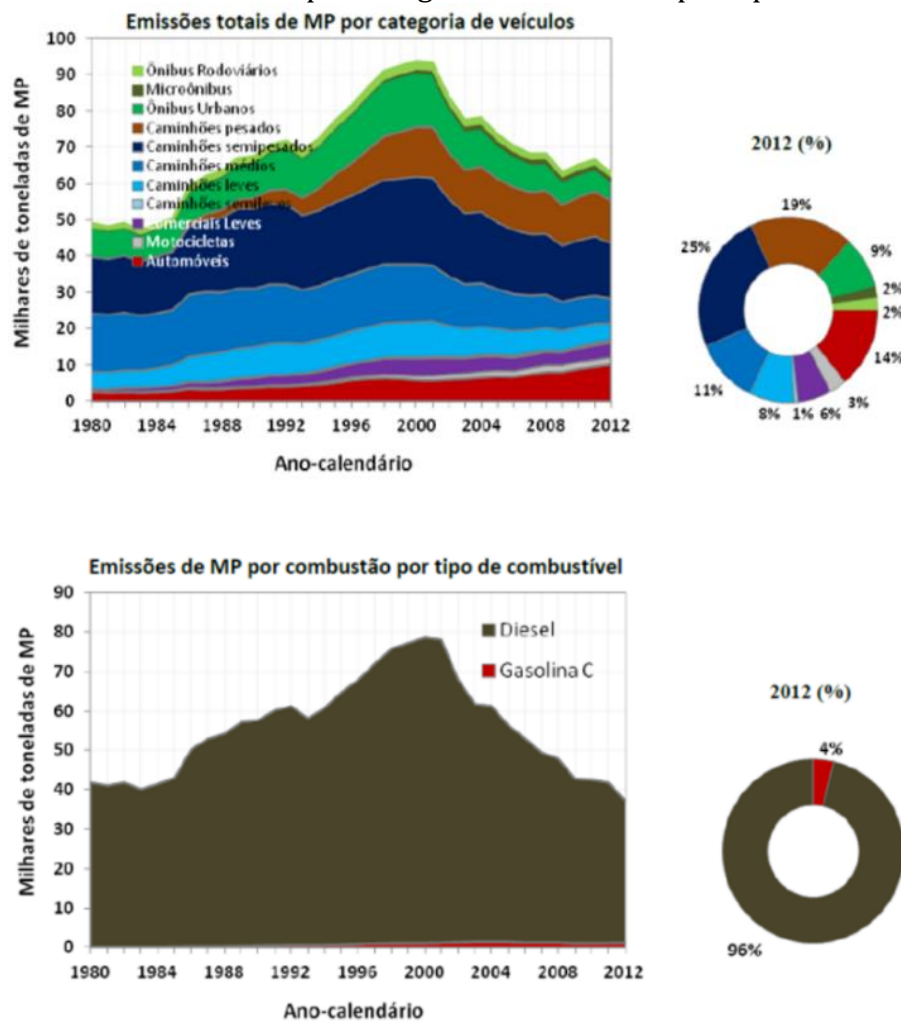


Fonte: MMA (2013).

Em se tratando de categoria de veículos, as emissões de MP têm uma predominância de emissões por caminhões (64%), seguidas por automóveis (14%) e ônibus (13%). As emissões estão relacionadas ao tipo de combustível, o diesel como principal contribuinte - 96% das emissões em 2012, enquanto que a gasolina tem uma participação muito tímida - 4% - Figura 10.



**Figura 10.** Emissões de MP por categoria de veículos e por tipo de combustível



Fonte: MMA (2013).

Observa-se, do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, a relevância do diesel e, consequentemente, dos caminhões e ônibus na emissão dos poluentes NO<sub>x</sub> e MP, gases altamente prejudiciais à saúde humana.

O uso de caminhões é o principal meio utilizado para o transporte de cargas no interior do país. Vale ressaltar que em 2010, de acordo com a Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), o transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros no Brasil foi responsável por uma movimentação superior a 140 milhões de usuários/ano (quase 95% do total dos deslocamentos realizados no país).

De acordo com o relatório de emissões veiculares elaborado pela CETESB referente ao ano de 2017, a frota de veículos pesados, caminhões e ônibus, movidos a diesel no



estado representava 3,58% de toda a frota circulante no estado de São Paulo e as emissões de MP<sub>2,5</sub> a partir do diesel representavam 49,5% das emissões (CETESB, 2018).

A frota de veículos pesados a diesel representava, segundo o Ministério do Meio Ambiente do Brasil, em 2009, 5% da frota rodoviária no Brasil (muito menor do que a frota de veículos leves). Através do modelo *Roadmap do International Council on Clean Transportation (ICCT)*, se calcula que em 2015, caminhões e ônibus a diesel representaram 88% das emissões de MP<sub>2,5</sub> e 89% das emissões de NO<sub>x</sub> do transporte rodoviário (MILLER e FAÇANHA, 2016).

Devido a uma frota pequena de veículos pesados com alta culpabilidade pela grande magnitude de emissões de poluentes danosos à saúde, seus veículos se tornam um alvo interessante para o controle de emissões veiculares.

Corroborando também esta percepção, o Saúde e Sustentabilidade calculou, na RMSP, que a frota de ônibus representa apenas 10% da frota de fonte diesel e é responsável por 25% das emissões de MP<sub>2,5</sub> ou seja, por ¼ da mortalidade e internações públicas; tornando-se um excelente alvo para políticas públicas (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018a).

Estima-se que 80% do MP em áreas urbanas são originados dos meios de transporte e 30% das emissões de MP<sub>2,5</sub> são oriundos do diesel. A presença dos particulados no ar pode ter contribuído para casos de morbidade e mortalidade em 43% dos casos na Áustria, 56% na França, e 53 % na Suíça. Os autores indicam ainda que veículos a diesel podem contribuir em 95% aos custos referentes a mortalidade causada por MP<sub>10</sub>. Os veículos pesados representam uma fonte significativa de emissão de poluentes na atmosfera que comprometem a qualidade do ar no Brasil (TURRIO-BALDASSARRI et al., 2006).

Nesse sentido, ressalta-se a importância da atuação direta nas fontes de emissão de poluentes. A maioria delas é diretamente influenciada pelas tecnologias energéticas e de combustíveis utilizados e, portanto, a prevenção de doenças associadas à poluição atmosférica depende da aplicação de políticas setoriais específicas que objetivem a diminuição da poluição na fonte de emissão (WHO, 2015).

O Brasil, atualmente, não tem sido eficiente na redução de emissões de poluentes, embora haja programas, resoluções e leis que, se atualizadas, ou aplicadas ou fiscalizadas - poderiam ter trazido reais benefícios neste sentido. Vejamos alguns exemplos.

O monitoramento da qualidade do ar no país é precário: dados recentes mostram a precariedade de monitoramento de qualidade do ar no Brasil, estabelecido pela Resolução CONAMA 05/89, que estabelece o PRONAR (Programa Nacional de Qualidade do Ar) em 1989. Passados 30 anos, conclui-se que o programa não foi efetivo. Em 2018, uma pesquisa conduzida pelo GT Grupo de Trabalho (GT) de Qualidade do Ar - constituído na PRR 3ª Região, em parceria com o Saúde e Sustentabilidade concluiu que, dentre as 27 unidades federativas no Brasil, o monitoramento de qualidade do ar é realizado em apenas 7 unidades (26% delas): Distrito Federal, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. A união dispõe de 319 estações de monitoramento ativas. A região sudeste contempla 93,4% delas. Dentre elas, 162 estações públicas – 52,8%, que, de fato, representam o monitoramento de qualidade do ar da união, e, que se utiliza de 47,7% (148) de estações de empreendimentos privados, existentes para fins de licenciamento. As estações privadas representam 100% das estações de MG, 84,6% do RS, 75% de PE, 59,6% do RJ e 40% do ES. SP e DF possuem 100% de suas estações, públicas. Quando se observa os poluentes monitorados pelas estações a situação se agrava ainda mais. O poluente mais monitorado é o MP<sub>10</sub> (186 estações – 58,3%) e o menos monitorado é o MP<sub>2,5</sub> (65 – 20,4%) (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2019).

A comunicação dos dados à população é fundamental. Do ponto de vista de registros e comunicação, as sete unidades elaboram o relatório anual de qualidade do ar, embora apenas duas delas estejam em dia com os relatórios, o último, referente a 2017 - SP e DF. Observa-se que apenas duas unidades federativas - SP e ES - apresentam um boletim diário de qualidade do ar *online* de acesso público. Porém, a publicação dos dados de monitoramento de qualidade do ar em tempo real ocorre apenas em SP e RS.

Enfim, isso quer dizer que o PRONAR não foi cumprido; não se conhece a qualidade do ar no país em 21 estados, e ocorre de forma limitada nas outras 7 unidades federativas - com prejuízo da gestão para redução das emissões, da saúde dos brasileiros e da divulgação da informação à sociedade.

Os padrões de qualidade do ar são extremamente defasados para a salvaguarda da saúde dos brasileiros: a recente Resolução CONAMA 491/2018 de 19 de novembro de 2018 é o resultado do processo de revisão da Resolução CONAMA 03/1990 que estabeleceu os padrões de qualidade do ar nacionais havia 28 anos – a revisão aprovada

de forma inconstitucional pela opinião do Ministério Público (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018b), e também ineficiente, e sob diversos aspectos: i) o não alcance da proteção fundamental a dois bens essenciais à vida: a saúde e o ambiente; ii) o não estabelecimento de prazos para o alcance dos limites preconizados pela Organização Mundial de Saúde como os mais seguros para a proteção da saúde; iii) a inadequação da comunicação à população sobre as reais condições da qualidade do ar; iv) a inadequação e o não estabelecimento dos níveis críticos de qualidade do ar segundo os males provocados para a saúde; e, v) os níveis de licenciamento baseados nos altos padrões vigentes e a permissividade para se poluir mesmo em locais já saturados (ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MEDICINA e INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018).

A inexistente inspeção veicular: há 22 anos atrás, segundo o Código de Transito Brasileiro, Lei 9503/97, foi instituído a obrigatoriedade do procedimento inspeção veicular (Artigo 104) pelos estados, não sendo cumprido por nenhum deles neste momento.

O município de São Paulo a implementou em 2010 e a interrompeu em 2014, com prejuízos para os moradores da cidade. Segundo uma pesquisa realizada pela Faculdade de Medicina da USP, em 2011, 75% da frota a diesel foi examinada pela inspeção possibilitando a redução em 28% de emissão de MP, com impacto em saúde: redução de mortes e internações. Se considerado o mesmo resultado para 100% da frota a diesel na cidade, haveria um benefício de redução de 1.560 mortes e 4.000 internações em um ano. Do ponto de vista de gastos públicos haveria uma economia de US\$212 milhões, o que significa uma taxa de retorno investida de 1: 9,9 em saúde (ANDRÉ et al, 2012a).

Além dos problemas de saúde acarretados pela inação do estado, o Brasil está perdendo a oportunidade de batalhar pelos compromissos firmados em relação aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, ressalta-se - neste caminhar, o Brasil dificilmente conseguirá cumprir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, que diz respeito à saúde e a melhoria da poluição do ar, bem como a redução de emissões de : ODS 3.9 - Reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, bem como ODS13.2 - Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais (ONUBR, 2019).

## O PROCONVE

A preocupação com os efeitos provocados pela emissão de poluentes por veículos automotores na saúde e no meio ambiente tem sido tema recorrente desde meados da década de 1980 no Brasil.

No Brasil, uma das principais medidas tomada foi a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, o PROCONVE, instituído pela Resolução Conama nº 18/1986, que estabelece limites máximos de emissão de poluentes por veículos (BRASIL, 1986). Posteriormente, em 1993, foi instituída a Lei nº 8.723/1993 para endossar 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 (BRASIL, 1993).

Inspirado na iniciativa europeia, com abrangência nacional, foi criado para estabelecer exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados de forma que atendam limites máximos de emissão de poluentes em ensaios padronizados e com combustíveis de referência para todos os tipos de veículos, pesados, automóveis, motocicletas, inclusive máquinas rodoviárias e agrícolas. Além disso, impõe a certificação de protótipos e de veículos, a autorização especial do órgão federal para o uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e o reparo dos veículos ou motores em desconformidade e a proibição da comercialização dos modelos não homologados segundo os critérios do programa (BRASIL, 1986; IBAMA, 2016).

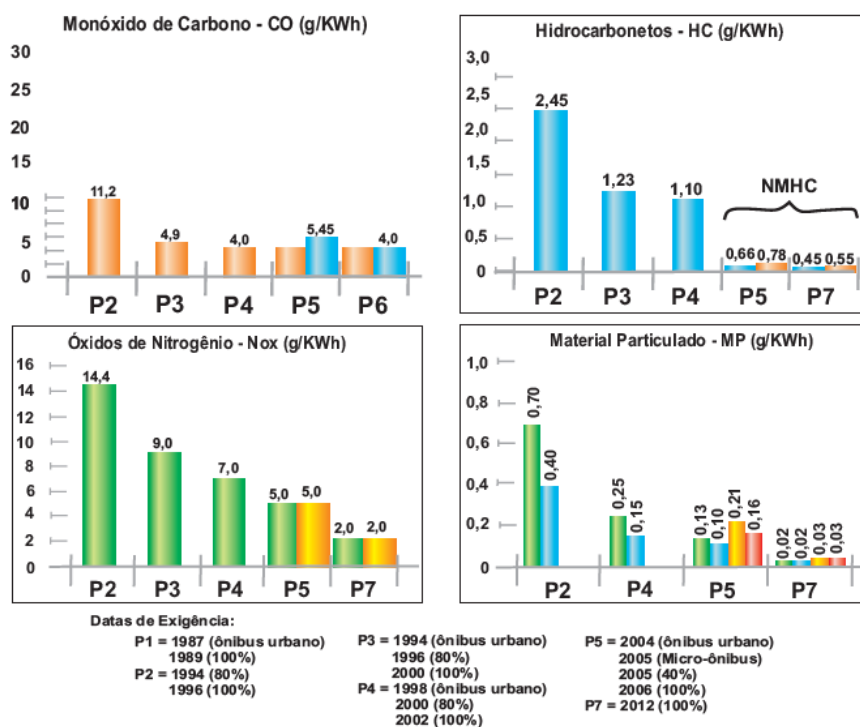
É um excelente programa, e foi extremamente importante para a redução de emissão de poluentes principalmente durante sua primeira década. Nesta época, os carros chegaram a poluir 95% menos do que em 1986 e os caminhões reduziram seus níveis de poluição em 85% no mesmo período. Estudo da Faculdade de Medicina da USP demonstrou a redução de 40 % na concentração dos poluentes durante 15 anos (1990 a 2005) - suficiente para prevenir 50 mil mortes no período e economizar US\$4,5 bilhões por conta dos gastos evitados com saúde, além da diminuição do consumo de energia e redução dos GEE (SALDIVA e ANDRÉ, 2009).

A base legal do PROCONVE necessita de atualização e aprimoramento periódicos devido aos requisitos administrativos e operacionais, mas também para acompanhar os avanços tecnológicos do setor automobilístico e dos combustíveis para a diminuição de poluentes (IBAMA, 2016). A atualização das fases representa limites de emissões mais

rígidas, melhoria dos sistemas OBD (*on-board diagnostic*<sup>3</sup>), ciclos de testes mais reais e requisitos mais rígidos de conformidade em uso (MILLER e FAÇANHA, 2016).

O programa já passou por várias atualizações, representadas pelas fases L para os veículos leves e pelas fases P para os veículos pesados. Desde 2012, está vigente o padrão P-7 para veículos pesados (caminhões e ônibus) no Brasil. A Figura 11, a seguir, ilustra a redução de emissões de poluentes conforme as mudanças das fases P1 a P7 do PROCONVE para veículos pesados.

**Figura 11.** Redução de emissões em veículos pesados por fases do PROCONVE



Fonte: IBAMA (2016).

Embora os limites de emissões da fase P-7 sejam mais de 80% menores que aqueles estabelecidos pela primeira fase do PROCONVE, a qualidade do ar nas grandes regiões metropolitanas ainda está muito abaixo dos níveis recomendados pela OMS (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2017).

Cabe esclarecer que o Brasil utiliza como parâmetro as fases do padrão europeu de emissões, porém, as fases do PROCONVE estão sempre com diretrizes equivalentes a uma fase anterior das normas europeias. A fase P-7 atual do PROCONVE se equivale aos

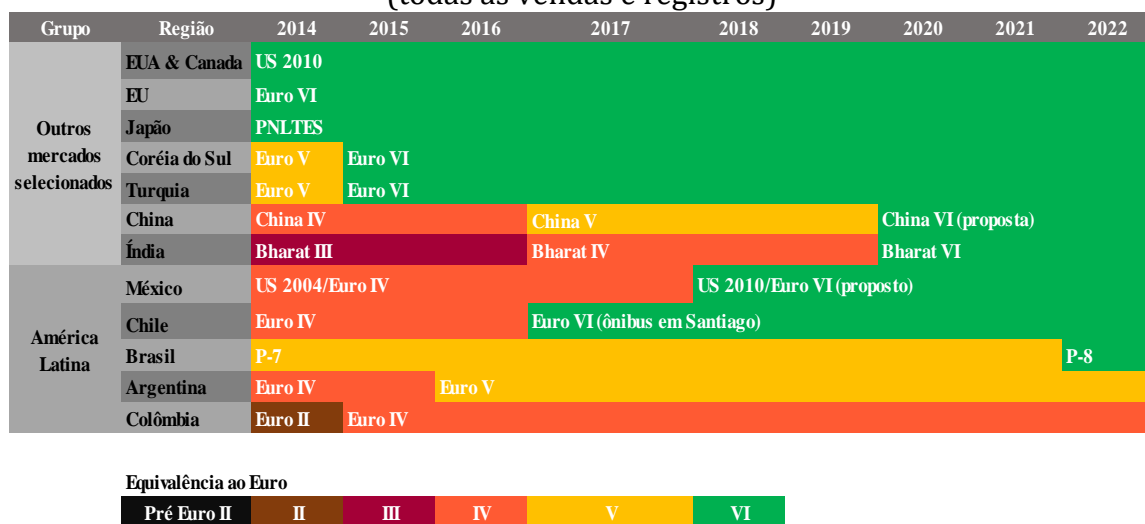
<sup>3</sup> Sistema de diagnóstico de bordo.

padrões estabelecidos pela fase europeia Euro 5, embora já esteja em vigência a fase Euro 6 na Europa desde 2013.

De acordo com Façanha (2017), até implementar a fase P-7 em 2012, o Brasil liderava a adoção de padrões de emissão veiculares entre os países de economia emergentes, porém, desde então foi perdendo espaço para países como o México, China e Índia que propuseram ou adotaram novas fases equivalentes ao Euro 6 – Figura 12. Cinco dos maiores mercados automotivos — a União Europeia (UE), os Estados Unidos (EUA), o Canadá, o Japão e a Coréia do Sul — já implementaram normas equivalente ao Euro 6 e o México propôs normas equivalentes com a implementação planejada para 2018. A adoção do padrão Euro 6 no Brasil impacta o acesso a tecnologias mais limpas por outros países da América Latina, como Argentina, Chile, Colômbia, México e Peru que seguem o calendário adotado no Brasil (FAÇANHA, 2017).

A Figura 12 a seguir ilustra a evolução dos padrões de emissão de qualidade do ar em diversos países e a equivalência desses padrões às fases dos padrões europeus.

**Figura 12.** Cronograma para padrões adotados de emissões pesadas em vários países (todas as vendas e registros)



Fonte: adaptado de Façanha (2017).

De acordo com FAÇANHA (2017) a adoção do P-8 (Euro 6) no Brasil também resolveria o problema de incompatibilidade tecnológica dos veículos Euro 5 (fase P-7) produzidos no Brasil. Há uma dificuldade de adaptação dos veículos para cumprir os limites estabelecidos em laboratório nas condições normais de uso nas ruas. De acordo

com o autor, além de limites de emissões mais rigorosos, a fase P-8 fortalecerá significativamente o PROCONVE, já que incluirá a adoção de ciclos de testes mais representativos, sistemas mais avançados de diagnóstico de bordo (OBD) e mecanismos antifalha para garantir o uso e funcionamento correto dos sistemas de redução catalítica seletiva (SCR, em sua sigla em Inglês), e o atendimento dos requisitos de conformidade em uso. Estas melhorias assegurarão que a norma P-8 atinja as reduções de emissões esperadas em situações reais e não apenas no laboratório.

Limites de emissões mais rígidos. A norma P-8 exige que as montadoras reduzam as emissões de NO<sub>x</sub> em 80% e as emissões de MP em 50% em comparação à norma P-7 (essencialmente garantindo o uso de filtros de particulados de diesel, ou DPFs). Em comparação com um veículo P-7 fora de conformidade, a norma P-8 poderia reduzir as emissões de NO<sub>x</sub> em até 90%.

A Tabela 3 apresenta os valores dos limites de ambas as fases P-7 e P-8 do PROCONVE para diferentes tipos de motores e combustível (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, [s.d.]).

**Tabela 3.** Limites de emissão de poluentes para veículos pesados

Norma PROCONVE/ EURO	P-7/ Euro 5			P-8/Euro 6	
	Diesel/ETC <sup>4</sup>	Diesel/ESC <sup>5</sup> /ELR <sup>6</sup>	GNV/ETC	WHSC <sup>7</sup>	WHTC <sup>8</sup>
Monóxido de Carbono (CO – g/kW.h)	4,00	1,50	4,00	1,50	4,00
Hidrocarbonetos não metano (NMHC – g/kW.h)	0,55	0,46	0,55	–	0,16
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> em g/kw.h)	2,00	2,00	2,00	0,40	0,46
Material Particulado (MP em g/kW.h)	0,03	0,02	Não elegível	0,01	0,01
Metano (CH <sub>4</sub> g/kw.h)	Não elegível	–	1,10	–	0,50

Fonte: IBAMA (2016); FAÇANHA (2016).

Outra vantagem da nova fase seria a melhoria da competitividade industrial brasileira por meio do avanço tecnológico de caminhões e ônibus mais limpos.

<sup>4</sup> *European Transient Cycle* – ciclo de teste transiente europeu

<sup>5</sup> *European Stationary Cycle* – ciclo de teste estacionário europeu

<sup>6</sup> *Europe Load Response* – resposta de carga europeia

<sup>7</sup> *World Harmonized Stationary Cycle* – ciclo estacionário harmonizado mundial

<sup>8</sup> *World Harmonized Transient Cycle* – ciclo transiente harmonizado mundial (COSTA, 2018).



A revisão do programa ocorreu de forma inusitada e rápida, e no dia 2 de outubro de 2018, a Câmara Técnica de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos do CONAMA votou o texto da revisão da minuta, que definiu a nova fase P8 do PROCONVE, para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário.

A Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente, ABEMA, e a Associação Nacional dos Órgãos Municipais de Meio Ambiente, ANAMMA, votaram alinhadas com os representantes dos fabricantes de veículos pesados e conquistaram a ampliação dos prazos para implementação das novas regras do PROCONVE para 2022. Destaca-se, sem qualquer explicação técnica ou que justificasse a escolha pelo prazo que traz maior impacto negativo à saúde (BRASIL, 2018b).

A proposta inicial de implementação da nova fase do PROCONVE feita pela Cetesb, órgão técnico que orienta a política pública no estado de São Paulo, apoiada pelas organizações da sociedade civil e Ministérios, defendia a mudança de fase a partir de 2020, mesmo porque parte das montadoras no Brasil já produzem e exportam veículos com a tecnologia Euro 6.

A atualização do PROCONVE para a fase P-8, foi aprovada pela Resolução CONAMA 490/2018, porém somente entrará em vigor a partir de 2022, e, efetivamente implementada em 2023.

O presente estudo irá contabilizar, de um lado, a magnitude do benefício à saúde da população pela decisão em se implementar a nova fase do programa para veículos pesados movidos a diesel (fase P-8), e, de outro, o número cabível em termos de sofrimento por adoecimento e de vidas ceifadas por postergar em três anos a decisão em implementá-la.

Ambas as situações são bons exemplos da dualidade em termos da responsabilidade e da ética que envolvem as decisões de gestores públicos perante vidas humanas.



## 1 OBJETIVOS

- 1) Avaliar o impacto da implementação da Fase P-8 do PROCONVE (correspondente à norma europeia Euro 6) para a frota de veículos pesados (frota de ônibus e/ou de caminhões pesados) na saúde pública (mortalidade e morbidade) com sua respectiva valoração econômica, a partir de 2023 a 2050, em seis Regiões Metropolitanas (RMs) brasileiras.
- 2) Avaliar as consequências em saúde pública e sua valoração da decisão de se implementar a Fase P-8 (correspondente à norma europeia Euro 6), para veículos pesados (frota de ônibus e de caminhões pesados) a partir de 2023 a 2050, resultado da revisão do PROCONVE em 2018 no CONAMA, ao invés de 2020 a 2050, em seis Regiões Metropolitanas (RMs) brasileiras.

## 2 HIPÓTESES

A implementação da tecnologia Euro 6 no transporte de ônibus e/ou caminhões pesados, em substituição à composição da frota atual, levará a uma diminuição de emissão de material particulado inalável fino (MP<sub>2,5</sub>) que, como consequência, acarretará o impacto positivo em saúde pública – baseado na diminuição da mortalidade, da morbidade (representada pelas internações hospitalares públicas e privadas, devido às doenças relacionadas a poluição atmosférica) e do DALY – e na economia, baseado em ganho de produtividade, na redução de gastos hospitalares públicos e privados e na redução do valor de vida estatístico em anos de vida perdidos - nas RMs: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Curitiba e Porto Alegre.

O período do estudo para determinação dos benefícios, diante da intervenção, parte do ano 2023 com projeção até 2050.

Além disso, a decisão política do embate no CONAMA sobre o atraso da implementação da nova tecnologia a partir de 2023, e não 2020, acarretará consequências negativas à saúde e aos cofres públicos e privados.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Ambiente do estudo

O ambiente do estudo diz respeito a seis regiões metropolitanas brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro, Vitória, Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre, que juntas, abrigam 49.901.467 habitantes, o que representa 23,5% da população brasileira (208.494.900 hab), de acordo com a estimativa do IBGE para 2018 (IBGE, 2018).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é a maior região metropolitana do Brasil, conta com cerca de 21,2 milhões de habitantes e é uma das 10 regiões mais populosas do mundo. São 39 municípios, sendo os 5 mais populosos (segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): São Paulo (capital – 12.176.866), Guarulhos (1.365.899), São Bernardo do Campo (833.240), Santo André (716.109) e Osasco (696.850). O polo da RMSP é o maior gerador de riquezas no Brasil. As atividades principais são a indústria, o comércio e principalmente a financeira. Os maiores complexos produtivos de capital privado estão localizados na região. A forte veia industrial e urbana tem como efeito uma deterioração da qualidade do ar na RMSP. A região concentra, por exemplo, 48% da frota do Estado em apenas 3,2 % do território, com uma frota circulante de um total de 7.316.193 veículos.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é a segunda maior região metropolitana do Brasil. Sua população total é 12,5 milhões habitantes. Conta, segundo dados do IBGE de 2018, com 21 municípios, dentre os mais populosos estão Rio de Janeiro (6.688.927 habitantes), São Gonçalo (1.077.687), Duque de Caxias (914.383), Nova Iguaçu (818.875) e Niterói (511.786). As principais atividades econômicas que compõem o PIB da Região do Grande Rio são as refinarias de petróleo, as indústrias naval e metalúrgica. A refinação de produtos petroquímicos traz consequências para a qualidade do ar da região: as estações de monitoramento automáticas localizadas na RMRJ apresentam diversas ultrapassagens dos níveis de poluentes recomendados pela OMS, principalmente na região de Duque de Caxias, importante polo industrial, e nas regiões da cidade do Rio de Janeiro na qual circula uma alta densidade de veículos automotores (IBGE, 2018).

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) é formada por 34 municípios e é a terceira região mais populosa do Brasil, atrás do eixo Rio-São Paulo. Possui, segundo

estimativas do IBGE em 2018, uma população de 5.916.189 habitantes. As maiores densidades populacionais, também segundo estimativas do IBGE, estão situadas nas cidades de Belo Horizonte, com 2,5 milhões de habitantes, Contagem (659.070), Betim (432.575), Ribeirão das Neves (331.045) e Sete Lagoas (237.286). As principais atividades realizadas na região são a indústria, a mineração e o setor de comércio e serviços. Além disso, a região possui um importante polo de tecnologia, contando com mais mil empresas ligadas a esse tipo de atividade. As atividades econômicas geram uma deterioração da qualidade do ar, dentro da RMBH. As medidas mais altas ocorrem em regiões impactadas pela forte industrialização e pela alta circulação de veículos automotores. A frota metropolitana de veículos chegou, em 2014, a cerca de 3 milhões de veículos (IBGE, 2018; FEAM, s/d).

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), é formada por 7 municípios. Possui uma população total estimada de 1.951.673 (1,9 milhões), de acordo com o IBGE (2018). A população dos municípios são: Serra (507.598), Vila Velha (486.208), Cariacica (378.603), Vitória (358.267), Guarapari (122.982), Viana (76.954) e Fundão (21.061). As principais atividades da RMVI são a portuária, de importação e exportação, e também possui importante destaque a mineração em algumas cidades da RMVI (IBGE, 2018). Indústrias e a frota de veículos são os principais emissores dos materiais particulados (IEMA, 2017).

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC), também conhecida como Grande Curitiba, reúne 29 municípios do estado do Paraná. Segundo estimativas do IBGE de 2018, a população total da região é de um pouco mais de 3,6 milhões de pessoas. As cidades mais populosas da região: a primeira, a capital Curitiba, com cerca 1,9 milhões de habitantes (1.917.185), seguida por São José dos Pinhais (317.476), Colombo (240.840), Araucária (141.410) e Pinhais (130.789). A região conta com o trabalho a exportação das 90 fábricas instaladas no bairro Cidade Industrial e das duas grandes indústrias automobilísticas que estão localizadas na Grande Curitiba. O parque industrial totaliza cerca de 43 milhões de metros quadrados e grandes empresas multinacionais estão instaladas na região. Araucária, na região metropolitana, é uma grande produtora de petróleo, sendo a 5ª maior refinaria do Brasil e a principal da região Sul. Um estudo sobre a qualidade do ar realizado na RMC em 2013, mostra que a qualidade do ar é considerada boa em maior parte da região.

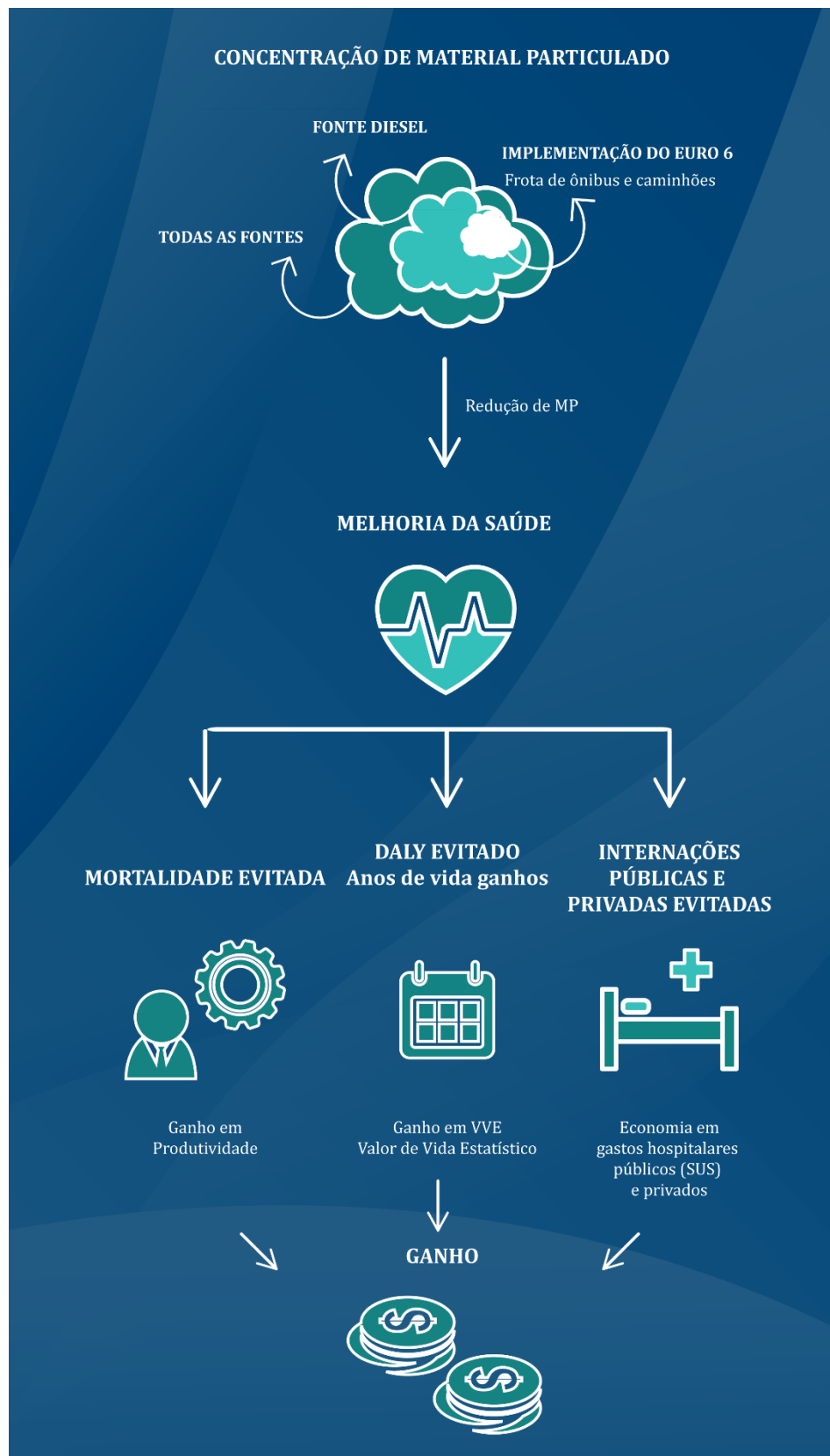
A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), é a quarta região mais populosa do Brasil. Possui uma população total de 4.317.508 habitantes, divididos em 34 municípios. O mais populoso e economicamente importante é o município de Porto Alegre, com 1.479.101 de habitantes. Segundo dados do IBGE, depois da capital, as cidades mais populosas são Canoas (344.957). Gravataí (279.398) e Viamão (254.101). Nela se encontram algumas das maiores e mais importantes empresas do país, como montadoras de veículos, polos petroquímicos, indústrias de autopeças, plásticos, produtos alimentícios, etc, o que torna a região industrial e com alta circulação de veículos.

A decisão da inclusão destas regiões se deve à disponibilidade dos seus dados de monitoramento de qualidade do ar, ainda que não atualizados.

### **3.2 Desenho básico do estudo**

O desenho do estudo, o qual determina a metodologia adotada para sua elaboração, é descrito a seguir pela Figura 11. Baseia-se, explicando de uma forma mais didática, ao infográfico:

**Figura 11.** Desenho do estudo



Fonte: Elaboração própria

A importância deste projeto está na demonstração dos benefícios quantitativos, tanto na redução dos riscos em saúde (mortalidade, morbidade e DALY), como a sua valoração, pela intervenção – revisão do PROCONVE em 2018 e a decisão de implementação da tecnologia Euro 6 a partir de 2023 para veículos pesados (frota de ônibus e/ou de caminhões pesados) - determinada por cenários de substituição de toda a frota, de tecnologia - P-7 (e das fases mais antigas, anteriores ainda em curso) por P-8, que implicarão na redução da emissão do poluente atmosférico, o material particulado fino, MP<sub>2,5</sub>, poluente estudado nesta pesquisa.

Desta forma, o desenho do estudo aqui proposto, utilizará várias metodologias, envolvendo três áreas do conhecimento científico e elaboradas em três etapas:

- 1) Ambiental, para estimar a concentração de material particulado inalável fino (MP<sub>2,5</sub>) em seis regiões metropolitanas a partir dos cenários de substituição gradativa da composição da frota atual de veículos de transporte público – ônibus, e/ou caminhões pesados, pela tecnologia P-8, Euro 6;
- 2) Epidemiológica, a partir dos resultados ambientais – a variação na poluição do ar - estimar o impacto dos efeitos da tecnologia P-8, Euro 6, dos ônibus e caminhões, na saúde, estudado pela mortalidade e a morbidade – considerando o número de internações públicas e privadas devido às doenças relacionadas à poluição atmosférica (doenças respiratórias, cardiocerebrovasculares e câncer de pulmão). De forma complementar, será calculado o DALY (*Disability Adjusted Life Years*), que significa a somatória dos anos de vida perdidos pela morte precoce e vividos com incapacidade – indicador de saúde adotado pela Organização Mundial de Saúde para estimar a gravidade de doenças;
- 3) Econômica, que determina os custos: i) das internações hospitalares públicas e privadas - calculados pelos valores de internação do SUS e pela estimativa do valor das internações privadas; ii) da mortalidade, valorada pela perda de produtividade, e iii) do DALY, pelo Valor de Vida Estatístico - VVE.

As etapas metodológicas são apresentadas detalhadamente a seguir.

### 3.3 Método Ambiental

#### 3.3.1 O Material Particulado

O poluente estudado é o material particulado inalável fino, o  $MP_{2,5}$ .

Dentre os poluentes mais tóxicos à saúde, encontra-se o material particulado. Neste trabalho o  $MP_{2,5}$  foi selecionado como marcador ambiental por ser o poluente recomendado pela Organização Mundial da Saúde, OMS (WHO, 2006) para estudos de avaliação de impacto ambiental em saúde, além de se dispor de extensas bases de dados já disponíveis.

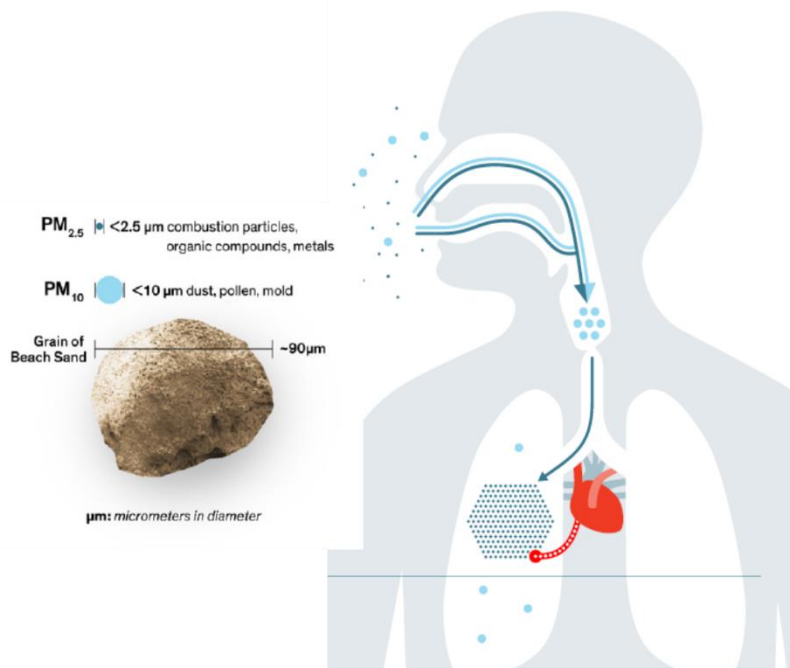
São denominadas como  $MP_{10}$  as partículas inaláveis com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a  $10\mu m$ , e como  $MP_{2,5}$ , as partículas inaláveis finas, menores ou iguais a  $2,5\mu m$ . Assim, no  $MP_{10}$  estão contidas a fração fina, representada pelo  $MP_{2,5}$  e a fração inalável grossa, representada por  $MP_{2,5-10}$ .

São uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, uma mistura complexa de componentes com diferentes características físicas e químicas. Devido ao seu pequeno diâmetro aerodinâmico, esse material não só permanece em suspensão na atmosfera por longos períodos, como também, ao ser inalado, pode transportar gases adsorvidos e componentes tóxicos em sua superfície até as porções mais profundas das vias aéreas. O  $MP_{2,5}$

As partículas adsorvidas com elementos metálicos oxidam as células pulmonares, podendo danificar o DNA e aumentar o risco de câncer. A interação com as células pode causar também inflamação, irritação e bloqueio do fluxo de ar, aumentando o risco ou agravamento de doenças pulmonares que dificultam a respiração, como as doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC). As partículas  $MP_{2,5}$  - por serem menores, conferem maiores riscos, pois alcançam os alvéolos - pontos mais profundos do pulmão, onde ocorre a troca gasosa e podem entrar na corrente sanguínea, constringirem os vasos sanguíneos ou desalojarem placas de gordura, bloqueando o fluxo sanguíneo para o coração ou cérebro, causando trombose, o infarto do miocárdio ou acidentes vasculares cerebrais (AVC) (WHO, 2006), como ilustrado na Figura 13.



**Figura 13.** Absorção de partículas de material particulado no organismo humano



Fonte: Adaptado de Greenstone, Fan (2018).

As fontes do  $MP_{2,5}$ , em geral, estão associadas a processos secundários a partir da emissão de produtos de combustão, como queima de combustíveis de fontes móveis (veicular), estacionárias (industriais, termoeletricas, fogões a gás e outras). O  $MP_{10}$  tem como fontes predominantes aquelas ligadas a processos mecânicos, como a ação do vento do solo e oceano, a ação de pneus de veículos em pavimentos e emissões pela vegetação.

### 3.3.1.1 O Roteiro de Cálculo

O Roteiro para o cálculo da concentração ambiental atribuível a cada cenário de intervenção parte das concentrações médias anuais de  $MP_{2,5}$  de cada RM, disponíveis pelas agências ambientais estaduais.

São detalhadas as seguintes etapas de cálculo:

- a. Passo 1: estimativas das concentrações ambientais médias diárias anuais de  $MP_{2,5}$  de cada RM, no ano de 2017:
  - 1.1: Busca das concentrações de  $MP_{10}$  publicadas;
  - 1.2: Projeção da concentração de  $MP_{10}$  para o ano de 2017; e,
  - 1.3: Projeção da concentração de  $MP_{2,5}$  por conversão do  $MP_{10}$ .

- b. Passo 2: estimativa das fontes diesel da frota de ônibus e de caminhões pesados na concentração do MP<sub>2,5</sub> na RMSP e estimativa, por similaridade, nas demais RMs.
- c. Passo 3: definição da concentração do MP<sub>2,5</sub> para os cenários de intervenção:
  - 3.1: Criação do cenário Basal (BAU), com implementação do diesel Euro 6 a partir de 2020 (cenário 1) e a partir de 2023 (cenário 2); e,
  - 3.2: Geração das projeções ambientais da variação do MP<sub>2,5</sub> até 2050 para cada RM considerando o cenário 1 e o cenário 2, em comparação ao Basal.

### 3.3.1.2 Descrição das etapas

#### a. **Passo 1: estimativas das concentrações ambientais médias diárias anuais de MP<sub>2,5</sub> de cada Região Metropolitana, no ano de 2017**

- 1.1: Busca das concentrações de MP<sub>10</sub> publicadas:

O valor da concentração de material particulado pesquisado para o estudo é a média diária anual de MP<sub>10</sub> de 2017, cuja busca foi realizada nos Relatórios anuais de Qualidade do Ar em *websites* dos órgãos ambientais respectivos às seis Regiões Metropolitanas:

- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- INEA - Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais
- IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo
- IAP - Instituto Ambiental do Estado do Paraná
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do Estado do Rio Grande do Sul

As seis unidades elaboram o relatório anual de qualidade do ar, embora apenas a CETESB estivesse em dia com o último relatório referente ao ano 2017, no momento da busca em julho de 2018. A última publicação encontrada do RJ e RS referiam-se ao ano base 2015, enquanto ES e PR, ao ano 2013 (Paraná suspendeu o seu monitoramento desde 2017). O Estado de Espírito Santo apresentava informações do ano 2015, porém não em Relatório anual.

Excetuando-se São Paulo, que apresentava em seu relatório a média anual da RMSP, para os demais estados, a média anual de MP<sub>10</sub> das RMs foi calculada a partir dos dados das médias anuais das estações que compõem a RM de cada estado. O Relatório da FEAM do Estado de Minas Gerais não apresentava os dados das médias das estações, apenas a informação em gráfico sem rótulos de dados nas barras. Dessa maneira, estipulou-se a medida da média anual de cada estação a partir de uma estimativa via gráfico e depois foi calculada a média anual da RMBH (entende-se que esse dado é bastante aproximado e não se trata de um valor absoluto a partir de médias reais).

Os dados encontrados podem ser vistos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Concentração média diária anual de MP<sub>10</sub> (expressa em µg/m<sup>3</sup>), por RM, ano de referência e fonte da informação

RM	MP <sub>10</sub>	ANO	FONTE
São Paulo – RMSP	29,0	2017	CETESB, 2018
Rio de Janeiro – RMRJ	38,6	2015	INEA, 2016
Belo Horizonte –RMBH	33,0	2013	FEAM, 2016
Vitória – RMVI	24,9	2013	IEMA, 2015
Porto Alegre – RMPA	22,4	2015	FEPAM, 2016
Curitiba – RMC	22,0	2013	IAP, 2016

Fonte: Elaboração própria.

➤ 1.2: Projeção da concentração de MP<sub>10</sub> para o ano de 2017:

Apenas para a RMSP existia a série histórica da concentração ambiental do MP<sub>10</sub> até 2017, enquanto para as demais localidades as referências mais atualizadas estavam defasadas, variando de 2013 a 2015.

Assim, assumiu-se que o comportamento da evolução da concentração de MP<sub>10</sub> em todas as localidades deste estudo seguiriam a mesma variação anual observada na RMSP pelas medições da CETESB.

Com base no Relatório da Qualidade do Ar para o Estado de São Paulo, publicado em 2018 para a RMSP (gráfico 10, pág.74) CETESB (2018), observa-se as seguintes

concentrações médias diárias anuais do MP<sub>10</sub> durante 2013 a 2017 apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Concentrações médias diárias anuais de MP<sub>10</sub> na RMSP de 2013 a 2017, conforme relatório de CETESB (2018), expressas em µg/m<sup>3</sup>

Concentrações médias anuais de MP <sub>10</sub> na RMSP					
ANO	2013	2014	2015	2016	2017
MP <sub>10</sub>	33	36	31	29	29

Fonte: Elaboração própria.

Desta forma, utilizando-se a variação da concentração média diária anual do MP<sub>10</sub> da RMSP, estimou-se a concentração média diária anual de MP<sub>10</sub> para as demais RMs, apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Concentrações médias diárias anuais de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> nas RM de São Paulo, e valores apurados para as RMs do Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Porto Alegre e Curitiba, para o ano de 2017, expressas em µg/m<sup>3</sup>

RM	MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>
São Paulo – RMSP	29,0	17,4
Rio de Janeiro – RMRJ	36,1	21,7
Belo Horizonte – RMBH	29,0	17,4
Vitória – RMVI	21,9	13,1
Porto Alegre – RMPA	21,0	12,6
Curitiba – RMC	19,3	11,6

Fonte: Elaboração própria.

### ➤ 1.3: Projeção da concentração de MP<sub>2,5</sub> por conversão do MP<sub>10</sub>:

Para a determinação da concentração média diária anual de MP<sub>2,5</sub> em 2017 foi utilizada a informação do relatório da CETESB (2018), página 92, transcrita a seguir: “Quanto à relação MP<sub>2,5</sub>/MP<sub>10</sub> as medições realizadas pela CETESB na RMSP, desde 1987, mostraram que o MP<sub>2,5</sub> corresponde a cerca de 60% do material particulado inalável (MP<sub>10</sub>)”. O valor assim apurado é apresentado na Tabela 6 apresentada anteriormente.

**b. Passo 2: estimativa das fontes diesel da frota de ônibus e de caminhões pesados na concentração do  $MP_{2,5}$  na RMSP e estimativa, por similaridade, nas demais RMs.**

Para estimar a participação da frota de ônibus e de caminhões pesados na concentração ambiental do  $MP_{2,5}$ , foram consideradas as seguintes informações do Relatórios da CETESB (2017; 2018):

- Participação da frota e dos combustíveis na concentração do  $MP_{10}$  conforme Tabela 16 na página 62 do relatório CETESB (2018);
- “Nesta fração, o aporte de aerossóis provenientes da ressuspensão de poeira de rua não é significativo”, conforme relatório CETESB (2017), página 86.

Assim, a Tabela 7 apresenta a conjugação dessas duas informações, permitindo associar tanto aos ônibus à diesel, quanto aos caminhões pesados à diesel suas correspondentes participações nas emissões no  $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$ .

**Tabela 7.** Participação das fontes e combustíveis no MP<sub>10</sub> conforme Tabela 16 da página 62 do Relatório da CETESB (2018) e ponderação da participação com a exclusão da fonte de ressuspensão do solo

DA TABELA 16 - RELATÓRIO CETESB PARA RMSP - 2017 (pag 62)					PRESEÇA DO MP <sub>2,5</sub>		
CATEGORIAS		COMBUSTÍVEL		POLUENTE (%)	NO	PARTICIPAÇÃO	
				MP <sub>10</sub>	MP <sub>10</sub>	MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>
Automóveis		Gasolina C	Gasolina C	0,71%	sim	0,71%	0,94%
		Etanol Hidratado	Etanol Hidratado	nd	sim	nd	nd
		Flex-Gasolina C	Flex-Gasolina C	0,68%	sim	0,68%	0,90%
		Flex-Etanol Hidratado	Flex-Etanol Hidratado	nd	sim	nd	nd
Comerciais Leves		Gasolina C	Gasolina C	0,14%	sim	0,14%	0,19%
		Etanol Hidratado	Etanol Hidratado	nd	sim	nd	nd
		Flex-Gasolina C	Flex-Gasolina C	0,10%	sim	0,10%	0,13%
		Flex-Etanol Hidratado	Flex-Etanol Hidratado	nd	sim	nd	nd
		Diesel	Diesel	4,61%	sim	4,61%	6,14%
Caminhões	Semileves	Diesel	Diesel	1,27%	sim	1,27%	1,69%
	Leves		Diesel	5,08%	sim	5,08%	6,77%
	Médios		Diesel	4,11%	sim	4,11%	5,48%
	Semipesados		Diesel	5,59%	sim	5,59%	7,45%
	Pesados		Diesel	5,21%	sim	5,21%	6,95%
Ônibus	Urbanos	Diesel	Diesel	8,27%	sim	8,27%	11,03%
	Micro-ônibus		Diesel	1,66%	sim	1,66%	2,21%
	Rodoviários		Diesel	0,75%	sim	0,75%	1,00%
Motocicletas		Gasolina C	Gasolina C	1,75%	sim	1,75%	2,33%
		Flex-Gasolina C	Flex-Gasolina C	0,09%	sim	0,09%	0,12%
		Flex-Etanol Hidratado	Flex-Etanol Hidratado	nd	sim	nd	nd
				40,00%			53,33%
FONTES FIXAS (INDUSTRIAL)				10%	sim	10,00%	13,33%
RESSUSPENSÃO DE PARTÍCULAS				25%	não	0,00%	0,00%
AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS				25%	sim	25,00%	33,33%
				100,00%		75,00%	100,00%

Fonte: Relatório da CETESB (2018).

Dessa maneira, pode-se estimar a participação total da frota de ônibus à diesel, e caminhões pesados à diesel, conforme Tabela 8 abaixo.

**Tabela 8.** Contribuição percentual na emissão ambiental de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> pelas fontes diesel de ônibus e de caminhões pesados, referente a 2017

TIPO DE FONTE AUTOMOTIVA	MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>
<b>Urbanos+Micro-ônibus+rodoviários</b>	<b>10,68%</b>	<b>14,24%</b>
<b>Caminhões</b>	<b>21,26%</b>	<b>28,34%</b>

Fonte: Elaboração própria.

O que significa que os ônibus (urbanos + rodoviários + micro-ônibus) a diesel são responsáveis pela emissão de 14,24% do MP<sub>2,5</sub> na RMSP; e os caminhões pesados por praticamente o dobro, 28,34% da participação da frota de ônibus.

### **c. Passo 3: definição da concentração do MP<sub>2,5</sub> para os cenários de intervenção**

Em primeiro lugar, foram consideradas as seguintes frotas para os cenários de intervenção:

- frota de ônibus (equivalente ao BUS);
- frota de caminhões pesados (equivalente ao HDT);
- frota de ônibus mais caminhões pesados (equivalente ao BUS+HDT).

Para cada uma dessas frotas foram consideradas as seguintes intervenções a partir de 2017:

- Basal: sem nenhuma implementação de novas fases do Euro no diesel;
- Implementação progressiva do Euro 6 no diesel, a partir de 2020;
- Implementação progressiva do Euro 6 no diesel, a partir de 2023.

#### 3.1: Criação do cenário basal (BAU), e dos cenários alternativos com implementação do diesel Euro 6 a partir de 2020 e a partir de 2023

Foi estimada a emissão ambiental total de material particulado das frotas movidas a diesel de ônibus, caminhões pesados e combinada, de ônibus + caminhões pesados, de 2017 até 2050, sem considerar qualquer implementação de motorização Euro 6, mas apenas a substituição natural de veículos mais antigos, por veículos novos Euro 5. Esta situação corresponde ao cenário Basal (BAU), ou “E6 – NO”

Sobre essa estimativa foram feitas duas alternativas:

- ✓ Cenário 1- supondo a mesma substituição de veículos mais antigos, mas por veículos novos Euro 6 a partir de 2020, ou “E6-2020”
- ✓ Cenário 2- supondo a mesma substituição de veículos mais antigos também por veículos novos Euro 6, mas a partir de 2023, ou “E6-2023”

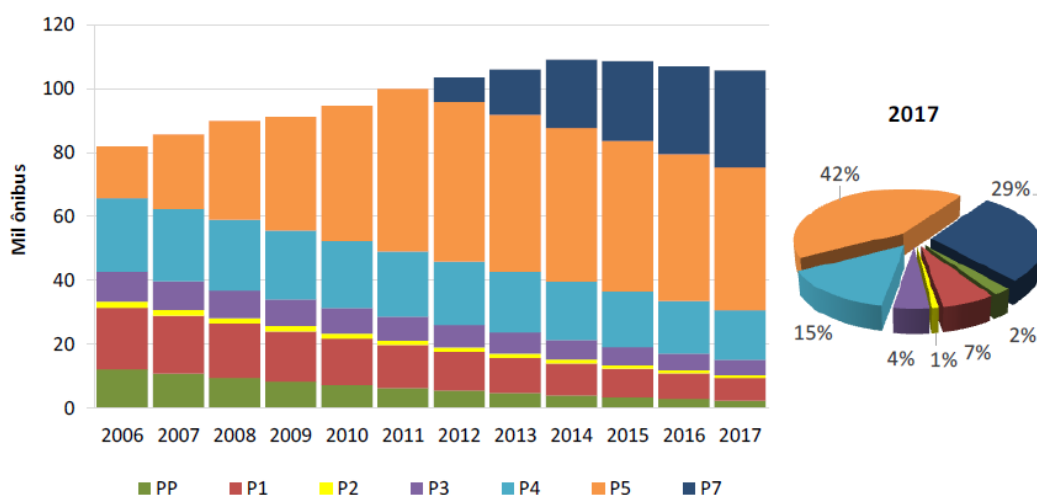


As Tabelas que representam os cenários de substituição da frota são apresentadas no Anexo. Elas foram formuladas pelo ICCT e disponibilizadas para este estudo. Sua construção se baseia em estudos econômicos, nas frotas, nas tecnologias da motorização a diesel, emissão anual de  $MP_{2,5}$  (em milhares de toneladas), e são projetadas, ano a ano, considerando a substituição da frota cuja vida útil é excedida e com menor nível de tecnologia de motorização, por veículos com motorização conforme cenário em estudo.

Para citar como exemplo, segundo a CETESB, observa-se, na Figura 14 e na Figura 15 a substituição gradativa e real da frota de veículos pesados, a cada nova fase do programa, ao longo dos anos.

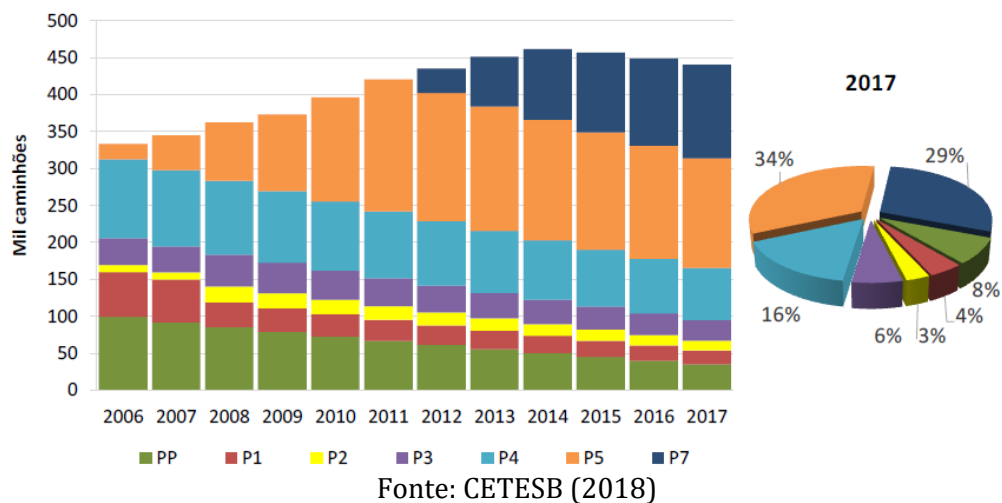
A Figura 14 e a Figura 15 demonstram o aumento de veículos já em consonância com a fase P-7 do PROCONVE, porém, demonstram também uma grande participação concomitante de veículos de tecnologias anteriores à fase P-4, que emitem muito mais poluentes. A renovação da frota de caminhões é ainda mais lenta do que as de ônibus. Em 2017, 37% da frota de ônibus pertenciam às fases anteriores ao P5, 34% à fase P-5 e apenas 29% da frota de caminhões eram de tecnologia correspondente à fase P-7.

**Figura 14.** Evolução da frota circulante de ônibus separada por fases do PROCONVE



Fonte: CETESB (2018)

**Figura 15.** Evolução da frota circulante de caminhões separada por fases do PROCONVE



Verifica-se, portanto, mesmo com a atualização das fases dos padrões de emissões dos veículos, a troca efetiva dos veículos circulantes ocorre de forma lenta e por um longo período – tendo como consequência a melhora gradual da emissão de poluentes.

➤ 3.2: Geração das projeções ambientais da variação do  $MP_{2,5}$  até 2050 para cada RM considerando o cenário 1 e o cenário 2, em comparação ao Basal

Foi estimado para cada RM sua correspondente concentração ambiental de  $MP_{2,5}$  (conforme Tabela 6), e estimada a responsabilidade ambiental de cada fonte (conforme Tabela 8), ambas referidas a 2017.

Na tabela dos cenários E6 – NO, E6-2020 e E6-2023 no Anexo, desde 2017, há a estimativa de emissão de MP pelas frotas de ônibus, caminhões pesados, e ônibus + caminhões pesados. Dessa forma a variação ambiental do  $MP_{2,5}$  dos cenários E6-2020 e E6-2023 em relação ao cenário basal E6 – NO, pode ser obtida anualmente até 2050.

Com essa variação ambiental do  $MP_{2,5}$  calculada, considerando as projeções anuais de mortes e morbidade para cada RM no horizonte do estudo, foi aplicada a modelagem epidemiológica para estimar a número anual de eventos de morbi-mortalidade associado a cada intervenção em relação ao basal.

### 3.3.2 Método Epidemiológico

#### 3.3.2.1 Impacto em Morbidade

O impacto em morbidade selecionado refere-se às internações hospitalares públicas e privadas por doenças respiratórias, cardiovasculares e neoplasia, nas faixas etárias apresentadas na Tabela 9. Salienta-se que as internações são pesquisadas para cada RM.

**Tabela 9.** Desfechos mórbitos a serem considerados na avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde, por faixas etárias de interesse

Faixa Etária	Desfechos	Grupo CID-10 e Observações
0 a 4 anos	Respiratório	Pneumonia Doença cardiovascular é evento raro
Mais de 40 anos	Neoplasias	Neoplasia de Brônquios, Traqueia e Pulmão
40 a 59 anos	Respiratório e cardiovascular	Bronquite, Enfisema, e outras Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas (DPOC), Acidente Vascular Cerebral, Infarto Agudo do Miocárdio, Infarto e Hemorragia cerebral, Outras Doenças isquêmicas do Coração
60 a 69 anos	Respiratório e cardiovascular	O mesmo acima
Mais de 69 anos	Respiratório e cardiovascular	O mesmo acima

Fonte: Elaboração própria.

Para cada faixa etária e desfecho foram escolhidos estudos epidemiológicos reconhecidos na literatura científica (ANDERSON et al., 2004; CANÇADO et al., 2006; GOUVEIA et al., 2006; MARTINS et al., 2006, ULIRSCH et al., 2007; HAMRA et al., 2014) com metodologias semelhantes.

Exceto o estudo de Hamra et al. (2014), todos os outros estudos foram realizados considerando como indicador de poluição, o material particulado inalável MP<sub>10</sub>.

Como relatado, o presente estudo utilizou como impacto ambiental a variação na concentração do material particulado inalável fino MP<sub>2.5</sub> e o fator de correção de 60%, para MP<sub>10</sub>, equivalente à média da razão entre MP<sub>2.5</sub> e MP<sub>10</sub> (CETESB, 2018), que inclusive, é respaldado pela razão estimada pela Organização Mundial da Saúde na Europa (WHO, 2006).

Dessa maneira, o coeficiente e o acréscimo na concentração de  $MP_{10}$  em cada um dos estudos acima relacionados é possível corrigir o coeficiente para considerar o acréscimo na concentração de  $MP_{2.5}$  na proporção de 60%.

Assim, foram obtidos os seguintes coeficientes, baseados nos estudos listados:

**Tabela 10.** Coeficientes de regressão adotados para o cálculo de risco de morbidade para exposição a material particulado inalável fino,  $MP_{2.5}$ , a partir dos estudos selecionados e considerando a relação entre  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$  de 60%

Faixa Etária	Respiratório	Cardiovascular	Câncer
0 a 4 anos	0,00395 (3)		
40 a 59 anos	0,00205 (1)	0,00133 (1)	
Mais de 40 anos			0,00862 (6)
60 a 69 anos	0,00363 (3)	0,00198 (4)	
Mais de 69 anos	0,01050 (2)	0,00228 (5)	

Fonte: Elaboração própria.

Os coeficientes acima foram utilizados para a estimativa do número de eventos atribuíveis à variação na concentração do material particulado inalável fino,  $MP_{2.5}$ .

O número de mortes ou internações atribuíveis corresponde ao cenário epidemiológico que seria verificado com o nível observado ou esperado de poluição, para cada uma das composições dos cenários.

O resultado final corresponde a quanto se evitaria de mortes e internações com a introdução da tecnologia P-8, Euro 6, em substituição à frota atual.

### 3.3.2.2 Impacto em Mortalidade

Para o impacto em mortalidade foi utilizada a mortalidade total anual por causas de mortes dos Capítulos I ao XVI da CID10 (mortes por causas naturais - óbitos gerais exceto as causas externas e as malformações) (OMS, 2007), com base nas recomendações da OMS (WHO, 2006), onde apenas concentrações ambientais acima de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração ambiental de  $MP_{2.5}$  implicarão em maior impacto em saúde, considerando que a cada variação ambiental desse poluente de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  será associado uma variação na mortalidade de 6%. Como esse impacto em mortalidade já está referido ao  $MP_{2.5}$ , o coeficiente para o cálculo do risco de morte resulta em 0,00583.

### 3.3.2.3 Cálculos do impacto em saúde

Para o cálculo do impacto em saúde, seja ela para morbidade ou mortalidade, da variação da poluição atmosférica obtida em diferentes cenários de intervenção, considerando que se trata de evento de contagem de eventos e as características de seu comportamento, utiliza-se o modelo de regressão de Poisson (ROTHMAN E GREENLAND, 1998), e seguindo as recomendações da *Environmental Burden of Disease* (OSTRO, 2004), é dado pela seguinte equação:

$$RR = \exp [\beta (X - X_0)] \quad \text{equação 1}$$

onde **RR** é o risco relativo de um determinado tipo de desfecho

**$\beta$**  é o coeficiente da regressão

**X** é a concentração atmosférica atual do poluente, em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**$X_0$**  é a concentração atmosférica basal ou de referência, em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Após o cálculo do risco relativo (RR) para um determinado tipo de desfecho, é possível se calcular a fração atribuível ou fração de impacto do efeito em saúde decorrente da exposição da população ao poluente atmosférico, dada pela equação simplificada abaixo:

$$FA = (RR - 1) / RR \quad \text{equação 2}$$

onde **FA** é a fração atribuível ou fração de impacto

**RR** é o risco relativo de um determinado tipo de desfecho

Dessa maneira, o número esperado de eventos de morbidade ou mortalidade da exposição ambiental da população pode ser calculado pela seguinte equação:

$$E = FA \times B \times P \quad \text{equação 3}$$

onde **E** é o número esperado de eventos em saúde devido à exposição ambiental

**FA** é a fração atribuível ou fração de impacto

**B** é a taxa de incidência populacional do efeito em saúde em estudo

**P** é a população total exposta para o efeito em saúde

O produto das variáveis B e P pode ser substituído pelo número total de casos do

desfecho em saúde em estudo, caso disponível.

### **3.3.2.4 Dados demográficos**

#### **Metodologia de estimativas dos óbitos e internações hospitalares**

O objetivo é estimar, até o ano de 2050, o volume de óbitos segundo causas de mortes dos Capítulos I ao XVI da CID10 (OMS, 2007) e o volume de internações hospitalares no sistema público e privado de saúde por grupos de morbidades cardiovasculares, respiratórias e neoplasias para as seis RMs.

Partindo de 2016 como ano base, considerou-se como parâmetro as probabilidades específicas da mortalidade e as taxas específicas de internações. Esses indicadores combinados com as projeções populacionais por idade, prospectaram, a partir de um risco observado, como descrito anteriormente, os prováveis volumes futuros de óbitos e internações.

Os volumes projetados para cada RM constituem denominadores do cálculo da fração atribuível ao risco de morte e de internação por poluição do ar, estimados nas etapas seguintes.

Tais informações também constituem subsídios para os cálculos dos anos de vida perdidos (YLL), das projeções dos custos das internações hospitalares no sistema público e privado de saúde, e o custo da mortalidade por perda de produtividade.

### **3.3.2.5 Fontes de dados**

Utilizou-se como fonte os portais do IBGE (IBGE, s.d.), do DATASUS disponível no site do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, s.d.) e da ANS Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS, 2016).

Tratam-se das fontes responsáveis pela sistematização, armazenamento e divulgação dos dados oficiais referentes à dinâmica demográfica e dos indicadores do setor de saúde.

No site do IBGE estão armazenadas as informações sobre projeções populacionais por grupos de idade e as tábuas de mortalidade para as Unidades da Federação (UFs) referentes a edição de 2018.

O portal do DATASUS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, s.d.) em sua aplicação TABNET disponibiliza informações sobre o volume de óbitos observado para cada ano segundo diferentes níveis geográficos - municípios, regiões e estados – e características do falecido como idade, sexo e causa de morte, além das informações sobre internação hospitalar (SIH/SUS) na rede pública segundo morbididades e custos. Neste sistema encontra-se também as estimativas do volume populacional para o período intercensitário por sexo e idade para várias desagregações geográficas: municípios, UFs e Regiões<sup>9</sup>.

Para levantamento de informações sobre o volume de internações hospitalares no sistema privado de saúde utilizou-se o site da ANS que disponibiliza, além de outras informações, o volume de beneficiários por assistência médica segundo Regiões Metropolitana e grupos de idade.

Importante salientar que neste estudo foram contabilizadas as internações de ordem privada, cuja participação das internações é relevante em todas as RMs, como se pode ver na Tabela 11, a seguir.

**Tabela 11.** Taxa de Cobertura de planos de Saúde Assistência Médica - ANS por RM e total no país, em dezembro de 2016

LOCALIDADE	TAXA DE COBERTURA %
BRASIL	25
RMSP	50,5
RMRJ	40,1
RMBH	42,2
RMVI	44,5
RMC	43,1
RMPA	36,2

Fonte: ANS (2016).

### 3.3.2.6 Hipóteses e parâmetros utilizados

Para estimar o volume futuro de óbitos e internações optou-se por utilizar método derivado das informações demográficas ao invés de extrapolar tendências a partir de

<sup>9</sup> O IBGE, órgão responsável pelas projeções populacionais do país não estima os resultados detalhados para os grupos etários segundo municípios e áreas metropolitanas. Essas informações são levantadas nos Censos Demográficos realizados a cada 10 anos e para o cálculo dos indicadores socioedemográficos para os períodos intercensitários e, em cumprimento ao dispositivo constitucional para a distribuição do Fundo de Participação de Estados e Municípios conduzida pelo TCU, são calculadas estimativas apenas da população total.



funções matemáticas preservando, dessa forma, os efeitos das transformações demográficas em curso na população brasileira, sobretudo aqueles relacionados com as mudanças nos padrões reprodutivos - redução no volume de nascimentos - e o concomitante aumento da longevidade. Sabe-se que tais mudanças implicam na diminuição da participação de crianças e jovens representados pelo estreitamento da base da pirâmide etária da população e um simultâneo aumento proporcional da população idosa, o que resulta em um incremento no número de óbitos (ERVATTI et al., 2015).

De modo geral, os indicadores de mortalidade e morbidade são referências para mensurar a qualidade de vida da população de determinado país ou região. O padrão de mortalidade pode ser estimado através de tabela de sobrevivência que fornece medida global da mortalidade de determinada população e o de morbidade pelas internações hospitalares dimensionada a partir de taxas específicas, segundo morbidades e grupos etários específicos. Tratam-se de excelentes medidas do fenômeno pois não estão sujeitas à influência da composição etária.

Para o cálculo do número de mortes foram utilizados o coeficiente de mortalidade  $nM_x$  das tabuas de sobrevivência para 2020 até 2030 projetadas pelo IBGE (IBGE, s/d) para cada ano e UF, assumindo-se que o padrão de mortalidade da UF seria o mesmo que o da respectiva RM. Para o período 2030 a 2050 associou-se tábuas de mortalidade de UFs com padrões etários e tendência de esperança de vida semelhantes com ajustes. Optou-se também por ajustar o volume de óbitos estimados pelas tábuas de sobrevivência segundo os grupos de idade observados nos dados do DATASUS supondo que as diferenças observadas para o ano de 2016 tenderiam a zero até o final do período projetado.

Para estimar o número de internações é necessário dispor de informações sobre projeções populacionais por RMs e grupos etários. Ressalte-se que as projeções do IBGE são feitas para o Brasil como um todo e as UFs e não estão disponíveis para as Regiões Metropolitanas; e, por outro lado, o DATASUS disponibiliza estimativas populacionais para o período intercensitário segundo áreas geográficas desagregadas, inclusive para as RMs. Adotou-se então a hipótese de que o volume de cada grupo etário para cada RM para o ano de 2016 (DATASUS) seria dado pela participação relativa do mesmo grupo etário em suas respectivas UF (IBGE) ao longo do período projetado.

Dessa forma, para estimar as internações hospitalares na rede pública supôs-se que as taxas específicas permaneceriam constantes durante todo o período da projeção, método conhecido como projeção por taxa fixa (FINLAYSON et al. 2005).

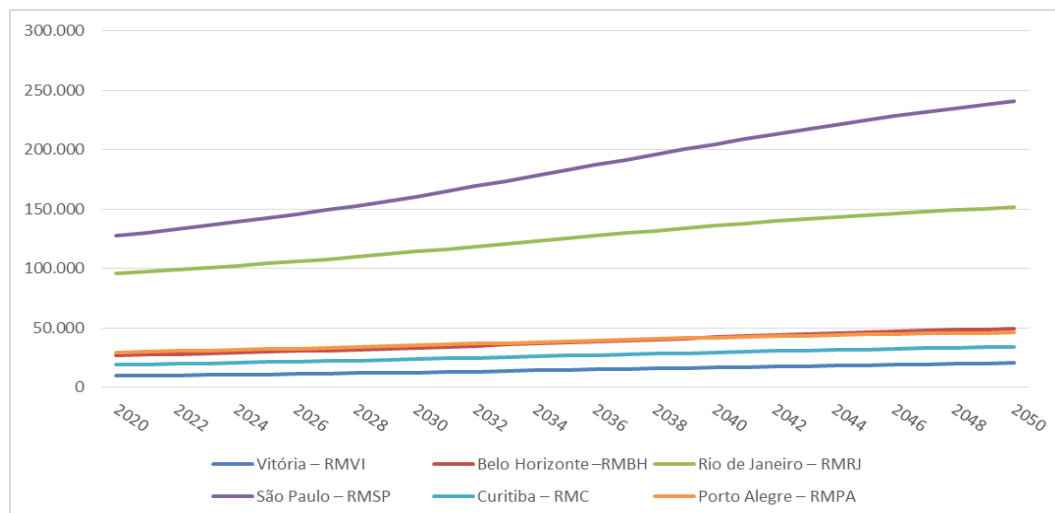
No caso das internações no setor privado, segundo a Agência Nacional de Saúde Suplementar, cerca de 25% da população brasileira tinha acesso a planos de saúde em dezembro de 2016. Entretanto, ao nível regional, essa cobertura é bastante desigual e para as áreas do estudo variavam entre 50,5% na Região Metropolitana de São Paulo até 36,2% na Região Metropolitana de Porto Alegre (Tabela 8). Sendo assim, considerar apenas as internações públicas no escopo do estudo subestimaria os resultados epidemiológicos obtidos. No entanto, os dados disponíveis sobre utilização de serviços e morbidade no banco de dados público da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) são insuficientes para analisar de forma compatível com internações públicas segundo os grupos da CID10 e faixa etária conforme o desenho metodológico do projeto.

Adotou-se assim as seguintes hipóteses para calcular o volume das internações da rede suplementar: o total de internações no setor privado segundo desfecho e grupos etários equivaleria proporcionalmente as internações do setor público e seria dado pelas taxas de cobertura dos beneficiários de planos de saúde de Assistência Médica divulgadas pela ANS para o ano de 2016; a distribuição segundo desfecho e grupos de idade seria idêntica daquela observada para as internações públicas e; a taxa de internação estimada para o setor também se manteria fixa ao longo dos anos.

No caso dos óbitos, para a soma das RMs do projeto, o volume passaria de 310 mil em 2015 para aproximadamente 543 mil em 2025, representando um aumento de 75,1% neste período como se pode observar no Gráfico 1.

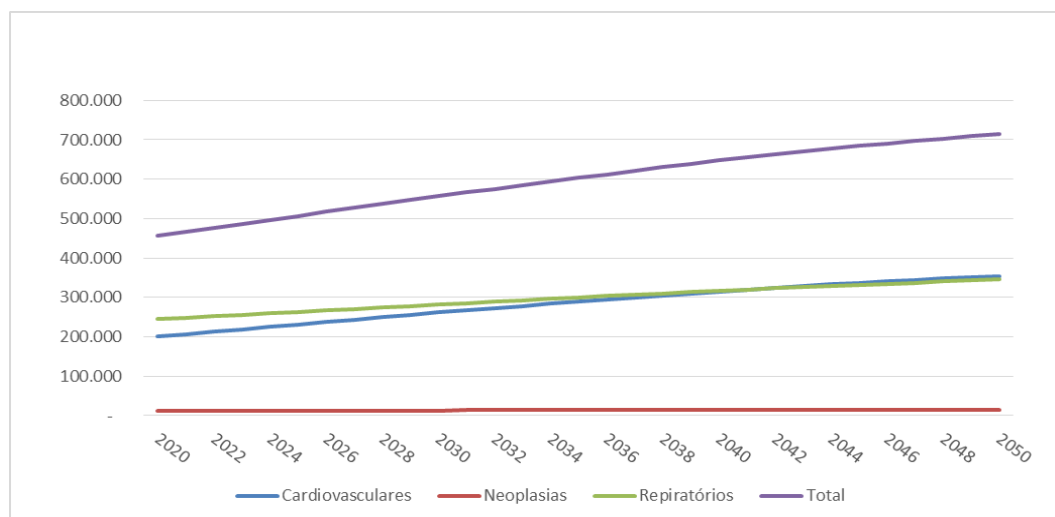
Para a morbidade, estima-se que o volume de internações hospitalares públicas passaria de 425 mil para 714 mil entre o período 2020 e 2050 (Gráfico 2).

**Gráfico 1.** Projeção do Volume de Óbitos dos Capítulos I ao XVI - Regiões Metropolitanas selecionadas – 2020 a 2050



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 2.** Projeção do número de internações hospitalares públicas e privadas das morbidades Cardiovasculares, Respiratórias e Neoplasias, para grupos etários selecionados e Regiões Metropolitanas selecionadas - 2020-2050



Fonte: Elaboração própria.

### 3.3.2.7 Anos de vida perdidos

Trata-se do *DALY*, ou *Disability Adjusted Life Years* que corresponde ao indicador criado no âmbito do estudo da carga de doenças da Organização Mundial de Saúde em conjunto com pesquisadores da Universidade de Harvard (MURRAY e LOPEZ, 1996) para quantificar a mortalidade prematura e a incapacidade pela doença na população.

O *DALY* parte da premissa de que a melhor forma de mensurar a carga (gravidade) de doenças na população é por meio de medidas em unidades de tempo. Por esse motivo, o *DALY* corresponde ao número de anos de vida perdidos: em decorrência da mortalidade prematura ou vividos com incapacidade, então sendo mensurado pela conjugação dos dois componentes:

$DALY = YLL + YLD$ , onde:

*YLL* - *Years Life Lost* (em inglês), mensura a mortalidade prematura, ou seja, corresponde aos **anos de vida perdidos pela morte precoce**, enquanto,

*YLD* *Years Life Disability* (em inglês), corresponde aos **anos de vida perdidos por viver com incapacidade** (ou seja, vividos com incapacidade).

Os resultados do *DALY* são apresentados em anos de vida perdidos.

No caso deste estudo, estamos nos referindo aos *DALYS EVITADOS* (*DALYs averted*), ou seja, o ganho de anos de vida devido ao benefício da redução da poluição do ar.

Para estimar os anos de vida perdidos (*YLL*), utilizou-se metodologia que subtrai a idade do óbito prematuro de um limite de anos de vida esperado (esperança de vida) de determinado grupo populacional.

Tradicionalmente, o cálculo considera o total de mortes em cada grupo etário subtraindo a esperança de vida no mesmo grupo etário estimado pelas tábuas de vida modelo nível 26, do modelo Oeste que corresponde à esperança de vida feminina do Japão, a mais alta encontrada. Para contextualizar o padrão de mortalidade para o nível nacional,

utilizou-se as tábuas de vida para as UF's segundo o ano projetado pelo IBGE. A soma de todos os YLL em cada grupo etário corresponde, então, ao total de anos de vida perdidos prematuramente.

Os anos perdidos de vida por morte precoce evitados foram calculados para todas as RMs.

Com o uso dos dados disponíveis no IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation), foram levantados os números correspondentes aos YLLs e DALYs para todas as causas de morte naturais dos estados das seis regiões metropolitanas de 1990 a 2017 (GLOBAL BURDEN OF DISEASE NETWORK, 2018). A partir deste ponto, utilizando-se o YLL calculado nesta pesquisa, chegou-se aos indicadores YDL e DALY evitados correspondentes para cada estado e aplicados para as RMs.

### 3.3.3 Método Econômico

Refere-se à valoração em termos monetários das alterações da medida ambientais (a redução do  $MP_{2,5}$ ) sobre a morbimortalidade.

Foram realizados dois tipos de cálculo: os custos diretos associados às internações nas redes pública e privada, e a valoração econômica da morte em saúde, a partir da perda de produtividade.

Para o DALY, a valoração foi estimada pelo Valor de Vida Estatístico (VVE).

Lembrando que neste estudo, os cálculos dos custos referem-se aos custos evitados, ou aos ganhos ou à economia de gastos, pois a intervenção da implementação do Euro 6 trará ganhos.

Justamente, os ganhos em saúde e seus custos podem ser pensados como o benefício que se vale para o investimento em políticas em outras áreas, que tragam melhorias ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável.

O valor do dólar em 2016 é 3,4901 (IBGE- IPEDATA, 2016). O valor do PIB nacional Brasil em 2016 corresponde a R\$6,2 trilhões (R\$ 6.267.205.000.000,00) (IBGE, 2016).

### 3.3.3.1 Valoração das internações hospitalares

Para o cálculo do valor total das internações no Sistema Público de Saúde atribuíveis a poluição do ar, o valor médio das internações em cada grupo etário foi multiplicado pelo número de internações conforme os valores levantados no portal do DATASUS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, s.d.). Para estimar o custo das internações do Sistema de Saúde Suplementar segundo os grupos de morbidade da CID 10 baseou-se no fator 1:3 do custo de internação SUS: Suplementar (ANDRÉ et al. 2012b). Os valores para os anos projetados foram mantidos no mesmo nível de 2016.

### 3.3.3.2 Valoração da morte

A valoração da morte foi determinada pela metodologia em decorrência da perda de produtividade do trabalho assalariado baseada no cálculo dos anos de vida perdidos pela morte precoce por faixa etária (ZIVIN e NEIDELL, 2013; NARAI e SALL, 2016). Como *proxy* para a produtividade do trabalho, adotou-se o valor do rendimento médio de todos os trabalhos (para faixa etária acima de 14 anos) para o ano de 2016 em cada RM segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD contínua) (IBGE, 2016). Ou seja, a valoração das mortes neste caso exclui as mortes em crianças menores de 14 anos.

O custo da mortalidade é calculado com base no número de anos de vida perdidos devido à morte precoce.

### 3.3.3.3 Valoração dos anos de vida perdidos (DALY)

Há uma outra forma de se mensurar o valor dos anos perdidos tanto pela morte prematura quanto pelos anos vividos com incapacidade EVITADOS, que também foi realizada neste estudo.

Políticas governamentais que melhorem a qualidade do ar são necessárias e a análise de custo benefício dessas políticas impõe que se estime, em termos monetários, o mais importante benefício associado a essas políticas: a redução do risco de morte da população. Para tanto, pode-se utilizar o Valor de Vida Estatística, o VVE, uma medida econômica utilizada em análises de custo benefício (VISCUSI e ALDY, 2002; VISCUSI,

2011). Quando se faz a avaliação de uma política de saúde, por exemplo, é necessário estimar tanto os custos diretos envolvidos quanto os custos valorados pela sociedade por uma vida salva. O VVE corresponde, então, a um valor de compensação por vida salva ou por uma vida sem incapacidade. Ele pode ser calculado por meio de equações salariais, quando a política em questão envolve um bem de mercado, ou por meio de valoração contingente. No primeiro caso, seria o valor que compensaria o risco de morte no trabalho, por exemplo, para medir o custo do risco ocupacional. No segundo caso, seria uma técnica para avaliação de recursos que não são de mercado, como o meio ambiente, como neste estudo. O cálculo do VVE por meio da valoração contingente é feito através de questionários, *surveys*, que perguntam o quanto as pessoas estariam dispostas a pagar para manter a existência de um determinado recurso ou serem compensadas pela perda desse recurso. É então uma metodologia que possui uma variabilidade entre as populações de diferentes lugares, pois depende de fatores como idade, grau de escolarização, renda e percepção do problema apresentado quando da aplicação dos questionários.

Como exemplificado pela USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) americana: “Suponha que cada pessoa em uma amostra de 100.000 pessoas tenha sido questionada sobre quanto estaria disposta a pagar por uma redução no risco individual de morrer de 1 em 100.000, ou 0,001%, ao longo do próximo ano. Como essa redução no risco significaria que esperaríamos uma morte a menos na amostra de 100.000 pessoas no ano seguinte, em média, isso às vezes é descrito como “uma vida estatística salva”. Agora suponha que a resposta média a essa questão hipotética foi US\$ 100. Então, a quantia total em dólares que o grupo estaria disposto a pagar para salvar uma vida estatística em um ano seria US\$ 100 por pessoa x 100.000 pessoas, ou US\$ 10 milhões, o que significa “o valor de uma vida estatística”.

Ortiz et al (2009) realizaram uma avaliação contingente em São Paulo que estimou a disposição a pagar (DAP) - em inglês, *willing to pay* (WTP) - da população para reduzir seu risco de morte por poluição do ar - o valor de uma vida estatística (VVE). Os autores sugerem, para uso em políticas públicas, valores de VVE entre US\$0.41 – 0.49 milhões.

Nesse contexto, além da perda de produtividade, calculado diretamente para as mortes precoces, obteve-se a valoração econômica partindo-se do *DALY* - no presente



estudo - para transformar os anos de vida perdidos pela morte prematura e pelos anos vividos com incapacidade, em custo econômico da poluição atmosférica.

Decidiu-se utilizar o intervalo de VVE correspondente a US\$0.41 – 0.49 milhões – o valor que a sociedade paulista deu para o risco de morte por poluição atmosférica (ORTIZ et al. 2009).

Para a valoração econômica da perda de saúde e da vida atribuível à poluição atmosférica, então, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{Valoração}_{\text{atrib}} = \text{VVE}_{\text{pol}} * \text{DALY}_{\text{atrib}}$$

Onde:

$\text{Valoração}_{\text{atrib}}$  = valoração econômica em saúde atribuível à poluição atmosférica,

$\text{VVE}_{\text{pol}}$  = Valor de Vida Estatístico atribuível à poluição,

$\text{DALY}_{\text{atrib}}$  = YLL + YDL atribuível à poluição

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Mortalidade e Morbidade

O objetivo dessa seção é apresentar os resultados epidemiológicos, em termos de mortes gerais, internações hospitalares públicas e privadas, *DALY* e os seus custos respectivos, para cada RM.

O impacto em saúde - MORTALIDADE EVITADA ou VIDAS SALVAS - devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, na frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas - e sua respectiva valoração econômica – o que se deixou de perder em produtividade, ou melhor, a produtividade ganha, a partir de 2023 a 2050, nas seis Regiões Metropolitanas (RMs) é apresentado a seguir, de acordo com a Tabela 12.

**Tabela 12.** Mortes EVITADAS nas seis regiões metropolitanas devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas, com sua respectiva valoração econômica, entre os anos 2023 a 2050

LOCAL (RM)	FROTA			ORÇAMENTO		
	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados
São Paulo	-22.641	-40.683	-63.324	11.275.083.198,00	20.252.046.654,00	31.527.129.852,00
Rio de Janeiro	-18.742	-33.708	-52.450	7.077.907.125,00	12.724.070.850,00	19.801.977.975,00
Belo Horizonte	-4.660	-8.364	-13.024	1.652.569.632,00	2.965.166.904,00	4.617.736.536,00
Vitória	-1.391	-2.498	-3.889	514.591.008,00	924.031.632,00	1.438.622.640,00
Curitiba	-2.163	-3.877	-6.040	877.385.808,00	1.572.265.812,00	2.449.651.620,00
Porto Alegre	-3.338	-5.983	-9.321	1.269.735.750,00	2.274.388.875,00	3.544.124.625,00
<b>6 RMS</b>	<b>-52.935</b>	<b>-95.113</b>	<b>-148.048</b>	<b>22.667.272.521,00</b>	<b>40.711.970.727,00</b>	<b>63.379.243.248,00</b>

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se para as seis RMs, a soma de 148.048 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$63,4 BI (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

Observa-se para as seis RMs, a soma de 95.113 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$40,7 BI (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

Observa-se para as seis RMs, a soma de 52.935 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$22,7 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMSP, observa-se a soma de 63.324 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$31,5 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMSP, observa-se 40.683 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$ 20,2 BI (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMSP, observa-se 22.641 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$11,3 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMRJ, observa-se a soma de 52.450 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$19,8 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMRJ, observa-se 33.708 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$ 12,7 BI (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMRJ, observa-se 18.742 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$7,1 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

Observa-se que, embora os números de mortes evitadas nas RMRJ e RMSP serem relativamente próximos, 52.450 e 63.324, o custo em produtividade difere muito entre ambas - 19,8 bi e 31,5 bi, respectivamente, e isso se deve ao rendimento em SP, segundo o PNAD ser quase R\$ 653,00 maior do que no RJ. O estudo utilizou o rendimento regional e não o rendimento médio nacional.

No caso da RMBH, observa-se a soma de 13.024 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$4,6 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMBH, observa-se 8.364 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$2,9 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMBH, observa-se 4.660 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$1,6 bi (bilhão de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMV, observa-se a soma de 3.889 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$1,4 bi (bilhão de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMV, observa-se 2.498 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$924 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMV, observa-se 1.391 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$515 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMC, observa-se a soma de 6.040 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$2,5 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMC, observa-se 3.877 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$1,6 bi (bilhão de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMC, observa-se 2.163 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$877,4 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMPA, observa-se a soma de 9.321 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$3,5 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMPA, observa-se 5.983 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$ 2,3 BI (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMPA, observa-se 3.338 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$1,3 bi (bilhão de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

O impacto em saúde – MORBIDADE EVITADAS – entendida como as internações hospitalares públicas e privadas devido às doenças cardiovasculares, respiratórias e câncer de pulmão atribuíveis à poluição do ar – decorrente da implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, na frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas - e sua respectiva valoração econômica, ou seja, a economia em gastos hospitalares, a partir de 2023 a 2050, nas seis Regiões Metropolitanas (RMs) é apresentado a seguir, de acordo com a Tabela 13.

**Tabela 13.** Morbidade total (internações hospitalares públicas e privadas) EVITADAS nas seis regiões metropolitanas devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas, com sua respectiva valoração econômica, entre os anos 2023 a 2050

LOCAL (RM)	FROTA			ORÇAMENTO		
	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados
São Paulo	-26.908	-48.413	-75.321	98.992.453,00	178.107.696,00	277.100.149,00
Rio de Janeiro	-9.243	-16.653	-25.896	24.379.206,00	43.923.713,00	68.302.919,00
Belo Horizonte	-5.876	-10.578	-16.454	26.882.294,00	48.393.612,00	75.275.906,00
Vitória	-1.401	-2.513	-3.914	6.562.248,00	11.770.828,00	18.333.076,00
Curitiba	-2.945	-5.277	-8.222	17.838.209,00	31.963.397,00	49.801.606,00
Porto Alegre	-5.534	-9.954	-15.488	17.841.956,00	32.092.305,00	49.934.261,00
<b>6 RMS</b>	<b>-51.907</b>	<b>-93.388</b>	<b>-145.295</b>	<b>192.496.366,00</b>	<b>346.251.551,00</b>	<b>538.747.917,00</b>

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se para as seis RMs, a soma de 145.295 internações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$539 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

Observa-se para as seis RMs, a soma de 93.338 internações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$346 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

Observa-se para as seis RMs, a soma de 51.907 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$192 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMSP, observa-se a soma de 75.321 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$277 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMSP, observa-se a soma de 48.413 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$178 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMSP, observa-se a soma de 26.908 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$98 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMRJ, observa-se a soma de 25.896 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$68 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMRJ, observa-se a soma de 16.653 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$44 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMRJ, observa-se a soma de 9.243 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$24 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMBH, observa-se a soma de 16.454 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$75 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMBH, observa-se a soma de 10.578 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$48 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMBH, observa-se a soma de 5.876 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$27 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMV, observa-se a soma de 3.914 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$18,3 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMV, observa-se a soma de 2.513 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$11,7 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMV, observa-se a soma de 1.401 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$6,6 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMC, observa-se a soma de 8.222 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$49,8 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMC, observa-se a soma de 5.277 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$32 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMC, observa-se a soma de 2.945 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$18 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMPA, observa-se a soma de 15.488 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$49,9 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMPA, observa-se a soma de 9.954 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de caminhões pesados, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$32 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

No caso da RMPA, observa-se a soma de 5.534 interações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$18 mi (milhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

E na Tabela 14, é possível observar - diante das interações - as públicas e privadas, separadamente, e seus respectivos custos.



**Tabela 14.** Morbidade - internações hospitalares públicas e privadas separadas – EVITADAS - nas seis regiões metropolitanas devido à implementação da tecnologia Euro 6 na frota de ônibus, frota de caminhões pesados e em ambas as frotas somadas, com sua respectiva valoração econômica, entre os anos 2023 a 2050

LOCAL (RM)	Internações	Ônibus		Pesados		Ônibus + Pesados	
		Número de desfechos	Orçamento	Número de desfechos	Orçamento	Número de desfechos	Orçamento
São Paulo – 2023	Públicas	14.652	28.206.985,00	26.363	50.750.146,00	41.012	78.957.131,00
	Privadas	12.256	70.785.468,00	22.050	127.357.550,00	34.309	198.143.018,00
Rio de Janeiro – 2023	Públicas	5.875	8.964.641,00	10.585	16.151.484,00	16.459	25.116.125,00
	Privadas	3.368	15.414.565,00	6.068	27.772.229,00	9.437	43.186.794,00
Belo Horizonte – 2023	Públicas	3.588	9.209.732,00	6.451	16.579.390,00	10.034	25.789.122,00
	Privadas	2.288	17.672.562,00	4.127	31.814.222,00	6.420	49.486.784,00
Vitória – 2023	Públicas	842	2.186.572,00	1.507	3.922.097,00	2.352	6.108.669,00
	Privadas	559	4.375.676,00	1.006	7.848.731,00	1.562	12.224.407,00
Curitiba - 2023	Públicas	1.785	6.034.992,00	3.197	10.813.802,00	4.976	16.848.794,00
	Privadas	1.160	11.803.217,00	2.080	21.149.595,00	3.246	32.952.812,00
Porto Alegre – 2023	Públicas	3.676	7.091.025,00	6.612	12.754.617,00	10.288	19.845.642,00
	Privadas	1.858	10.750.931,00	3.342	19.337.688,00	5.200	30.088.619,00
6 RMs - 2023	Públicas	30.418	61.693.947,00	54.715	110.971.536,00	85.121	172.665.483,00
	Privadas	21.489	130.802.419,00	38.673	235.280.015,00	60.174	366.082.434,00

Fonte: Elaboração própria.

Em laranja: Do total das 145.295 internações evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, e uma economia em gastos hospitalares públicos (SUS) e privados de R\$539 mi (milhões de reais), observa-se que se devem:

- 85.121 internações públicas ao custo de R\$172,6 milhões
- 60.174 internações privadas ao custo de R\$366 milhões

Considerando a frota de ônibus apenas, nas 6 RMs, observa-se 51.907 internações públicas e privadas evitadas devido à implementação de Euro 6, a uma economia em gastos hospitalares públicos e privados de R\$192 mi (milhões de reais), compostos por:

- 30.418 internações públicas ao custo de R\$61,7 milhões
- 21.489 internações privadas ao custo de R\$131 milhões

No caso da RMSP, do total das 75.321 internações evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, e uma economia em gastos públicos e privados de R\$277 mi (milhões de reais), observa-se que se devem:

- 41.012 internações públicas ao custo de R\$78,9 milhões
- 34.309 internações privadas ao custo de R\$198,1 milhões

Em se tratando da frota apenas de ônibus, observa-se 26.908 internações evitadas devido à implementação de Euro 6, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$ 98 mi (milhões de reais), que se devem:

- 14.652 internações públicas ao custo de R\$28,2 milhões
- 12.256 internações privadas ao custo de R\$70,8 milhões

E, em relação à frota apenas de caminhões pesados, observa-se 48.413 internações evitadas devido à implementação de Euro 6, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$178 mi (milhões de reais), que se devem:

- 26.363 internações públicas ao custo de R\$ 50,7 milhões
- 22.050 internações privadas ao custo de R\$ 127,4 milhões

Para a RMRJ, do total das 25.896 internações evitadas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, e uma economia em gastos públicos e privados de R\$68 mi (milhões de reais), observa-se que se devem:

- 16.459 internações públicas ao custo de R\$25,1 milhões
- 9.437 internações privadas ao custo de R\$43,2 milhões

Os demais dados das outras RMs e tipos de frotas podem ser deduzidos da mesma forma.

Salienta-se que o custo da morbidade pode totalizar valores muito discrepantes para volumes similares de internações por dois motivos: as variações do grau de cobertura da saúde suplementar e do valor médio das internações segundo as RMs. Maior cobertura representará maior número de internações no setor privado que agrega valor mais alto ao orçamento, pois o custo baseou-se no fator 1:3. Por outro lado, o valor médio da internação para as morbidades no DATASUS também é diferente por RM.

#### **4.2 PROCONVE - Definição da nova fase P8**

Em relação ao impacto em perda de saúde devido a decisão - o atraso da implementação do Euro 6 para 2023, ao invés de 2020, é mostrado nas tabelas apresentadas a seguir.

**Tabela 15.** Impacto em Mortalidade e Morbidade (internações públicas e privadas) EVITADAS para as seis RMs e seus respectivos custos devido à implementação do Euro 6 para ambas as frotas, ônibus + caminhões pesados, a partir de 2023, comparado a 2020 – e o resultado desta perda (menos vidas salvas e menor número de internações)

PESADOS	2.020	2.023	PERDA
MORTALIDADE	-157.987	-148.048	-9.939
CUSTOS EM PERDA DE PRODUTIVIDADE	67.979.893.044,00	63.379.243.248,00	-4.600.649.796,00
MORBIDADE (INTERNAÇÕES HOSPITALARES PÚBLICAS E PRIVADAS)	-155.027	-145.295	-9.732
CUSTOS DAS INTERNAÇÕES	574.657.665,00	538.747.917,00	-35.909.748,00

Fonte: Elaboração própria

A implementação do Euro 6 (Fase P-8 no Brasil) para as frotas ônibus + caminhões pesados, em 2020, evitaria 157.987 mortes prematuras que corresponde a um custo evitado por perda de produtividade estimado em R\$67,9 bi (bilhões de reais) - e 155.027 internações hospitalares por um custo de R\$575 mi (milhões de reais) - por exposição ao particulado fino, em seis regiões metropolitanas (SP, RJ, BH, Vitória, Curitiba e Porto Alegre) correspondente a 1/4 da população do país. Observa-se na segunda coluna os números comparativos ao se iniciar a implementação em 2023.

Segundo o estudo, os resultados comparados à recém-aprovação pelo CONAMA que determina a nova fase P-8 do PROCONVE (Euro 6) vigorar apenas a partir de 2023 – um atraso de três anos: custará a vida de 10 mil brasileiros (9.939) e 9.732 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$ 4,6 BI (bilhões de reais) e R\$36 mi (milhões de reais).

**Tabela 16.** Impacto em Mortalidade e Morbidade (internações públicas e privadas) para as seis RMs e seus respectivos custos devido à implementação do Euro 6 para a frota de caminhões pesados, a partir de 2023, comparado a 2020 – e o resultado desta perda (menos vidas salvas e menor número de internações)

PESADOS	2.020	2.023	PERDA
<b>MORTALIDADE</b>	-101.482	-95.113	-6.369
<b>CUSTOS EM PERDA DE PRODUTIVIDADE</b>	43.658.857.359,00	40.711.970.727,00	-2.946.886.632,00
<b>MORBIDADE (INTERNAÇÕES HOSPITALARES PÚBLICAS E PRIVADAS)</b>	-99.620	-93.388	-6.232
<b>CUSTOS DAS INTERNAÇÕES</b>	369.259.894,00	346.251.551,00	-23.008.343,00

Fonte: Elaboração própria

Para a frota de caminhões pesados, a implementação do Euro 6 (Fase P-8 no Brasil), em 2020 (até 2050), evitaria 101.482 mortes prematuras que corresponde a um custo por perda de produtividade estimado em R\$43,7 bi (bilhões de reais) - e 99.620 internações hospitalares por um custo de R\$369,3 mi (milhões de reais) - por exposição ao particulado fino, em seis regiões metropolitanas (SP, RJ, BH, Vitória, Curitiba e Porto Alegre), correspondente a 1/4 da população do país. Observa-se na segunda coluna os números comparativos ao se iniciar a implementação em 2023.

Segundo o estudo, os resultados comparados à recém-aprovação pelo CONAMA que determina a nova fase P-8 do PROCONVE (Euro 6) vigorar apenas a partir de 2023 – um atraso de 4 anos: custará a vida de 6.369 brasileiros e 6.232 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$2,9 bi (bilhões de reais) e R\$23 mi (milhões de reais).

**Tabela 17.** Impacto em Mortalidade e Morbidade (internações públicas e privadas) para as seis RMs e seus respectivos custos devido à implementação do Euro 6 para a frota de ônibus, a partir de 2023, comparado a 2020 – e o resultado desta perda (menos vidas salvas e menor número de internações)

ÔNIBUS	2.020	2.023	PERDA
<b>MORTALIDADE</b>	-56.505	-52.935	-3.570
<b>CUSTOS EM PERDA DE PRODUTIVIDADE</b>	24.321.035.685,00	22.667.272.521,00	-1.653.763.164,00
<b>MORBIDADE (INTERNAÇÕES HOSPITALARES PÚBLICAS E PRIVADAS)</b>	-55.407	-51.907	-3.500
<b>CUSTOS DAS INTERNAÇÕES</b>	205.397.771,00	192.496.366,00	-12.901.405,00

Fonte: Elaboração própria

Para a frota de ônibus apenas, a implementação do Euro 6 (Fase P-8 no Brasil), em 2020 (até 2050), evitaria 56.505 mortes prematuras que corresponde a um custo por perda de produtividade estimado em R\$24,3 bi (bilhões de reais) - e 55.407 internações hospitalares por um custo de R\$205,4 MI (milhões de reais) - por exposição ao particulado fino, em seis regiões metropolitanas (SP, RJ, BH, Vitória, Curitiba e Porto Alegre), correspondente a 1/4 da população do país. Observa-se na segunda coluna os números comparativos ao se iniciar a implementação em 2023.

Segundo o estudo, os resultados comparados à recém-aprovação pelo CONAMA que determina a nova fase P-8 do PROCONVE (Euro 6) vigorar apenas a partir de 2023 – um atraso de 4 anos: custará a vida de 3.570 brasileiros e 3.500 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$1.69 bi (bilhão de reais) e R\$12,9 mi (milhões de reais).

A Tabela 18 e a Tabela 19 mostram os dados calculados de Mortalidade e Morbidade totais evitadas e seus respectivos custos - para os dois cenários: os resultados a implementação do Euro 6 em 2020 e em 2023; para cada RM e a somatória dos dados das 6 RMs; e de acordo com a frota.

**Tabela 18.** Mortalidade evitada e seus respectivos custos - para os dois cenários: os resultados a implementação do Euro 6 em 2020 e em 2023; para cada RM e a somatória dos dados das 6 RMs; e de acordo com a frota.

DESFECHO	CENÁRIO E6	LOCAL (RM)	FROTA			ORÇAMENTO		
			Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados
Mortalidade	2020	São Paulo – RMSP	-24.130	-43.322	-67.452	12.077.867.232,00	21.676.068.774,00	33.753.936.006,00
		Rio de Janeiro – RMRJ	-20.051	-36.060	-56.111	7.613.832.285,00	13.685.604.570,00	21.299.436.855,00
		Belo Horizonte – RMBH	-4.965	-8.916	-13.881	1.770.567.288,00	3.177.940.584,00	4.948.507.872,00
		Vitória – RMVI	-1.477	-2.655	-4.132	549.938.400,00	988.916.256,00	1.538.854.656,00
		Curitiba – RMC	-2.310	-4.132	-6.442	942.076.980,00	1.684.076.550,00	2.626.153.530,00
		Porto Alegre – RMPA	-3.572	-6.397	-9.969	1.366.753.500,00	2.446.250.625,00	3.813.004.125,00
		<b>TOTAL</b>	<b>-56.505</b>	<b>-101.482</b>	<b>-157.987</b>	<b>24.321.035.685,00</b>	<b>43.658.857.359,00</b>	<b>67.979.893.044,00</b>
	2023	São Paulo – RMSP	-22.641	-40.683	-63.324	11.275.083.198,00	20.252.046.654,00	31.527.129.852,00
		Rio de Janeiro – RMRJ	-18.742	-33.708	-52.450	7.077.907.125,00	12.724.070.850,00	19.801.977.975,00
		Belo Horizonte – RMBH	-4.660	-8.364	-13.024	1.652.569.632,00	2.965.166.904,00	4.617.736.536,00
		Vitória – RMVI	-1.391	-2.498	-3.889	514.591.008,00	924.031.632,00	1.438.622.640,00
		Curitiba – RMC	-2.163	-3.877	-6.040	877.385.808,00	1.572.265.812,00	2.449.651.620,00
		Porto Alegre – RMPA	-3.338	-5.983	-9.321	1.269.735.750,00	2.274.388.875,00	3.544.124.625,00
		<b>TOTAL</b>	<b>-52.935</b>	<b>-95.113</b>	<b>-148.048</b>	<b>22.667.272.521,00</b>	<b>40.711.970.727,00</b>	<b>63.379.243.248,00</b>

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 19.** Morbidade evitada e seus respectivos custos - para os dois cenários: os resultados a implementação do Euro 6 em 2020 e em 2023; para cada RM e a somatória dos dados das 6 RMs; e de acordo com a frota.

DESFECHO	CENÁRIO E6	LOCAL (RM)	FROTA			ORÇAMENTO		
			Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados
Morbidade	2020	São Paulo – RMSP	-28.705	-51.600	-80.305	105.603.478,00	189.832.421,00	295.435.899,00
		Rio de Janeiro – RMRJ	-9.893	-17.814	-27.707	26.093.639,00	46.985.955,00	73.079.594,00
		Belo Horizonte – RMBH	-6.264	-11.271	-17.535	28.657.363,00	51.564.050,00	80.221.413,00
		Vitória – RMVI	-1.490	-2.675	-4.165	6.979.125,00	12.529.631,00	19.508.756,00
		Curitiba – RMC	-3.131	-5.621	-8.752	18.964.829,00	34.047.049,00	53.011.878,00
		Porto Alegre – RMPA	-5.924	-10.639	-16.563	19.099.337,00	34.300.788,00	53.400.125,00
		<b>TOTAL</b>	<b>-55.407</b>	<b>-99.620</b>	<b>-155.027</b>	<b>205.397.771,00</b>	<b>369.259.894,00</b>	<b>574.657.665,00</b>
	2023	São Paulo – RMSP	-26.908	-48.413	-75.321	98.992.453,00	178.107.696,00	277.100.149,00
		Rio de Janeiro – RMRJ	-9.243	-16.653	-25.896	24.379.206,00	43.923.713,00	68.302.919,00
		Belo Horizonte – RMBH	-5.876	-10.578	-16.454	26.882.294,00	48.393.612,00	75.275.906,00
		Vitória – RMVI	-1.401	-2.513	-3.914	6.562.248,00	11.770.828,00	18.333.076,00
		Curitiba – RMC	-2.945	-5.277	-8.222	17.838.209,00	31.963.397,00	49.801.606,00
		Porto Alegre – RMPA	-5.534	-9.954	-15.488	17.841.956,00	32.092.305,00	49.934.261,00
		<b>TOTAL</b>	<b>-51.907</b>	<b>-93.388</b>	<b>-145.295</b>	<b>192.496.366,00</b>	<b>346.251.551,00</b>	<b>538.747.917,00</b>

Fonte: Elaboração própria

Apresenta-se na Tabela 20, o mesmo em relação a cada RM para Mortalidade, e na Tabela 21 , para Morbidade.



**Tabela 20.** Impacto em Mortalidade evitada para cada RM e a soma das seis RMs e seus respectivos custos; devido à implementação do Euro 6 – e para cada tipo de frota; a partir de 2023, comparado a 2020; e o resultado desta perda (menos vidas salvas).

DESFECHO	LOCAL (RM)	FROTA				ORÇAMENTO			
		Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	PERDA	Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	PERDA
Mortalidade	São Paulo - 2020	-24.130	-43.322	-67.452	-4.128	12.077.867.232,00	21.676.068.774,00	33.753.936.006,00	2.226.806.154,00
	São Paulo - 2023	-22.641	-40.683	-63.324		11.275.083.198,00	20.252.046.654,00	31.527.129.852,00	
	Rio de Janeiro - 2020	-20.051	-36.060	-56.111	-3.661	7.613.832.285,00	13.685.604.570,00	21.299.436.855,00	1.497.458.880,00
	Rio de Janeiro - 2023	-18.742	-33.708	-52.450		7.077.907.125,00	12.724.070.850,00	19.801.977.975,00	
	Belo Horizonte - 2020	-4.965	-8.916	-13.881	-857	1.770.567.288,00	3.177.940.584,00	4.948.507.872,00	330.771.336,00
	Belo Horizonte - 2023	-4.660	-8.364	-13.024		1.652.569.632,00	2.965.166.904,00	4.617.736.536,00	
	Vitória - 2020	-1.477	-2.655	-4.132	-243	549.938.400,00	988.916.256,00	1.538.854.656,00	100.232.016,00
	Vitória - 2023	-1.391	-2.498	-3.889		514.591.008,00	924.031.632,00	1.438.622.640,00	
	Curitiba - 2020	-2.310	-4.132	-6.442	-402	942.076.980,00	1.684.076.550,00	2.626.153.530,00	176.501.910,00
	Curitiba - 2023	-2.163	-3.877	-6.040		877.385.808,00	1.572.265.812,00	2.449.651.620,00	
	Porto Alegre - 2020	-3.572	-6.397	-9.969	-648	1.366.753.500,00	2.446.250.625,00	3.813.004.125,00	268.879.500,00
	Porto Alegre - 2023	-3.338	-5.983	-9.321		1.269.735.750,00	2.274.388.875,00	3.544.124.625,00	
	6 RM's 2020	-56.505	-101.482	-157.987	-9.939	24.321.035.685,00	43.658.857.359,00	67.979.893.044,00	4.600.649.796,00
	6 RM's 2023	-52.935	-95.113	-148.048		22.667.272.521,00	40.711.970.727,00	63.379.243.248,00	

Obs – a PERDA se refere à frota de ônibus + pesados. Para os outros tipos de frotas, o valor da perda será a subtração do número de mortes evitadas em 2020 pelo mesmo número em relação a 2023, de cada RM.

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 21.** Impacto em Morbidade (internações públicas e privadas) para cada RM e a soma das seis RMs e seus respectivos custos; devido à implementação do Euro 6 – e para cada tipo de frota; a partir de 2023, comparado a 2020; e o resultado desta perda (menor número de internações).

DESFECHO	LOCAL (RM)	FROTA			PERDA	ORÇAMENTO			
		Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados		Ônibus	Pesados	Ônibus + Pesados	PERDA
Morbidade	São Paulo - 2020	-28.705	-51.600	-80.305	-4.984	105.603.478,00	189.832.421,00	295.435.899,00	18.335.750,00
	São Paulo - 2023	-26.908	-48.413	-75.321		98.992.453,00	178.107.696,00	277.100.149,00	
	Rio de Janeiro - 2020	-9.893	-17.814	-27.707	-1.811	26.093.639,00	46.985.955,00	73.079.594,00	4.776.675,00
	Rio de Janeiro - 2023	-9.243	-16.653	-25.896		24.379.206,00	43.923.713,00	68.302.919,00	
	Belo Horizonte - 2020	-6.264	-11.271	-17.535	-1.081	28.657.363,00	51.564.050,00	80.221.413,00	4.945.507,00
	Belo Horizonte - 2023	-5.876	-10.578	-16.454		26.882.294,00	48.393.612,00	75.275.906,00	
	Vitória - 2020	-1.490	-2.675	-4.165	-251	6.979.125,00	12.529.631,00	19.508.756,00	1.175.680,00
	Vitória - 2023	-1.401	-2.513	-3.914		6.562.248,00	11.770.828,00	18.333.076,00	
	Curitiba - 2020	-3.131	-5.621	-8.752	-530	18.964.829,00	34.047.049,00	53.011.878,00	3.210.272,00
	Curitiba - 2023	-2.945	-5.277	-8.222		17.838.209,00	31.963.397,00	49.801.606,00	
	Porto Alegre - 2020	-5.924	-10.639	-16.563	-1.075	19.099.337,00	34.300.788,00	53.400.125,00	3.465.864,00
	Porto Alegre - 2023	-5.534	-9.954	-15.488		17.841.956,00	32.092.305,00	49.934.261,00	
	6 RM's 2020	-55.407	-99.620	-155.027	-9.732	205.397.771,00	369.259.894,00	574.657.665,00	35.909.748,00
	6 RM's 2023	-51.907	-93.388	-145.295		192.496.366,00	346.251.551,00	538.747.917,00	

Obs – a PERDA se refere à frota de ônibus + pesados. Para os outros tipos de frotas, o valor da perda será a subtração do número de internações em 2020 pelo mesmo número em relação a 2023, de cada RM.

Fonte: Elaboração própria

Na RMSP, para a frota de ônibus + caminhões pesados, a implementação do Euro 6 (Fase P-8 no Brasil), em 2020 (até 2050), evitaria 67.452 mortes prematuras que corresponde a um custo por perda de produtividade estimado em R\$33,7 bi (bilhões de reais) – Tabela 20; e 80.305 internações hospitalares por um custo de R\$295,4 mi (milhões de reais) – Tabela 21 – por exposição ao particulado fino. Observa-se na linha imediata abaixo, os números comparativos ao se iniciar a implementação em 2023.

Segundo o estudo, os resultados comparados à recém-aprovação pelo CONAMA que determina a nova fase P-8 do PROCONVE (Euro 6) vigorar apenas a partir de 2023 – um atraso de 4 anos: custará a vida de 4.128 paulistas e 4.984 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$2,2BI (bilhões de reais) e R\$18,3 mi (milhões de reais).

No caso da frota somente de ônibus, ainda para RMSP, observa-se que a implementação do Euro 6 (Fase P-8 no Brasil), em 2020 (até 2050), evitaria 24.130 mortes prematuras que correspondem a um custo por perda de produtividade estimado em R\$ 12,1 BI (bilhões de reais) Tabela 20 –; e 28.705 internações hospitalares por um custo de R\$ 105,6 MI (milhões de reais) – Tabela 21 – por exposição ao particulado fino. Observa-se na linha imediata abaixo, os números comparativos ao se iniciar a implementação em 2023.

Segundo o estudo, os resultados comparados à recém-aprovação pelo CONAMA que determina a nova fase P-8 do PROCONVE (Euro 6) vigorar apenas a partir de 2023 – um atraso de 4 anos: custará a vida de 1.489 paulistas e 1.797 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$ 802 MI (milhões de reais) e R\$6,6 mi (milhões de reais).

Para a RMRJ, para a frota de ônibus + caminhões pesados, a implementação do Euro 6 (Fase P-8 no Brasil), em 2020 (até 2050), evitaria 56.111 mortes prematuras que correspondem a um custo por perda de produtividade estimado em R\$21,3 bi (bilhões de reais) –Tabela 20 e 27.707 internações hospitalares por um custo de R\$73,1 mi (milhões de reais) – Tabela 21 – por exposição ao particulado fino. Observa-se na linha imediata abaixo, os números comparativos ao se iniciar a implementação em 2023.

Segundo o estudo, os resultados comparados à recém-aprovação pelo CONAMA que determina a nova fase P-8 do PROCONVE (Euro 6) vigorar apenas a partir de 2023 – um atraso de 4 anos: custará a vida de 3.666 fluminenses e 1.811 internações hospitalares, públicas e privadas, estimadas, respectivamente, pela perda de R\$1,5 bi (bilhões de reais) e R\$4,8 mi (milhões de reais) – Dados apresentados na Tabela 20 e na Tabela 21.

A Tabela 20 e a Tabela 21 não apresentam os cálculos das perdas para as frotas separadas, ônibus e caminhões pesados.

As tabelas seguintes, representam, para cada RM; os resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano; e de acordo com a frota.

**Tabela 22. RMSP: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota**

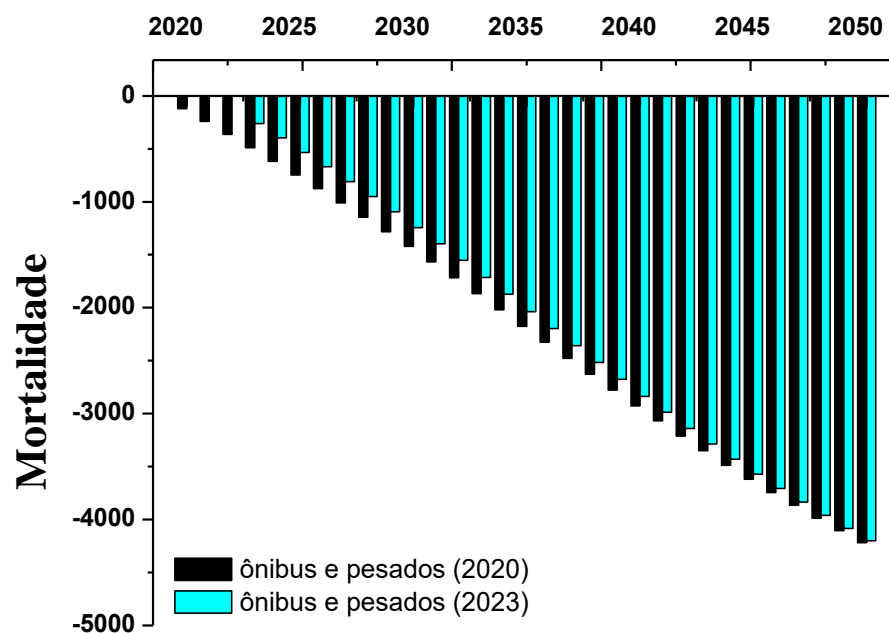
RMSP - Mortalidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-43	0	-78	0	-121	0
2021	-87	0	-155	0	-242	0
2022	-131	0	-234	0	-365	0
2023	-176	-94	-313	-168	-489	-262
2024	-222	-143	-395	-253	-617	-396
2025	-269	-192	-477	-341	-746	-533
2026	-317	-243	-560	-426	-877	-669
2027	-366	-293	-643	-516	-1.009	-809
2028	-415	-345	-729	-606	-1.144	-951
2029	-466	-398	-816	-697	-1.282	-1.095
2030	-517	-452	-905	-792	-1.422	-1.244
2031	-569	-507	-999	-890	-1.568	-1.397
2032	-620	-561	-1.097	-993	-1.717	-1.554
2033	-671	-616	-1.196	-1.097	-1.867	-1.713
2034	-725	-671	-1.296	-1.203	-2.021	-1.874
2035	-776	-727	-1.399	-1.310	-2.175	-2.037
2036	-830	-784	-1.496	-1.413	-2.326	-2.197
2037	-884	-841	-1.593	-1.516	-2.477	-2.357
2038	-938	-899	-1.690	-1.619	-2.628	-2.518
2039	-992	-955	-1.787	-1.722	-2.779	-2.677
2040	-1.046	-1.013	-1.881	-1.824	-2.927	-2.837
2041	-1.095	-1.067	-1.974	-1.921	-3.069	-2.988
2042	-1.146	-1.119	-2.066	-2.020	-3.212	-3.139
2043	-1.195	-1.172	-2.155	-2.116	-3.350	-3.288
2044	-1.244	-1.224	-2.242	-2.207	-3.486	-3.431
2045	-1.289	-1.274	-2.329	-2.298	-3.618	-3.572
2046	-1.335	-1.320	-2.409	-2.386	-3.744	-3.706
2047	-1.378	-1.367	-2.488	-2.468	-3.866	-3.835
2048	-1.422	-1.412	-2.565	-2.549	-3.987	-3.961
2049	-1.462	-1.454	-2.642	-2.629	-4.104	-4.083
2050	-1.504	-1.498	-2.713	-2.703	-4.217	-4.201
TOTAL	-24.130	-22.641	-43.322	-40.683	-67.452	-63.324

RMSP - Morbidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-51	0	-91	0	-142	0
2021	-105	0	-184	0	-289	0
2022	-158	0	-280	0	-438	0
2023	-215	-113	-376	-202	-591	-315
2024	-269	-172	-479	-308	-748	-480
2025	-328	-233	-580	-414	-908	-647
2026	-387	-295	-683	-522	-1.070	-817
2027	-447	-359	-787	-629	-1.234	-988
2028	-508	-421	-892	-742	-1.400	-1.163
2029	-570	-487	-1.001	-855	-1.571	-1.342
2030	-632	-552	-1.109	-970	-1.741	-1.522
2031	-693	-619	-1.222	-1.088	-1.915	-1.707
2032	-756	-684	-1.335	-1.210	-2.091	-1.894
2033	-814	-748	-1.453	-1.331	-2.267	-2.079
2034	-877	-814	-1.568	-1.454	-2.445	-2.268
2035	-936	-877	-1.687	-1.579	-2.623	-2.456
2036	-998	-943	-1.799	-1.698	-2.797	-2.641
2037	-1.058	-1.008	-1.911	-1.818	-2.969	-2.826
2038	-1.118	-1.072	-2.021	-1.937	-3.139	-3.009
2039	-1.180	-1.135	-2.128	-2.051	-3.308	-3.186
2040	-1.240	-1.202	-2.235	-2.165	-3.475	-3.367
2041	-1.293	-1.261	-2.338	-2.274	-3.631	-3.535
2042	-1.351	-1.320	-2.440	-2.384	-3.791	-3.704
2043	-1.406	-1.379	-2.538	-2.492	-3.944	-3.871
2044	-1.460	-1.435	-2.636	-2.596	-4.096	-4.031
2045	-1.512	-1.493	-2.735	-2.700	-4.247	-4.193
2046	-1.564	-1.549	-2.829	-2.800	-4.393	-4.349
2047	-1.617	-1.604	-2.923	-2.899	-4.540	-4.503
2048	-1.669	-1.658	-3.019	-3.000	-4.688	-4.658
2049	-1.720	-1.710	-3.115	-3.099	-4.835	-4.809
2050	-1.773	-1.765	-3.206	-3.196	-4.979	-4.961
TOTAL	-28.705	-26.908	-51.600	-48.413	-80.305	-75.321

Fonte: Elaboração própria

Como exemplo, observa-se abaixo, apresentada em gráfico, a **Figura 16**, o número de mortes evitadas na RMSP no decorrer dos anos – de acordo com os dados da Tabela 22 anterior. Observa-se o número de mortes evitadas excedentes se a implementação ocorresse em 2020.

**Figura 16.** Mortes prematuras anuais evitadas com a implementação da norma P-8 em 2010 (barras em cor preta) e 2023 (barras em cor azul)



Fonte: MILLER; FAÇANHA, (2016)

**Tabela 23.** RMRJ: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota

RMRJ - Mortalidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-41	0	-72	0	-113	0
2021	-81	0	-144	0	-225	0
2022	-121	0	-218	0	-339	0
2023	-163	-87	-290	-156	-453	-243
2024	-205	-132	-361	-232	-566	-364
2025	-246	-175	-435	-311	-681	-486
2026	-288	-220	-508	-388	-796	-608
2027	-330	-264	-581	-466	-911	-730
2028	-373	-310	-655	-544	-1.028	-854
2029	-416	-356	-729	-622	-1.145	-978
2030	-459	-402	-804	-701	-1.263	-1.103
2031	-500	-446	-882	-785	-1.382	-1.231
2032	-542	-491	-960	-868	-1.502	-1.359
2033	-583	-535	-1.039	-953	-1.622	-1.488
2034	-624	-579	-1.119	-1.038	-1.743	-1.617
2035	-664	-623	-1.200	-1.122	-1.864	-1.745
2036	-706	-667	-1.274	-1.202	-1.980	-1.869
2037	-746	-711	-1.348	-1.282	-2.094	-1.993
2038	-787	-754	-1.421	-1.361	-2.208	-2.115
2039	-827	-797	-1.493	-1.438	-2.320	-2.235
2040	-866	-839	-1.563	-1.514	-2.429	-2.353
2041	-902	-878	-1.630	-1.587	-2.532	-2.465
2042	-938	-916	-1.695	-1.657	-2.633	-2.573
2043	-972	-954	-1.758	-1.724	-2.730	-2.678
2044	-1.006	-991	-1.819	-1.789	-2.825	-2.780
2045	-1.038	-1.026	-1.879	-1.854	-2.917	-2.880
2046	-1.069	-1.059	-1.933	-1.911	-3.002	-2.970
2047	-1.098	-1.089	-1.987	-1.971	-3.085	-3.060
2048	-1.126	-1.118	-2.039	-2.026	-3.165	-3.144
2049	-1.154	-1.148	-2.087	-2.077	-3.241	-3.225
2050	-1.180	-1.175	-2.137	-2.129	-3.317	-3.304
TOTAL	-20.051	-18.742	-36.060	-33.708	-56.111	-52.450

RMRJ - Morbidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-20	0	-36	0	-56	0
2021	-40	0	-69	0	-109	0
2022	-59	0	-107	0	-166	0
2023	-79	-43	-140	-75	-219	-118
2024	-101	-65	-177	-114	-278	-179
2025	-121	-86	-216	-153	-337	-239
2026	-143	-108	-251	-192	-394	-300
2027	-163	-131	-290	-230	-453	-361
2028	-185	-154	-326	-270	-511	-424
2029	-208	-177	-361	-309	-569	-486
2030	-229	-199	-399	-351	-628	-550
2031	-250	-221	-438	-390	-688	-611
2032	-270	-244	-476	-433	-746	-677
2033	-289	-267	-517	-472	-806	-739
2034	-311	-289	-556	-514	-867	-803
2035	-330	-310	-595	-556	-925	-866
2036	-350	-329	-632	-599	-982	-928
2037	-370	-352	-667	-635	-1.037	-987
2038	-388	-372	-704	-674	-1.092	-1.046
2039	-407	-391	-737	-713	-1.144	-1.104
2040	-425	-412	-773	-749	-1.198	-1.161
2041	-443	-432	-804	-781	-1.247	-1.213
2042	-460	-449	-834	-815	-1.294	-1.264
2043	-477	-468	-864	-847	-1.341	-1.315
2044	-494	-486	-891	-878	-1.385	-1.364
2045	-510	-503	-923	-909	-1.433	-1.412
2046	-523	-519	-952	-940	-1.475	-1.459
2047	-539	-536	-979	-970	-1.518	-1.506
2048	-555	-551	-1.006	-999	-1.561	-1.550
2049	-569	-567	-1.033	-1.027	-1.602	-1.594
2050	-585	-582	-1.061	-1.058	-1.646	-1.640
TOTAL	-9.893	-9.243	-17.814	-16.653	-27.707	-25.896

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 24.** RMBH: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.

RMBH - Mortalidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-9	0	-16	0	-25	0
2021	-18	0	-33	0	-51	0
2022	-27	0	-50	0	-77	0
2023	-37	-20	-66	-35	-103	-55
2024	-47	-30	-82	-53	-129	-83
2025	-56	-40	-100	-71	-156	-111
2026	-66	-51	-117	-89	-183	-140
2027	-76	-61	-134	-108	-210	-169
2028	-86	-72	-152	-126	-238	-198
2029	-97	-83	-169	-145	-266	-228
2030	-107	-94	-188	-164	-295	-258
2031	-118	-105	-206	-184	-324	-289
2032	-128	-116	-227	-205	-355	-321
2033	-138	-127	-247	-226	-385	-353
2034	-149	-138	-267	-248	-416	-386
2035	-160	-150	-288	-269	-448	-419
2036	-171	-161	-307	-291	-478	-452
2037	-182	-173	-327	-311	-509	-484
2038	-193	-185	-346	-332	-539	-517
2039	-204	-196	-366	-353	-570	-549
2040	-214	-208	-387	-374	-601	-582
2041	-225	-219	-404	-394	-629	-613
2042	-235	-230	-424	-414	-659	-644
2043	-245	-240	-442	-434	-687	-674
2044	-255	-251	-460	-453	-715	-704
2045	-264	-261	-478	-472	-742	-733
2046	-274	-271	-494	-489	-768	-760
2047	-283	-281	-511	-506	-794	-787
2048	-292	-290	-527	-523	-819	-813
2049	-300	-299	-543	-540	-843	-839
2050	-309	-308	-558	-555	-867	-863
<b>TOTAL</b>	<b>-4.965</b>	<b>-4.660</b>	<b>-8.916</b>	<b>-8.364</b>	<b>-13.881</b>	<b>-13.024</b>

RMBH - Morbidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-11	0	-19	0	-30	0
2021	-23	0	-40	0	-63	0
2022	-34	0	-60	0	-94	0
2023	-47	-25	-80	-43	-127	-68
2024	-59	-37	-104	-67	-163	-104
2025	-73	-51	-125	-91	-198	-142
2026	-84	-65	-149	-112	-233	-177
2027	-98	-77	-172	-138	-270	-215
2028	-110	-94	-196	-161	-306	-255
2029	-125	-106	-219	-187	-344	-293
2030	-138	-122	-242	-211	-380	-333
2031	-152	-136	-268	-238	-420	-374
2032	-165	-149	-294	-267	-459	-416
2033	-178	-165	-320	-292	-498	-457
2034	-192	-177	-345	-322	-537	-499
2035	-206	-192	-371	-348	-577	-540
2036	-221	-208	-394	-373	-615	-581
2037	-233	-221	-419	-401	-652	-622
2038	-246	-237	-444	-424	-690	-661
2039	-258	-248	-468	-454	-726	-702
2040	-271	-264	-492	-475	-763	-739
2041	-283	-278	-512	-496	-795	-774
2042	-296	-288	-533	-522	-829	-810
2043	-305	-301	-557	-543	-862	-844
2044	-318	-314	-574	-566	-892	-880
2045	-329	-324	-596	-589	-925	-913
2046	-340	-336	-616	-609	-956	-945
2047	-350	-347	-636	-631	-986	-978
2048	-362	-360	-655	-653	-1.017	-1.013
2049	-373	-371	-676	-672	-1.049	-1.043
2050	-384	-383	-695	-693	-1.079	-1.076
<b>TOTAL</b>	<b>-6.264</b>	<b>-5.876</b>	<b>-11.271</b>	<b>-10.578</b>	<b>-17.535</b>	<b>-16.454</b>

Fonte: Elaboração própria



**Tabela 25.** RMVI: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.

RMVI - Mortalidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-2	0	-5	0	-7	0
2021	-5	0	-9	0	-14	0
2022	-7	0	-14	0	-21	0
2023	-10	-5	-18	-10	-28	-15
2024	-13	-8	-22	-15	-35	-23
2025	-16	-11	-27	-20	-43	-31
2026	-18	-14	-33	-25	-51	-39
2027	-21	-17	-38	-30	-59	-47
2028	-24	-20	-43	-35	-67	-55
2029	-27	-23	-48	-41	-75	-64
2030	-30	-27	-53	-46	-83	-73
2031	-34	-30	-58	-52	-92	-82
2032	-37	-33	-64	-59	-101	-92
2033	-40	-37	-71	-65	-111	-102
2034	-43	-40	-77	-72	-120	-112
2035	-46	-43	-84	-79	-130	-122
2036	-50	-47	-90	-85	-140	-132
2037	-53	-51	-96	-91	-149	-142
2038	-57	-54	-102	-98	-159	-152
2039	-60	-58	-109	-105	-169	-163
2040	-64	-62	-115	-111	-179	-173
2041	-67	-65	-121	-118	-188	-183
2042	-71	-69	-127	-124	-198	-193
2043	-74	-73	-133	-130	-207	-203
2044	-77	-76	-140	-137	-217	-213
2045	-81	-80	-145	-143	-226	-223
2046	-84	-83	-151	-150	-235	-233
2047	-87	-86	-157	-156	-244	-242
2048	-90	-90	-163	-161	-253	-251
2049	-93	-93	-168	-167	-261	-260
2050	-96	-96	-174	-173	-270	-269
<b>TOTAL</b>	<b>-1.477</b>	<b>-1.391</b>	<b>-2.655</b>	<b>-2.498</b>	<b>-4.132</b>	<b>-3.889</b>

RMVI - Morbidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-2	0	-5	0	-7	0
2021	-4	0	-11	0	-15	0
2022	-8	0	-14	0	-22	0
2023	-11	-4	-17	-12	-28	-16
2024	-14	-8	-23	-17	-37	-25
2025	-16	-11	-30	-22	-46	-33
2026	-19	-15	-34	-25	-53	-40
2027	-23	-17	-39	-33	-62	-50
2028	-25	-21	-46	-36	-71	-57
2029	-29	-25	-51	-41	-80	-66
2030	-31	-29	-56	-50	-87	-79
2031	-37	-31	-59	-54	-96	-85
2032	-39	-36	-69	-60	-108	-96
2033	-41	-40	-74	-68	-115	-108
2034	-46	-41	-79	-75	-125	-116
2035	-47	-46	-88	-79	-135	-125
2036	-52	-49	-92	-87	-144	-136
2037	-56	-53	-98	-93	-154	-146
2038	-58	-56	-105	-100	-163	-156
2039	-60	-58	-112	-109	-172	-167
2040	-64	-61	-116	-115	-180	-176
2041	-68	-66	-120	-118	-188	-184
2042	-70	-70	-127	-123	-197	-193
2043	-74	-72	-132	-129	-206	-201
2044	-77	-75	-136	-136	-213	-211
2045	-79	-79	-143	-141	-222	-220
2046	-83	-82	-149	-145	-232	-227
2047	-85	-84	-154	-154	-239	-238
2048	-87	-87	-161	-158	-248	-245
2049	-91	-91	-166	-164	-257	-255
2050	-94	-94	-169	-169	-263	-263
<b>TOTAL</b>	<b>-1.490</b>	<b>-1.401</b>	<b>-2.675</b>	<b>-2.513</b>	<b>-4.165</b>	<b>-3.914</b>

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 26.** RMC: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.

RMC - Mortalidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-4	0	-8	0	-12	0
2021	-9	0	-15	0	-24	0
2022	-13	0	-23	0	-36	0
2023	-18	-9	-31	-17	-49	-26
2024	-22	-14	-39	-25	-61	-39
2025	-27	-19	-47	-34	-74	-53
2026	-31	-24	-56	-42	-87	-66
2027	-36	-29	-64	-51	-100	-80
2028	-41	-34	-72	-60	-113	-94
2029	-46	-39	-80	-69	-126	-108
2030	-51	-44	-89	-78	-140	-122
2031	-56	-50	-98	-87	-154	-137
2032	-61	-55	-106	-97	-167	-152
2033	-65	-60	-117	-107	-182	-167
2034	-70	-65	-126	-117	-196	-182
2035	-75	-70	-135	-127	-210	-197
2036	-80	-76	-144	-136	-224	-212
2037	-85	-81	-153	-146	-238	-227
2038	-90	-86	-162	-155	-252	-241
2039	-95	-91	-171	-165	-266	-256
2040	-100	-97	-179	-174	-279	-271
2041	-105	-102	-187	-182	-292	-284
2042	-109	-107	-196	-191	-305	-298
2043	-113	-111	-204	-200	-317	-311
2044	-118	-116	-212	-208	-330	-324
2045	-122	-120	-219	-217	-341	-337
2046	-126	-125	-226	-224	-352	-349
2047	-130	-129	-233	-231	-363	-360
2048	-134	-133	-240	-239	-374	-372
2049	-137	-137	-247	-245	-384	-382
2050	-141	-140	-253	-253	-394	-393
<b>TOTAL</b>	<b>-2.310</b>	<b>-2.163</b>	<b>-4.132</b>	<b>-3.877</b>	<b>-6.442</b>	<b>-6.040</b>

RMC - Morbidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-5	0	-11	0	-16	0
2021	-11	0	-19	0	-30	0
2022	-17	0	-30	0	-47	0
2023	-23	-13	-39	-21	-62	-34
2024	-28	-18	-50	-33	-78	-51
2025	-36	-25	-60	-43	-96	-68
2026	-40	-31	-72	-54	-112	-85
2027	-47	-38	-84	-67	-131	-105
2028	-54	-44	-95	-79	-149	-123
2029	-60	-53	-107	-90	-167	-143
2030	-68	-59	-119	-104	-187	-163
2031	-76	-67	-130	-117	-206	-184
2032	-80	-74	-147	-130	-227	-204
2033	-89	-81	-156	-143	-245	-224
2034	-94	-89	-171	-156	-265	-245
2035	-102	-95	-183	-171	-285	-266
2036	-109	-103	-195	-184	-304	-287
2037	-116	-111	-207	-198	-323	-309
2038	-121	-119	-223	-211	-344	-330
2039	-130	-124	-233	-227	-363	-351
2040	-136	-132	-245	-238	-381	-370
2041	-143	-140	-257	-249	-400	-389
2042	-148	-146	-269	-262	-417	-408
2043	-154	-152	-280	-275	-434	-427
2044	-161	-158	-290	-285	-451	-443
2045	-167	-165	-299	-297	-466	-462
2046	-173	-171	-311	-307	-484	-478
2047	-177	-175	-321	-320	-498	-495
2048	-184	-182	-329	-328	-513	-510
2049	-188	-187	-340	-339	-528	-526
2050	-194	-193	-349	-349	-543	-542
<b>TOTAL</b>	<b>-3.131</b>	<b>-2.945</b>	<b>-5.621</b>	<b>-5.277</b>	<b>-8.752</b>	<b>-8.222</b>

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 27.** RMPA: resultados sobre a Mortalidade e Morbidade evitadas; diante da implementação do Euro 6 nos dois cenários (2020 e 2023); apresentados para ano a ano e soma total ao final; e de acordo com a frota.

RMPA - Mortalidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-7	0	-13	0	-20	0
2021	-14	0	-26	0	-40	0
2022	-22	0	-38	0	-60	0
2023	-29	-16	-51	-27	-80	-43
2024	-37	-23	-64	-42	-101	-65
2025	-44	-31	-78	-56	-122	-87
2026	-52	-39	-90	-70	-142	-109
2027	-59	-47	-104	-83	-163	-130
2028	-67	-56	-117	-97	-184	-153
2029	-74	-64	-130	-111	-204	-175
2030	-82	-72	-143	-125	-225	-197
2031	-90	-80	-157	-140	-247	-220
2032	-97	-88	-172	-155	-269	-243
2033	-104	-96	-186	-170	-290	-266
2034	-112	-104	-200	-185	-312	-289
2035	-119	-112	-214	-200	-333	-312
2036	-126	-119	-228	-215	-354	-334
2037	-134	-127	-240	-229	-374	-356
2038	-141	-135	-253	-243	-394	-378
2039	-148	-142	-266	-257	-414	-399
2040	-155	-150	-278	-270	-433	-420
2041	-161	-157	-290	-282	-451	-439
2042	-167	-163	-301	-295	-468	-458
2043	-173	-170	-312	-306	-485	-476
2044	-179	-176	-322	-318	-501	-494
2045	-184	-182	-333	-328	-517	-510
2046	-190	-188	-341	-338	-531	-526
2047	-194	-193	-351	-347	-545	-540
2048	-199	-198	-359	-356	-558	-554
2049	-204	-203	-366	-365	-570	-568
2050	-208	-207	-374	-373	-582	-580
TOTAL	-3.572	-3.338	-6.397	-5.983	-9.969	-9.321

RMPA - Morbidade						
	Ônibus		Pesados		Ônibus+Pesados	
	2020	2023	2020	2023	2020	2023
2019	0	0	0	0	0	0
2020	-11	0	-20	0	-31	0
2021	-24	0	-40	0	-64	0
2022	-34	0	-65	0	-99	0
2023	-47	-27	-84	-44	-131	-71
2024	-60	-38	-104	-67	-164	-105
2025	-73	-51	-128	-92	-201	-143
2026	-85	-63	-152	-116	-237	-179
2027	-99	-78	-171	-140	-270	-218
2028	-111	-92	-195	-162	-306	-254
2029	-124	-107	-218	-186	-342	-293
2030	-138	-121	-241	-210	-379	-331
2031	-151	-133	-265	-237	-416	-370
2032	-162	-148	-290	-262	-452	-410
2033	-178	-161	-311	-288	-489	-449
2034	-187	-176	-338	-311	-525	-487
2035	-198	-187	-363	-340	-561	-527
2036	-214	-201	-383	-363	-597	-564
2037	-224	-215	-404	-383	-628	-598
2038	-235	-225	-426	-409	-661	-634
2039	-247	-238	-445	-428	-692	-666
2040	-259	-250	-463	-450	-722	-700
2041	-268	-261	-481	-468	-749	-729
2042	-277	-271	-500	-488	-777	-759
2043	-285	-279	-517	-507	-802	-786
2044	-295	-290	-532	-524	-827	-814
2045	-302	-299	-549	-541	-851	-840
2046	-311	-308	-563	-557	-874	-865
2047	-320	-316	-576	-574	-896	-890
2048	-326	-323	-591	-590	-917	-913
2049	-335	-333	-605	-602	-940	-935
2050	-344	-343	-619	-615	-963	-958
TOTAL	-5.924	-5.534	-10.639	-9.954	-16.563	-15.488

Fonte: Elaboração própria

### 4.3 DALY

O DALY e seus componentes YLL e YDL foram calculados para as frotas somadas de ônibus e caminhões pesados em todas as regiões metropolitanas, apresentando os seguintes resultados demonstrados na Tabela 28:

**Tabela 28.** Número de anos perdidos evitados: por morte precoce (YLL), por incapacidade (YDL) e por ambos somados: o DALY; por RM e pelas seis somadas, para a frota de ônibus e caminhões pesados.

Ônibus+Pesados	YLL	YDL	DALY
São Paulo	886.079	724.974	1.611.053
Rio de Janeiro	698.206	473.674	1.171.880
Belo Horizonte	176.003	94.396	270.399
Vitória	55.940	52.011	107.951
Curitiba	81.475	65.221	146.696
Porto Alegre	121.115	95.781	216.896
6 RMs	<b>2.018.818</b>	<b>1.506.057</b>	<b>3.524.875</b>

Fonte: Elaboração própria

Para as frotas, ônibus e caminhões pesados das seis regiões metropolitanas, estima-se o DALY de 3,5 milhões anos perdidos EVITADOS pela introdução da Fase P-8, e ao custo de US\$1,4 a 1,7 TRI (2016). No caso da RMSP, significa o DALY de 1,6 milhão anos perdidos evitados pelo custo de US\$ 660 a 789 bi (Tabela 29).

Nessa pesquisa não houve correções de valores. Os valores de VVE utilizados seguem o estudo de Ortiz et al (2009) determinados na população paulista, US\$ 0.41 – 0,49 milhões.

Isso significa o valor de DALY anual de US\$ 51,6 a 61,7 bi, que corresponde a 0,26 % do PIB de 2016.

**Tabela 29.** Valoração do DALY por VVE (US\$ 0.41 – 0,49 milhões)

Ônibus+Pesados	DALY	US\$ MI	US\$ MI
São Paulo	1.611.053	660.532	789.416
Rio de Janeiro	1.171.880	480.471	574.221
Belo Horizonte	270.399	110.864	132.496
Vitória	107.951	44.260	52.896
Curitiba	146.696	60.145	71.881
Porto Alegre	216.896	88.928	106.279
6 RMs	<b>3.524.875</b>	<b>1.445.199</b>	<b>1.727.189</b>

Fonte: Elaboração própria

## 5 DISCUSSÃO

Vale iniciar a discussão sobre os resultados, informando que os mesmos são subestimados, sejam pelas limitações da própria metodologia, ou por obstáculos inerentes ao alcance das informações.

O impacto em morbidades obtido está bastante subestimado, haja vista que é esperado que o número de eventos para as doenças seja da ordem de 70 a 100 vezes maior que o de mortes, que decorre da pequena cobertura de estudos epidemiológicos ambientais e fontes restritas confiáveis de dados desses atendimentos. Outro motivo para considerar os resultados muito conservadores é que, apesar do estudo considerar a projeção populacional e seus reflexos na morbi-mortalidade, a concentração ambiental foi mantida fixa, bem como a frota circulante, sem nenhum crescimento, o que em tese é improvável pois com o aumento da população, a demanda por transportes e o aumento esperado no nível de atividade econômica também traria um aumento nas emissões. Deve-se lembrar finalmente que o conhecimento científico, apesar de ter crescido muito desde a segunda metade do século passado, ainda é insuficiente para esclarecer os mecanismos de atuação da poluição sobre a saúde e mesmo identificar todos os impactos no organismo humano. Mesmo assim, já sinalizam para aspectos cognitivos e sequelas, no caso de gestações em ambiente poluído, no desenvolvimento humano em toda a sua vida, efeitos esses sequer cogitados ou passíveis de serem calculados, mostrando apenas que se hoje já somos capazes de identificar forte impacto em saúde, qualquer atuação também trará maiores benefícios para a saúde da população.

Embora a Resolução CONAMA 490/2018 estabeleça a implementação da fase P-8 do PROCONVE para veículos pesados movidos a diesel a partir de 2023, a troca dos veículos ocorrerá de forma gradual e poderá levar até duas décadas para surtir completo efeito devido ao lento giro da frota, ou seja, até que toda a frota de veículos pesados seja substituída.

A implementação da fase P-8 do PROCONVE contribuirá de forma surpreendente com a saúde, mesmo considerando este longo período para a substituição. O estudo revela que seriam evitadas aproximadamente 148 mil mortes (5.286 mortes ao ano ou 14,5 mortes ao dia) de 2023 até 2050 (28 anos), com impacto positivo de R\$ 68 BI em perda de produtividade evitada e 155 mil internações hospitalares públicas e privadas evitadas

com economia de R\$ 575 MI. A estimativa é válida para seis regiões metropolitanas brasileiras, sendo elas São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Curitiba e Porto Alegre.

Outra pesquisa revela, para as mesmas regiões metropolitanas, que se a poluição do ar causada pelo MP<sub>2,5</sub> por todas as fontes, se mantivesse a mesma de 2018 até 2025 (8 anos), seriam contabilizadas, 127.919 mortes (15.989 mortes ao ano ou 44 mortes ao dia), a um custo, em perda de produtividade, de R\$ 51,6 BI (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018). Ademais foi avaliada também o número de mortes - 33.751 - que se deviam às emissões de fonte diesel apenas da frota de ônibus (4.219 mortes anuais ou 11 mortes ao dia), ao custo estimado, em perda de produtividade, em R\$ 13,6 BI.

Mesmo em se tratando de pesquisas diferentes, para se ter uma aproximação comparativa, o impacto da implementação de P-8 na redução de MP<sub>2,5</sub> emitido pela frota veículos pesados a diesel em mortes (5.286 mortes ao ano) compensaria cerca de 1/3 (33%) das mortes ao ano causadas pela poluição por MP<sub>2,5</sub> de todas as fontes (15.989 mortes ao ano).

Caso fossem considerados os resultados deste estudo para a frota de caminhões pesados, seriam 95.113 mortes evitadas ou vidas salvas (3.396 ao ano ou cerca de 9,3 mortes ao dia) devido a implementação de P-8, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$40,7 BI contabilizados entre os anos 2023 a 2050. E se fossem as mortes relacionadas à frota de ônibus, seriam 52.935 mortes evitadas ou vidas salvas (1.890 ao ano ou 5,1 ao dia) a um custo evitado em perda de produtividade de R\$22,7 BI.

Observa-se, entre as frotas caminhões pesados e ônibus, um impacto maior – aproximadamente o dobro de mortes evitadas comparadas às relacionadas à frota de ônibus. Se as relacionarmos ao total de mortes evitadas por ambas as frotas, basicamente 64% se devem aos caminhões pesados.

Outra observação refere-se aos resultados de mortes evitadas pela implementação do P-8 na frota de ônibus - 1.890 ao ano ou 5,1 ao dia - comparadas ao impacto da emissão de MP<sub>2,5</sub> pela frota ônibus na mortalidade - 4.219 mortes anuais ou 11 mortes ao dia – 45%.

Para as frotas, ônibus e caminhões pesados das seis regiões metropolitanas, estima-se o DALY de 3,5 milhões anos perdidos EVITADOS pela introdução da Fase P-8, e

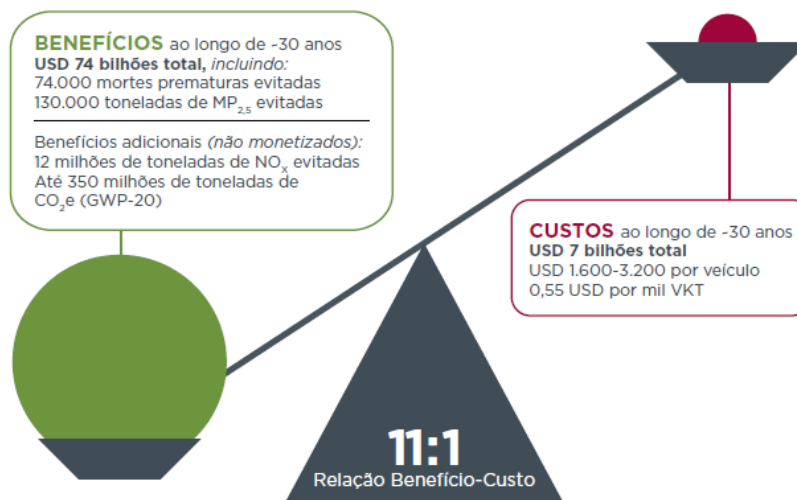
ao custo de US\$ 1,4 a 1,7 TRI (2016). Isso significa o valor de DALY anual de US\$ 51,6 a 61,7 BI, que corresponde a 0,26 % do PIB de 2016. Nessa pesquisa não houve correções de valores.

No caso da RMSP, significa o DALY de 1,6 milhão anos perdidos evitados pelo custo de US\$ 660 a 789 BI.

Neste estudo, os valores de VVE utilizados seguem o estudo de Ortiz et al (2009) determinados na população paulista correspondentes ao intervalo de US\$ 0.41 – 0,49 milhões. O VVE representa o quanto a sociedade está disposta a pagar para não ter o risco de morte precoce ou anos vividos com incapacidade atribuíveis à poluição. Entretanto, as diferenças referentes às situações socioeconômicas entre os locais de estudo e de referência podem interferir na valoração das perdas de vida.

Os autores Miller e Façanha (2016) em sua pesquisa pelo ICCT, analisaram a monetização de dois impactos mais importantes da norma P-8: o risco reduzido de mortes prematuras por exposição a emissões de partículas finas (MP<sub>2,5</sub>) e o aumento do custo de tecnologias de controle de emissões veiculares e o aumento do custo de manutenção de veículos P-8. Além dos custos e benefícios monetizados concluíram, na mesma linha, que se a fase P-8 tivesse sido adotada em 2018, as reduções de 130.000 toneladas de MP<sub>2,5</sub> até 2048 – avaliadas por cálculos de emissão das frotas - causariam a redução de 74.000 mortes prematuras por doenças cardiopulmonares, câncer do pulmão e infecção respiratória aguda em 127 cidades brasileiras. Ao realizarem a análise econômica, os autores verificaram que o investimento de US\$ 7 BI para a aquisição de veículos compatíveis a fase P-8 para veículos pesados no país, seria compensado em benefícios, referentes à saúde e ao clima, em valores de US\$ 74 BI, ou seja, uma relação de 1:11 em custo-benefício, como pode ser visto na Figura 17.

**Figura 17.** Benefícios e custos cumulativos da norma P-8 (2018-2048)



**Figura 2.** Benefícios e custos cumulativos da norma P-8 (2018-2048)

Fonte: MILLER; FAÇANHA (2016)

Os autores previram o impacto em saúde em mortes e não DALY. Para atribuir o valor econômico dos impactos à saúde, aplicaram o VVE ajustado recomendado para o Brasil pela agência americana ambiental - USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Esta abordagem resulta em uma estimativa de US\$ 2,44 milhões (USD de 2015) para o VVE com renda ajustada no Brasil em 2015, assumindo uma elasticidade de renda de 1,0. O valor aumenta para US\$ 2,52 milhões em 2018 e US\$ 3,46 milhões em 2048, de acordo com o crescimento projetado da renda per capita.

As graves consequências de emissão de poluentes, especificamente nesta discussão, o MP fino, para o meio ambiente e a saúde e, cada vez mais, para a economia, da dependência de combustíveis fósseis, especialmente o diesel, da matriz energética de transportes, têm estimulado o desenvolvimento e a implementação de fontes alternativas de energia.

Isso ficou bem claro no inusitado experimento natural em todo o país em decorrência da greve dos caminhoneiros em 2018. Foi a oportunidade de se averiguar a mudança da qualidade do ar devido à imobilidade veicular, especialmente caminhões, em todo o país. Os níveis de concentração de MP<sub>2,5</sub> das estações da RMSP mostraram a queda de 70,6% a 47,5% do inicial, além de seus níveis de concentração terem se mantido abaixo dos níveis preconizados pela OMS durante a greve, e que voltaram a ultrapassá-los a partir



do dia em que se iniciou o enfraquecimento da greve (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018b).

A exemplo, com esta visão, campanhas como *Doctors Against Diesel* expõem o risco da poluição causada pelo diesel à saúde humana e tem influenciado governos de países, em especial europeus, para que limitem o uso do diesel veicular. França, Reino Unido e Alemanha decidiram banir a utilização do diesel da matriz energética de transporte. Alemanha anunciou a proibição da produção desses veículos a partir de 2030 (ZIMMERMANN, 2018).

A mobilização do setor da saúde vem reafirmar de forma importante a necessidade da redução de emissões de GEE para a contribuição crescente aos cuidados de saúde. O apelo à ação no clima e saúde na COP24 foi enunciado por organizações representando mais de 5 milhões de médicos, enfermeiros e profissionais de saúde pública e 17.000 hospitais em mais de 120 países (WHO, 2018).

A comunidade de saúde possui alta credibilidade, é globalmente conectada e cada vez mais engajada na redução alterações climáticas e poluição atmosférica. Sendo assim, pode, de fato contribuir para a mudança e ser um exemplo (WHO, 2018).

Um exemplo de iniciativa para a redução de GEE e poluentes tóxicos - em janeiro de 2018, foi promulgada a Lei 16.802/2018 na cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2018), que estabelece metas intermediárias e de longo prazo para a redução de emissões de poluentes por veículos de transporte público, ônibus. Esta Lei substitui as determinações do Artigo 50 da Lei de Mudança do Clima do município, a Lei 14.993/ 2009 (SÃO PAULO, 2009), que determinava a substituição do diesel por combustíveis renováveis até 2018 e não seriam cumpridas. Na nova lei, os poluentes a terem emissões reduzidas são o CO<sub>2</sub> fóssil, MP e NO<sub>x</sub>. Observa-se que a maior parte das reduções de emissões dos poluentes deve ocorrer nos dez primeiros anos de implementação da lei, respectivamente em 50%, 90% e 80%. Em 20 anos, as emissões de CO<sub>2</sub> devem ser zeradas e as de MP e NO<sub>x</sub> alcançarem seu declínio em 95%. A exigência é neutra quanto à tecnologia, o que proporciona às operadoras de transporte coletivo maior flexibilidade em suas decisões sobre as transições de tecnologia dos ônibus e combustível (SÃO PAULO, 2018).

Segundo Dalmann (2019), em outra excelente pesquisa do ICCT, aponta que a implementação da nova fase P-8 do PROCONVE, em sendo tardia (2023), haverá dificuldades para o alcance das metas da lei. A análise da frota de referência atual sugere

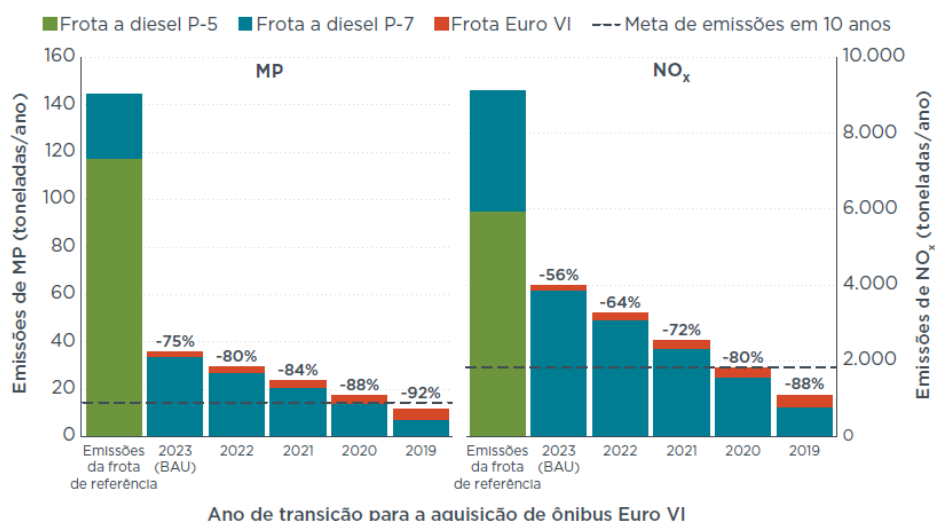
que as práticas atuais de aquisição (*i.e.*, a substituição de ônibus a diesel P-5 por ônibus a diesel P-7) não serão suficientes para alcançar as metas de redução de emissões estabelecidas. O que provavelmente irá acontecer, segundo o autor, é que as operadoras de transporte coletivo no município de São Paulo precisarão se antecipar aos padrões nacionais em 2023 para adquirir as tecnologias Euro 6 para suas frotas de ônibus, uma vez que os ônibus adquiridos recentemente ainda estarão circulando por 10 anos até serem trocados pelos que possuem a tecnologia compatível.

Assim, a rápida transição para as tecnologias de motor Euro 6 será uma das principais formas para alcançar as metas de redução das emissões de poluentes tóxicos da lei municipal de São Paulo. No entanto, em relação às metas para redução de emissões de CO<sub>2</sub>, intermediária e de longo prazo, nem mesmo a antecipação será suficiente, devendo haver a introdução de outras tecnologias de motor mais eficientes e outras matrizes energéticas, como os combustíveis não fósseis para que a lei seja cumprida.

Em relação ao MP e NO<sub>x</sub>, Dallmann estimou a redução das emissões ao final dos primeiros dez anos de implementação da Lei, conforme ilustra a Figura 18. Observa-se que meta de redução de MP em 10 anos só seria possível se transição ocorresse ainda no ano de 2019. Segundo o autor, que previu que se adiada para 2020 ou posterior - o que é o caso, como sucedeu a decisão do CONAMA, a transição a partir de 2023 - as metas dificilmente seriam alcançadas. Tal atraso exigirá medidas adicionais.

Segundo a Figura 18, o autor constatou que se as transições para Euro 6 ocorressem em 2021, 2022 ou 2023, as emissões de MP e NO<sub>x</sub>, mesmo provenientes apenas dos ônibus a diesel P-7 presentes na frota em 2027, ainda excederiam os limites projetados pela Lei 16.802/2018. Ainda aponta que, mesmo que os ônibus elétricos de emissão zero fossem adquiridos nesses cenários, em lugar dos ônibus Euro 6, as metas de redução de emissões ainda não seriam atingidas.

**Figura 18.** Emissões de MP e NO<sub>x</sub> de acordo com o ano de transição da frota de ônibus de São Paulo, nos cenários de aquisição de transição para Euro 6. As estimativas para 2027 são mostradas em cinco cenários, a partir de 2023, 2022, 2021, 2020 ou 2019.



Fonte: DALLMANN (2019)

O mesmo ocorrerá em se tratando do progresso em direção às metas de CO<sub>2</sub> a partir dos ônibus Euro 6 movidos a combustíveis fósseis, mas pior. Não haverá cumprimento no prazo de transição atual. Para cumprir as metas de redução de emissões de CO<sub>2</sub> fóssil, a transição para tecnologias de motor Euro 6 deve ser acompanhada de uma mudança para combustíveis não fósseis. O autor reafirma que no longo prazo, toda a frota deve ser livre de combustíveis fósseis para alcançar a meta estabelecida para o prazo de 20 anos de 100% de redução nas emissões de CO<sub>2</sub> fóssil (DALMANN, 2019).

O não cumprimento da Lei 16.802/2018 representará um retrocesso diante dos esforços e expectativas que envolvem os atores, inclusive a população, que lutaram em prol desta iniciativa para a saúde de seus moradores e o desenvolvimento sustentável da cidade. Além disso, cabe lembrar que o município de São Paulo muitas vezes é utilizado como espelho, iniciando a adoção de medidas e políticas e seguidas por outros estados.

E, percebe-se – a principal razão se deverá ao descompasso da tomada de decisões em diferentes esferas do governo, neste caso, federal e municipal.

No entanto, não será esse o único prejuízo da equívoca decisão no CONAMA, defendida pela associação representante dos órgãos ambientais estaduais –ABEMA - e o setor econômico. A votação irreparável no CONAMA que determinou a aprovação em

atraso de três anos para o início da atualização da tecnologia Euro 6 - a partir de 2023, ao invés de 2020 – além de mudar o cenário para se atingir as metas propostas pela lei municipal em São Paulo, culminará com outras nocivas consequências.

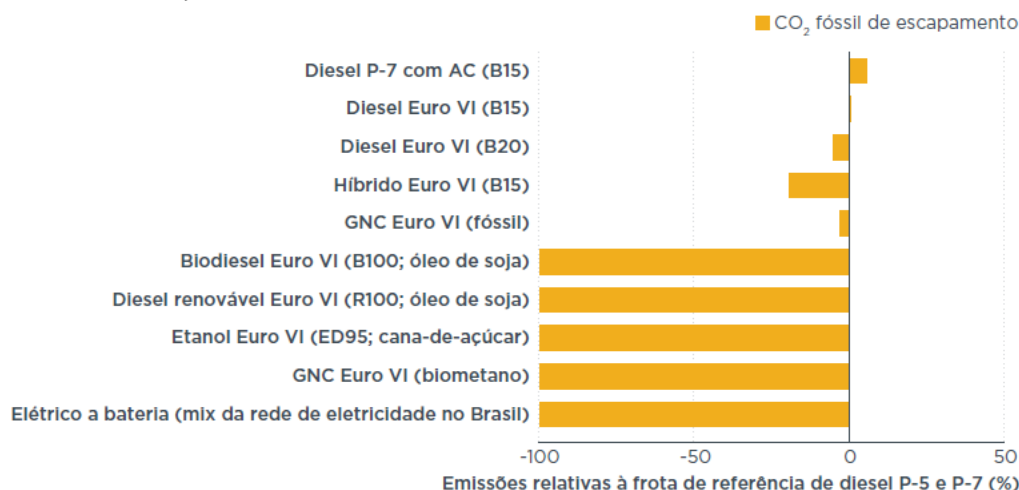
A maior delas - os resultados deste estudo indicam - deixarão de ser evitadas as mortes precoces de cerca de 10 mil pessoas e a perda de produtividade de até R\$4,6 bilhões. Ainda implicará em 9.750 internações hospitalares ao custo de 36 milhões de reais aos cofres públicos e privados de saúde.

Mesmo com o devido conhecimento sobre os prejuízos - o atraso na atualização do programa frente a outros países em mais de 10 anos, a produção de veículos de tecnologia mais limpa Euro 6 pelas indústrias automobilísticas ao redor do mundo, e, inclusive no Brasil, porém apenas para exportação - o CONAMA assim deflagrou um custo adicional à saúde dos brasileiros, para o meio ambiente e para a economia.

Nesse sentido, as grandes reduções de emissões exigidas pela Lei 16.802/2018 devem vir, principalmente, das transições para tecnologias de motor mais eficientes e combustíveis não fósseis. Meios de transporte mais sustentáveis, que incluem o uso de combustíveis limpos e renováveis e veículos elétricos são exemplos nesse sentido. Isso se torna ainda mais relevante para municípios que utilizam frotas de ônibus mais antigas ou que não facilmente as renovam.

A Figura 19 apresenta as estimativas das emissões de escapamento de CO<sub>2</sub> fóssil por tecnologias alternativas de motor de ônibus de transporte coletivo e combustíveis em comparação com as emissões de ônibus a diesel P-5 ou P-7 usando combustível B7 (mistura de 93% de diesel de petróleo e 7% de biodiesel por volume) (ANL, 2018 apud DALMANN, 2019).

**Figura 19.** Mudanças nas emissões de escapamento de CO<sub>2</sub> fóssil (g/km) para alternativas de motor de ônibus de transporte coletivo urbano e combinações de combustível em relação aos ônibus a diesel P-5 e P-7 utilizando combustível B7.

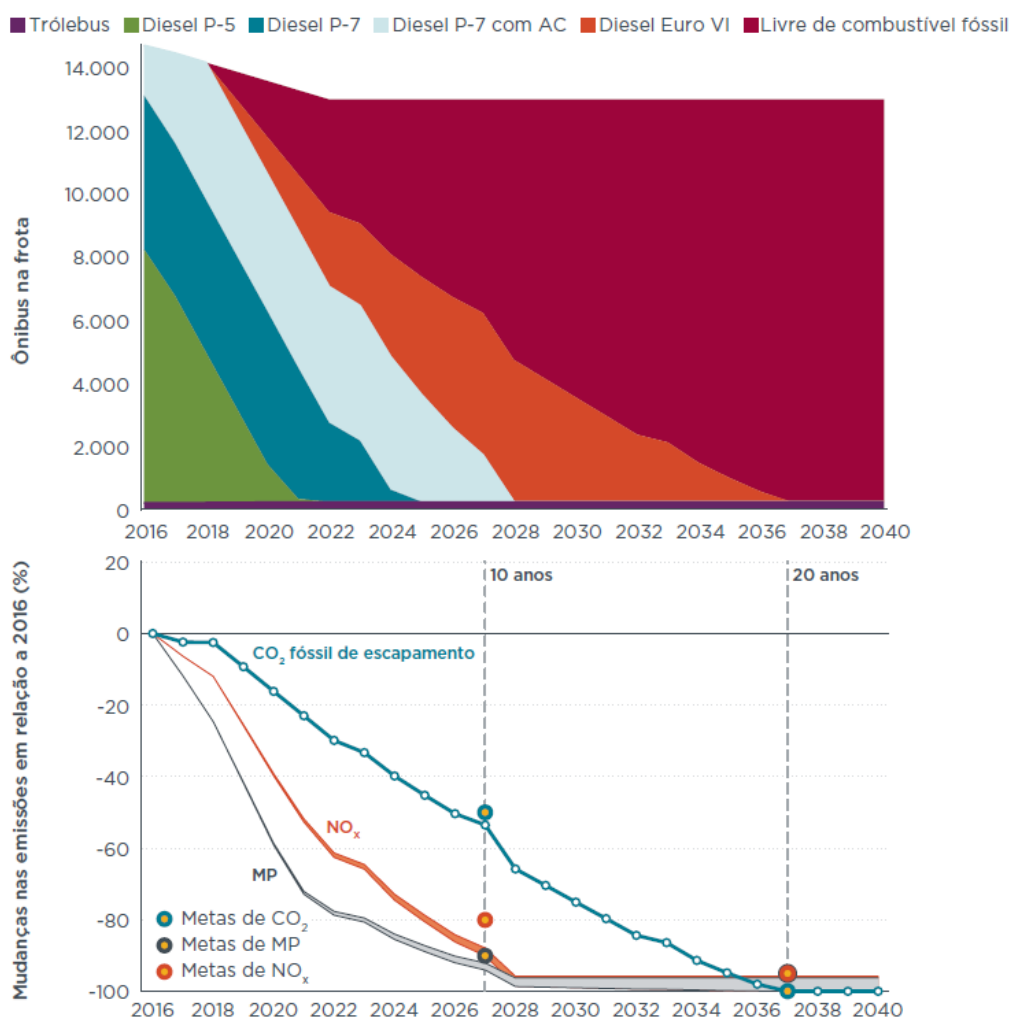


Fonte: ANL,2018 apud DALLMANN,2019

Segundo Dalmann (2019), os ônibus a diesel Euro 6, usando maior porcentagem de misturas de biodiesel (B20), GNC (Gas natural comprimido) Euro 6 usando combustível fóssil e híbridos diesel-elétrico Euro 6 oferecem reduções de emissões de CO<sub>2</sub> relativamente baixas em relação aos ônibus a diesel P-5 e P-7 da frota de base, variando de 3% a 20%. Essas tecnologias não proporcionariam grandes reduções de emissões de CO<sub>2</sub> fóssil, que serão necessárias para cumprir a Lei 16.802. Cinco combinações de tecnologia de motor e combustível não geram emissões de CO<sub>2</sub> fóssil: ônibus elétricos a bateria; ônibus a diesel Euro 6 usando 100% de misturas de diesel renovável ou biodiesel; ônibus a etanol Euro 6; e ônibus a GNC Euro 6 abastecidos com biometano. Na Figura 20, o autor exemplifica um cenário em que as metas de redução de emissões da Lei 16.802 seriam atendidas por meio da aquisição, em curto prazo, de tecnologias de motor a diesel Euro 6 e livres de combustível fóssil, e, de uma transição completa para tecnologias livres de combustível fóssil a partir de 2028. Neste cenário, assume-se que 60% dos novos ônibus da frota entre 2019 e 2027 são livres de combustível fóssil e que 40% são a diesel Euro 6, utilizando combustível diesel comercial. Esse modelo de aquisição resultaria em um total de 6.770 ônibus livres de combustível fóssil operando na frota no início de 2028 e uma frota 100% livre de combustível fóssil até o início de 2038. Nesse caso, as reduções

estimadas de emissões dos dois poluentes atmosféricos, assim como do CO<sub>2</sub> fóssil, em toda a frota seriam suficientes para cumprir a Lei 16.802.

**Figura 20.** Mudanças projetadas na composição da frota (painel superior) e nas emissões (painel inferior) para um cenário de aquisições em que as metas de redução intermediária e final são alcançadas por meio da aquisição de tecnologias de ônibus a diesel Euro VI e livres de combustível fóssil. Para as reduções de emissões de MP e NO<sub>x</sub>, o intervalo de estimativas reflete o desempenho ligeiramente melhor das opções de ônibus elétricos a bateria de emissão zero em comparação com os motores a combustão interna com certificação Euro 6.



Fonte: DALLMANN (2019)

O autor também calculou que se a transição para a aquisição de ônibus livres de combustível fóssil fosse adiada para 2022, 95% das compras entre 2022 e 2027 deveriam ser de ônibus livres de combustível fóssil para atingir a meta de CO<sub>2</sub> fóssil no prazo de 10 anos. Se fosse adiada ainda mais, o que é o caso, pois já sabemos que será em 2023, será difícil alcançar as metas sem a retirada de circulação e a substituição antecipadas de ônibus que ainda não cumpriram sua vida útil de 10 anos.

Existem várias opções de combustível para ônibus urbanos de transporte coletivo que não emitem CO<sub>2</sub> fóssil, como explicado anteriormente. No entanto, vale lembrar que as emissões decorrentes da produção desses combustíveis e de suas matérias-primas podem ser significativas, no tocante ao ciclo de vida do produto. Isso vale especialmente para os biocombustíveis à base de matérias-primas alimentares, como o biodiesel de óleo de soja e o etanol.

O Biodiesel, por exemplo, já é utilizado como mistura ao diesel em todo o país (Conselho Nacional de Política Energética, 2018). Para incentivar o uso dos biocombustíveis, o governo brasileiro estabeleceu metas para inserir a mistura de biodiesel no diesel comercial vendido no país. Entre 2016 e 2018 a porcentagem de biodiesel aumentou de 7% (B7- mistura de 93% de diesel de petróleo e 7% de biodiesel por volume) para 10% (B10) e a meta é que essa fração se aumente em 1% ao ano, chegando a 15% (B15) em 2023.

O Instituto Saúde e Sustentabilidade avaliou o benefício em saúde pública a partir da adição de diferentes níveis de biodiesel ao diesel automotivo, em termos de alteração da concentração ambiental de partículas finas. Considerando as duas regiões metropolitanas mais populosas do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro, por um período de 11 anos (2015-2025), tendo como matriz energética no transporte público - o B5 (adição de 5% do biodiesel no diesel), estimou-se mais de 108 mil óbitos, a um custo de perda de produtividade um pouco superior a US\$ 7 bilhões, em valores de 2012. Se a mistura passasse a B20, nas duas regiões, poderiam ser evitadas mais de 13 mil vidas e um ganho gerado da perda de produtividade evitada superior a US\$ 816 milhões. Em relação às internações, nas RMSP e RMRJ seriam contabilizadas 239.635 internações públicas com o uso de B5 entre 2015 a 2025, em custos aos cofres públicos de US\$ 207 milhões. Com a introdução de B20 em 2015, estima-se a redução de 28.169 internações públicas evitadas,

a uma economia em interações de aproximadamente US\$ 25 milhões, respectivamente (VORMITTAG, 2018; INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2015).

Os trólebus têm uma longa história de uso no sistema de transporte coletivo municipal de São Paulo e, similarmente, oferecem uma alternativa elétrica de emissão zero às operadoras de transporte coletivo na cidade. A rede de infraestrutura de recarga de trólebus existente em São Paulo está subutilizada. A expansão da frota de trólebus é uma exigência da Lei 16.802.

Ônibus elétricos são mais uma alternativa livre de carbono fóssil para as operadoras. Esses ônibus não geram emissões de escapamento de CO<sub>2</sub> fóssil, MP e NO<sub>x</sub>. De acordo com Slowick et al. (2018), países da América do Norte e da Europa estão desenvolvendo políticas para aumentar a participação dos ônibus movidos à eletricidade. O governo da China viabilizou a troca de seus veículos para os ônibus elétricos como uma das medidas urgentes para melhorar a qualidade do ar no país mediada por uma política pública de incentivos. (SLOWICK et al., 2018). Esse, então, passa a ser um mercado com tendência a crescimento, na medida que as pressões e demandas aumentam por energia e combustíveis limpos. No entanto, essa tecnologia ainda se encontra incipiente no país, uma vez que os veículos são importados e representam apenas 11% dos veículos licenciados no país em 2017 (SLOWICK et al., 2018).

No caso dos veículos elétricos, a pesquisa em parceria entre o Instituto Saúde e Sustentabilidade e Greenpeace (2017) avaliou os impactos da poluição do ar na saúde da população decorrentes da substituição do diesel por uma matriz energética limpa do transporte público sobre rodas – ônibus, no município de São Paulo - MSP, caracterizada por dois cenários, de 2017 até 2050: 1) cenário 100% renováveis, considerou a substituição do diesel (B7) pela combinação de três tipos de matriz energética Biodiesel (B100), Híbrida (B100 + Elétrica) e Elétrica; e, 2) cenário que considerou a substituição de 100% de diesel por ônibus elétrico. Os cenários avaliam os riscos evitáveis a partir da intervenção. Com a substituição da matriz energética de transporte público pelo Cenário 1, estimam-se 12.191 vidas salvas até 2050, que passariam a 12.796 vidas salvas se já se tivesse adotado a matriz 100 % Elétrica (cenário 2), em valores evitados em mortes (perda de produtividade evitada) estimados em R\$ 3,6 bilhões e R\$ 3,8 bilhões respectivamente (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, GREENPEACE, 2017).



Neste estudo, no caso da RMSP, observa-se 22.641 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 na frota de ônibus, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$ 11,3 BI (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

A pesquisa aponta para a necessidade de políticas públicas que interfiram para a melhoria da saúde da população e a redução de gastos em saúde - que em um ciclo virtuoso, poderiam ser revertidos em investimentos para mitigação de GEE e emissões de poluentes tóxicos em rumo às cidades mais sustentáveis e saudáveis para se viver.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em outubro de 2018, foi aprovada no Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, a entrada do país na nova fase P-8 do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, PROCONVE, baseada no padrão Euro 6 de emissões. Com a mudança, é prevista a diminuição significativa da contaminação do ar decorrente de fontes móveis, pois exige a adoção de tecnologias mais avançadas, com a implementação de motores menos poluentes, já exigidos na Europa desde 2013.

Com base na decisão, o Instituto Saúde e Sustentabilidade em parceria com o Instituto Clima e Sociedade decidiu realizar uma previsão dos impactos que a política terá na saúde da população e nos cofres públicos e privados no decorrer dos próximos 30 anos, contabilizados de 2023 – ano de implantação do programa especificamente para os veículos pesados – até 2050.

A maioria das cidades brasileiras encontra-se com níveis de qualidade de ar acima dos limites preconizados pela Organização Mundial de Saúde, e parte deste problema é resultado direto das emissões veiculares. A nova fase do programa foi aprovada no ano passado no Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, apoiada pelos representantes da sociedade civil organizada, propôs a implantação do novo sistema já para início em 2020, ideia não acolhida, tendo sido aprovado o início apenas em 2023 para os veículos pesados. Não foram apresentados argumentos técnico-científicos que justificassem a escolha para o adiamento, votado majoritariamente pelas associações representantes dos órgãos públicos – ABEMA e ANAMMA e da indústria.

A presente pesquisa apontou que este atraso de três anos (2020-2023) levará a morte prematura de 10 mil pessoas com um gasto público e privado para o sistema de saúde de 4,6 bilhões de reais. Serão ainda mais 9.750 internações hospitalares ao custo de 36 milhões de reais. Além disso, poderá ser um fator relevante para se alcançar as metas previstas na Lei 16.802/2018 no município de São Paulo.

O adiamento da implantação pode ser atribuído a interesses econômicos, já que não há empecilhos do ponto de vista da inovação tecnológica. Para manter-se concorrentes no mercado global, os fabricantes e montadores com produção instalada no Brasil já desenvolvem veículos pesados concebidos com a tecnologia Euro 6,

comercializados apenas para exportação e atendendo inclusive às exigências de países vizinhos como o Chile e a Colômbia. No Brasil, contudo, ainda comercializam uma tecnologia defasada com alto impacto em saúde e ainda o farão por mais 5 anos

Contando com a implementação da fase P-8 em 2023, considerando 30 anos para a substituição gradual da frota de veículos pesados (ônibus e caminhões pesados), o estudo revela que serão evitadas 148 mil mortes até 2050, com impacto positivo de 68 bilhões de reais em produtividade; e 155 mil internações hospitalares com economia de 575 milhões de reais. A estimativa é válida para seis regiões metropolitanas brasileiras, sendo elas São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Curitiba e Porto Alegre, que representam, juntas,  $\frac{1}{4}$  da população brasileira.

No caso específico da região metropolitana (RM) de São Paulo, observa-se a soma de 63.324 de vidas salvas até 2050, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$31,5 bilhões de reais contabilizados entre os anos 2023 a 2050. Em relação às internações evitadas, soma-se 75.321 tanto no sistema público quanto no privado, a uma economia de R\$277 milhões de reais.

Para a RM do Rio de Janeiro, observa-se a soma de 52.450 de vidas salvas, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$19,8 bilhões de reais contabilizados entre os anos 2023 a 2050. Em relação às internações, observa-se a soma de 25.896 internações públicas e privadas evitadas, a uma economia em gastos públicos e privados de R\$68 milhões de reais. No caso da RMBH, observa-se a soma de 13.024 mortes evitadas ou vidas salvas a um custo evitado em perda de produtividade de R\$4,6 bi (bilhões de reais). Para a RMV, são 3.889 mortes evitadas ao custo evitado de R\$1,4 bi (bilhão de reais).

No caso da RMC, observa-se a soma de 6.040 mortes evitadas ou vidas salvas devido à implementação de Euro 6 em ambas as frotas, a um custo evitado em perda de produtividade de R\$2,5 bi (bilhões de reais). E para a RMPA, observa-se a soma de 9.321 vidas salvas ao custo evitado em perda de produtividade de R\$3,5 bi (bilhões de reais) contabilizados entre os anos 2023 a 2050.

Entre as frotas caminhões pesados e ônibus, há aproximadamente o dobro de mortes evitadas comparadas às relacionadas à frota de ônibus. Se as relacionarmos ao total de mortes evitadas por ambas as frotas, basicamente 64% se devem aos caminhões pesados.

A poluição por material particulado é associada ao aumento de casos de derrame cerebral, infarto do coração; doenças pulmonares como pneumonia, bronquite e asma; e câncer do pulmão e bexiga, entre outras doenças, afetando especialmente as crianças e os idosos. A mudança ajudará o Brasil a adequar-se ao Acordo de Paris e, como aponta a própria OMS, revelará tanto os benefícios para a saúde das pessoas quanto a respectiva economia do dinheiro público.

Não apenas a Europa, mas também outros grandes mercados automotivos como Estados Unidos, Canadá, Japão, Índia, Coreia do Sul, Turquia e México já adotaram a tecnologia Euro 6. A China, o país mais poluído do planeta, propôs padrões para implementação em 2020. Algumas cidades da América Latina, incluindo Santiago e Bogotá, já se comprometeram com ônibus urbanos adequados às normas.

Com o desenvolvimento do estudo, foi possível destacar a força de políticas públicas eficientes, especialmente assumindo a integração entre campos distintos, como no caso da conexão entre meio ambiente e da saúde. Os resultados atestam que o avanço tecnológico pode ser utilizado positivamente para a melhoria da qualidade de vida da população, assim como para a otimização dos recursos financeiros públicos e privados. Sem dúvida, também fica claro a necessidade de avançar tais mudanças com imediatez, revelada com os dados negativos decorrentes do atraso da implementação da nova fase. Por fim, é a integração entre os dados técnicos mais apurados e a vontade política de promover transformações que incidirá em melhorias no quadro futuro do país no que tange ao debate das mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, H. R.; ATKINSON, R. W.; PEACOCK, J. L.; MARSTON, L.; KONSTANTINOU, K. **Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O<sub>3</sub>)**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2004. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107557>. Acesso em: 29 maio 2019.

ANDRADE, R. T. G.; SANTOS, E. M. Quantificação das emissões de gases efeito estufa – GEES – segundo matriz energética diesel ou GNV no transporte público por ônibus em Natal-RN. **HOLOS**, v. 3, p. 3-15, 2009. <https://doi.org/10.15628/holos.2009.271>

ANDRÉ, P. A.; VERAS, M. M.; MIRAGLIA, S. G. E. K.; SALDIVA, P. H. N. **Redução estimada da emissão de poluentes pelo programa de inspeção veicular em veículos diesel e seu impacto em saúde**. LPAE - Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da USP, 2012a. Disponível em: < <http://vimeo.com/44475710> >. Acesso em: 29 maio 2019.

ANDRÉ, P. A.; VERAS, M. M.; MIRAGLIA, S. G. E. K.; SALDIVA, P. H. N. **Lean diesel technology and human health: a case study in six Brazilian metropolitan regions**. Clinics, v. 67, n. 6, São Paulo, 2012b. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2012\(06\)15](http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2012(06)15)>. Acesso em: 25 junho 2015.

ANS - AGÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE SUPLEMENTAR. **Taxa de Cobertura de Planos de Saúde**, 2016. Disponível em: <http://www.ans.gov.br/>.

Argonne National Laboratory (2018). *AFLEET Tool 2018*. Disponível em: [https://greet.es.anl.gov/afleet\\_tool](https://greet.es.anl.gov/afleet_tool)

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MEDICINA; INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Manifesto Público da classe médica do estado de São Paulo “Um Minuto de Ar Limpo”**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/publicacao/manifesto-um-minuto-de-ar-limpo/>. Acesso em: 21 maio 2019.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera (trads.). 2 ed. Bookman. Porto Alegre, 2002.

BELL, M. L. et al. The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo, and Mexico City. **Environmental Research**, v. 100, n. 3, p. 431 - 440, 2006. DOI:10.1016/j.envres.2005.08.002

BRASIL. Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986. Dispões sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 maio 1986, p. 8792-8795. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=41>. Acesso em: 29 maio 2019.

BRASIL. Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 outubro 1993. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8723.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8723.htm). Acesso em: 29 maio 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 490, de 16 de novembro de 2018a. Estabelece a Fase PROCONVE P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 novembro 2018, n. 223, Seção 01, p. 153-155.

BRASIL. Resolução CONAMA -minuta. Estabelece a Fase PROCONVE P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário e dá outras providências. Procedência: 8ª RE CTQAGR. Data: 02 e 03/10/2018. Processo nº 02000.008155/2018-57. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2018b. Disponível em: [http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/34C157DB/PROPOSTA\\_PROCONVE\\_P8\\_8Ext\\_VersaoLimpa1.pdf](http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/34C157DB/PROPOSTA_PROCONVE_P8_8Ext_VersaoLimpa1.pdf). Acesso em: 23 maio 2019.

BREATHELIFE. A global campaign for clean air. Disponível em: <https://breathelife2030.org/>. Acesso em: 30 maio 2019.

BURNETT, R.; CHEN, H.; SZYSZKOWICZ, M.; FANN, N.; HUBBELL, B.; POPE, C. A.; APTE, J.; BRAUER, M.; COHEN, A.; WEICHENTHAL, S.; COGGINS, J.; DI, Q.; BRUNEKREEF, B.; FROSTAD, J.; LIM, S.S.; KAN, H.; WALKEN K.D.; THURSTON, G.D.; HAVES, R.; LIM, C.C.; TURNER, M.C.; JERRETT, M.; KREWSKI, D.; GAPSTUR, S.M.; DIVER, W.R.; OSTRO, B.; GOLDBERG, D.; CROUSE, D.L.; MARTIN, R.V.; PETERS, P.; PINAULT, L.; TJEPKEMA, M.; DONKELAAR, A.V.; VILLENEUVE, P.J.; ATKINSON, R.W.; TSANG, H.; THACH, T.Q.; CANNON, J.B. ALLEN, R.T.; HART, J.E.; LADEN, F.; CESARONI, G.; FORASTIERE F.; WEINMAYR, G.; JAENSCH, A.; NAGEL, G.; CONCIN, H.; SPADARO, J.V. Global estimates of mortality associated with longterm exposure to outdoor fine particulate matter. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America - PNAS**, v. 115, n. 38, p. 9592-9597, 2018. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>

CANÇADO, J. E. D.; BRAGA, A.; PEREIRA, L.A.A.; ARBEX, M.A.; SALDIVA, P.H.N.; SANTOS, U.P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 32, supl. 2, p. S5-S11, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132006000800003>.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2017**. São Paulo, 2018.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2015**. São Paulo, 2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016**. São Paulo, 2017.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2017**. São Paulo, 2018.

COELHO, J. M. F. Inserção do GNV na matriz da mobilidade urbana. **Seminário Internacional – Mobilidade a Gás Natural: a Solução para o Brasil**. ABEGÁS, Rio de Janeiro, 23 de novembro de 2018.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. **Resolução nº 16, de 29 de outubro de 2018**. 2018.

COSTA, L. O. **Desenvolvimento de ciclos de teste para banco de provas representativos da condução de ônibus urbanos da cidade de São Paulo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Centro de Engenharia Automotiva. São Paulo, 2018.

DALLMANN, T. Benefícios de tecnologias de ônibus em termos de emissões de poluentes do ar e do clima em São Paulo. **The International Council on Clean Transportation (ICCT): relatório técnico**. São Paulo. Washington, DC: ICCT, 2019. Disponível em: <https://www.theicct.org/publications/beneficios-de-tecnologias-de-onibus-em-termos-de-emissoes-de-poluente-do-ar-e-do-clima>. Acesso em: 06 maio 2019.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A.E.; FERNANDES, G.D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M.S.; KEMERICH, P.D.C. Poluição Atmosférica Proveniente Da Queima De Combustíveis Derivados Do Petróleo Em Veículos Automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010537>

EPA - U.S. **Environmental Protection Agency**. Value of statistical life. 2013. Disponível em: <http://yosemite.epa.gov/ee/epa/eed.nsf/pages/MortalityRiskValuation.html#whatvalue>. Acesso em: 17 set. 2013.

ERVATTI, L.; BORGES, G.M.; JARDIM, A. P. **Mudança demográfica no Brasil no início do século XXI**: subsídios para as projeções da população. Estudos & Análises. Informação demográfica e socioeconômica. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015. ISBN 978-85-240-4344-4

FAÇANHA, C. Deficiencies in the Brazilian PROCONVE P-7 and the case for P-8 standards. **The ICCT Briefing Paper**, n. March, 2016.

FAÇANHA, C. Euro VI para o Brasil: um caminho claro para céus mais limpos. **ICCT (International Council on Clean Transportation)**, n. April 2017, p. 2, 2017. Disponível em: <https://www.theicct.org/blogs/staff/euro-VI-para-o-brasil-um-caminho-claro-para-ceus-mais-limpos>. Acesso em: 29 de maio de 2019.



FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte: ano base 2013**: relatório técnico. Belo Horizonte, 2016.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Rede Estadual de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar: Relatório 2017**. Porto Alegre: FEPAM: 2018. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/>. Acesso em 18 set. de 2017.

FINLAYSON, G.S.; STEWART, D.; TATEM R.B.; MACWILLIAM, L.; ROOS, N. Anticipating change: how many acute hospital beds will Manitoba regions need in 2020? **Canadian Journal on Aging**, n. 24, n.1, p. 133-140, 2005. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16080130>.

GLOBAL BURDEN OF DISEASE COLLABORATIVE NETWORK. Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) **Results**. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2018. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.

GOUVEIA N, DE FREITAS CU, MARTINS LC, MARCILIO IO. Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.22, n. 12, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006001200016>

GREENSTONE, M.; FAN, C. Q. Introducing the Air Quality Life Index: Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy. **Air Quality Life Index**, November, 2018. Disponível em: <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2018/11/AQLI-Report.111918-2.pdf>. Acesso em: 30 maio 2019.

HAMRA, G. B.; GUHA, N.; COHEN, A.; LADEN, F.; RAASCHOU-NIELSEN, O.; SAMET, J. M.; VINEIS, P.; FORASTIERE, F.; SALVIDA, P.; YORIFUJI, T.; LOOMIS, D. Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 9, p. 906-911, 2014. DOI:10.1289/ehp/1408092.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba – Ano de 2013**. Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/>>. Acesso em: 8 novembro 2017.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Avaliação dos Impactos Econômicos e dos Benefícios Socioambientais do PROCONVE**. Edições Ib ed. Brasília: 2016. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/LIVROPROCONVEDIGITAL.pdf> Acesso em: 21 maio 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 maio 2019.



\_\_\_\_\_. **Projeção de população.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=o-que-e> Acesso em 01 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios ano base 2015.** Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=o-que-e> Acesso em: 01 agosto 2018.

\_\_\_\_\_. **Produto Interno Bruto a preço correntes (Mil Reais), 2002 – 2016.** Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 30 maio 2019.

\_\_\_\_\_. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2018.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 setembro 2018.

IEMA - INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório da Qualidade do Ar- 2013:** Grande Vitória. Cariacica, 2015

IEMA – INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG)** - emissões dos setores de Energia e de Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP), período 1970 – 2015. Documento de Análise. Observatório do Clima & IEMA, 2017. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/09/Relatorios-Seeg-2017-Energia-final.pdf>>. Acesso em: 9 dezembro 2017.

IGU - INTERNATIONAL GAS UNION. **Case Studies in Improving Urban Air Quality.** Published by the International Gas Union (IGU). Norway, 2016. Disponível em: <https://www.igu.org/research/case-studies-improving-urban-air-quality-new-edition>. Acesso em: 28 maio 2019.

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Gerência de Qualidade do Ar - GEAR. **Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2015.** Rio de Janeiro, 2016.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde.** p. 1–83, 2013. Disponível em: [https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/Documentofinaldapesquisapadiao\\_2409-FINAL-sitev1.pdf](https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/Documentofinaldapesquisapadiao_2409-FINAL-sitev1.pdf) Acesso em: 23 maio 2019.

\_\_\_\_\_. **Avaliação do Impacto da Poluição Atmosférica no Estado do Rio de Janeiro sob a visão da saúde.** São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp->

[content/uploads/2014/10/Poluicao-RJ\\_FINAL.pdf](#). Acesso em: 23 maio 2019

\_\_\_\_\_. **Avaliação dos impactos na saúde pública e sua valoração devido à implementação progressiva do componente biodiesel na matriz energética de transporte.** São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/publicacao/avaliacao-dos-impactos-da-saude-publica-e-sua-valoracao-devido-a-implementacao-progressiva-do-componente-biodiesel-na-matriz-energetica-de-transporte/> Acesso em 13 Fev 2019.

\_\_\_\_\_; GREENPEACE. **Avaliação e valoração dos impactos da poluição do ar na saúde da população decorrente da substituição da matriz energética do transporte público na cidade de São Paulo.** p. 132, 2017. Disponível em: [https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/05/GP\\_ISS\\_Relatorio\\_ImpactosOnibusSP-1.pdf](https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/05/GP_ISS_Relatorio_ImpactosOnibusSP-1.pdf). Acesso em: 23 maio 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Poluição do Ar durante a greve dos caminhoneiros no Brasil.** São Paulo, 2018b. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/publicacao/relatorio-de-poluicao-do-ar-durante-a-greve-dos-caminhoneiros/>. Acesso em: 30 maio 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Monitoramento de Qualidade do Ar no Brasil.** São Paulo, 2019. Disponível em: [https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/An%C3%A1lise-do-Monitoramento-de-Qualidade-do-Ar-no-Brasil\\_ISS.pdf](https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/An%C3%A1lise-do-Monitoramento-de-Qualidade-do-Ar-no-Brasil_ISS.pdf) Acesso em: 30 maio 2019.

IPEA. **Taxa de câmbio comercial para venda: real (R\$)/dólar americano (US\$) – média.** Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924&module=M&chart=ChartsImage40417902344583176>. Acesso em: 30 maio 2019.

LASCALA, T. **Externalidades da Substituição do Diesel pelo Etanol no Transporte Público Urbano da Região Metropolitana de São Paulo.** Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Energia. EP/FEA/IEE/IF. Universidade de São Paulo – São Paulo, 2011. REFERÊNCIA NÃO ENCONTRADA NO TEXTO

MARTINS, L. C.; PEREIRA, L.A.A.; LIN, C.A.; SANTOS, U.P.; PRIOLI, G.; LUIZ, O.C.; SALDIVA, P.H.N.; BRAGA, A.L.F. The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. **Revista Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 677-683, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102006000500018>

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT. **Polluted air shortens the lifespan of Europeans by about two years.** 12 de março de 2019. Disponível em: <https://www.mpg.de/12823232/polluted-air-shortens-the-lifespan-of-europeans-by-about-two-years>. Acesso em: 26 março 2019.

MME/EPE – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2017, Ano-base 2016**. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2017.

MME/EPE – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2017, Ano-base 2016**. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2017.

MILLER, J.; FAÇANHA, C. **Análise de Custo-Benefício da Norma P 8 de Emissões de Veículos Pesados no Brasil**: relatório técnico. Washington, DC, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Epidemiológicas e morbidade**. Disponível em: <<<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=6927&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defctohtm.exe?sih/cnv/nr>>> Acesso em: 01 agosto 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2017, Ano-base 2016**: relatório síntese. Rio de Janeiro, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012**. Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **PROCONVE** - Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. p. 7, [s.d.].

MURRAY, C. J.; LOPEZ, A. D. **The Global Burden of Disease**: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. Boston: Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank, 1996. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41864>. Acesso em: 29 maio 2019.

NARAI, U.; SALL, C. **Methodology for Valuing the Health Impacts of Air Pollution Discussion of Challenges and Proposed Solutions**. 2016. World Bank Group. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/832141466999681767/pdf/106607-WPADD-AUTHORS-ABSTRACT-PUB-DATE-PUBLIC.pdf>>. Acesso em: 25 abril 2019.

NATIONAL INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCES. 2014. Disponível em: <https://www.niehs.nih.gov/index.cfm>. Acesso em: 29 abril 2019.

NOVACANA.COM. Aplicações e usos do Etanol. [s/d]. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/aplicacoes>>. Acesso em: 25 abril 2019.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **The economic consequences of outdoor air pollution**. Policy Highlights, 2016. Disponível em: <https://www.oecd.org/env/the-economic-consequences-of-outdoor-air-pollution-9789264257474-en.htm>. Acesso em: 28 maio 2019.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **CID-10 Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde**. 10a rev. v. 1, São Paulo, 2007.

ONUBR - NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **OMS define 10 prioridades de saúde para 2019**. Janeiro, 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/oms-define-10-prioridades-de-saude-para-2019/>. Acesso em: 28 maio 2019.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respiram ar poluído**. 2018a. Disponível em: [https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5654:nove-em-cada-dez-pessoas-em-todo-o-mundo-respiram-ar-poluido&Itemid=839](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5654:nove-em-cada-dez-pessoas-em-todo-o-mundo-respiram-ar-poluido&Itemid=839). Acesso em: 28 maio 2019.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Não polua o meu futuro! O impacto do ambiente na saúde das crianças**. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Brasília, DF, 2018b. Disponível em: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/49123>. Acesso em: 28 maio 2019.

ORTIZ, R.A.; HUNT, A.; MOTTA, R.S.; MACKNIGHT, V. Morbidity costs associated with ambient air pollution exposure in Sao Paulo, Brazil. **Atmospheric Pollution Research**, v. 2, p. 520-529, 2011. doi:10.5094/APR.2011.059

OSTRO, B. **Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels**. World Health Organization, Environmental Burden of Diseases Series, n. 5, 2004. Disponível em: [https://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/ebd5/en/](https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/ebd5/en/). Acesso em: 29 maio 2019.

POPE, C. A.; EZZATI, M.; DOCKERY, D.W. Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. **The New England Journal of Medicine**, v. 360, n., p. 376-86, 2009. DOI: 10.1056/NEJMsa0805646

REDDY, K. S.; ROBERTS, J. H. Mitigating air pollution: planetary health awaits a cosmopolitan moment. **The Lancet Planetary Health**, v. 3, n. 1, p. e2–e3, 2019.

ROTHMAN, K.J.; GREENLAND, S. **Modern Epidemiology**, 2nd Edition. Chapter 21, 401-32. Lippincott-Raven Publishers, Washington, 1998.

SALDIVA, P. H. N.; ANDRÉ, P. A. **Avaliação dos aspectos ambientais, de saúde e socioeconômicos envolvidos com a implementação do PROCONVE em seis Regiões Metropolitanas**. São Paulo: LPAE - Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, 2009.

SÃO PAULO. **Lei nº 14.993, de 5 de junho de 2009**. 2009. Disponível em: <http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/files/LeiClima.pdf>. Acesso em: 28 maio 2019.

SÃO PAULO. (2018). **Lei nº 16.802, de 17 de janeiro de 2018**. 2018. Diário Oficial de São Paulo, n. 12. Disponível em: [http://www.camara.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/dom\\_capa.pdf](http://www.camara.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/dom_capa.pdf). Acesso em: 28 maio 2019

TESSUM, C. W.; APTEM J.S.; GOODKIND, A.L.; MULLER, N.Z.; MULLINS K.A.; PAOLELLA, D.A.; POLASKY, S.; SPRINGER, N.P.; THAKRAR, S.K.; MARSHALL, J.D.; HILL, J. Inequity in consumption of goods and services adds to racial ethnic disparities in air pollution exposure. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 13, Mar 2019. DOI:10.1073/pnas.1818859116

THE WORLD BANK. **The cost of air pollution: strengthening the economic case for action**. 2016. The World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington, Seattle, 2016. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/781521473177013155/The-cost-of-air-pollution-strengthening-the-economic-case-for-action>. Acesso em: 28 maio 2019.

TURRIO-BALDASSARRI, L.; BATTISTELLI, C. L.; CONTI, L.; CREBELLI, R.; DE BERARDIS, B.; IAMICELI, A. L. ; GAMBINO, M.; IANNACCONE, S. Evaluation of emission toxicity of urban bus engines: compressed natural gas and comparison with liquid fuels. **Science of the Total Environment**, v. 355, n. 1–3, p. 64–77, 2006. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.02.037.

ULIRSCH, G.V.; BALL, L.M.; KAYE, W.; SHY, C.M.; LEE, C.V.; CRAWFORD-BROWN, D.; SYMONS, M.; HOLLOWAY, T. Effect of particulate matter air pollution on hospital admissions and medical visits for lung and heart disease in two southeast Idaho cities. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v. 17, n.5, p. 478-487, 2007. DOI:10.1038/sj.jes.7500542

VISCUSI, W. K.; ALDY, J. E. The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates Throughout the World. Harvard Law School John M. **Olin Center for Law, Economics and Business Discussion Paper Series**, Paper 392, 2002.

VISCUSI, W. K. Policy Challenges of the Heterogeneity of the Value of Statistical Life. **Published Articles & Papers**, Paper 95, 2011. DOI: 10.1561/0700000011.

VORMITTAG, E. M. P. A. A.; ANDRÉ, P.A.; RODRIGUES, C; SALDIVA, P. Assessment and Valuation of Public Health Impacts from Gradual Biodiesel Implementation in the Transport Energy Matrix in Brazil. **Aerosol and Air Quality Research**, 18: 2375–2382, 2018. Disponível em : <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/publicacao/artigo-cientifico-assessment-and-valuation-of-public-health-impacts-from-gradual-biodiesel-implementation-in-the-transport-energy-matrix-in-brazil/>. Acesso em: 28 maio 2019.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air quality guidelines** - global update 2005. Copenhagen, 2006. Disponível em: <https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/>. Acesso em: 28 maio 2019.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health and the Environment**: Addressing the

health impact of air pollution. Draft resolution proposed by the delegations of Albania, Chile, Colombia, France, Germany, Monaco, Norway, Panama, Sweden, Switzerland, Ukraine, United States of America, Uruguay and Zambia. Sixty-Eighth World Health Assembly. 26 maio 2015.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cop24 Special report Health & Climate Change**. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/globalchange/publications/COP24-report-health-climate-change/en/>. Acesso em: 28 maio 2019.

ZIMMERMANN, N. **Cidades aceleram para proibir carros a diesel**. Deutsche Welle Brasil. 27 de fevereiro de 2018. Disponível em: <https://p.dw.com/p/2tQPw>. Acesso em: 18 Out 2018.

ZIVIN, J.G.; NEIDELL, M. Environment, Health, and Human Capital. **Journal of Economic Literature**, American Economic Association, v. 51, n. 3, p. 689-730, 2013. DOI: 10.3386/w18935.



## ANEXO

### ANEXO 1 – EMISSÃO TOTAL DE MP<sub>2,5</sub> PARA OS CENÁRIOS EM ESTUDO

CENÁRIO	EMISSIONES VEICULARES					
	BUS		HDT		BUS+HDT	
E6-NO	K.ton	Δ(%)	K.ton	Δ(%)	K.ton	Δ(%)
2017	3,80202	100,0%	13,03675	100,0%	16,83877	100,0%
2018	3,55202	93,4%	12,15505	93,2%	15,70706	93,3%
2019	3,32232	87,4%	11,34030	87,0%	14,66263	87,1%
2020	3,11239	81,9%	10,59007	81,2%	13,70246	81,4%
2021	2,90375	76,4%	9,86458	75,7%	12,76833	75,8%
2022	2,71714	71,5%	9,20817	70,6%	11,92531	70,8%
2023	2,55128	67,1%	8,61726	66,1%	11,16854	66,3%
2024	2,40488	63,3%	8,08833	62,0%	10,49321	62,3%
2025	2,27666	59,9%	7,61790	58,4%	9,89455	58,8%
2026	2,15721	56,7%	7,18063	55,1%	9,33784	55,5%
2027	2,05417	54,0%	6,79730	52,1%	8,85147	52,6%
2028	1,96619	51,7%	6,46428	49,6%	8,43047	50,1%
2029	1,89200	49,8%	6,17806	47,4%	8,07006	47,9%
2030	1,83041	48,1%	5,93528	45,5%	7,76569	46,1%
2031	1,77366	46,7%	5,74929	44,1%	7,52295	44,7%
2032	1,72772	45,4%	5,59965	43,0%	7,32737	43,5%
2033	1,69157	44,5%	5,48361	42,1%	7,17518	42,6%
2034	1,66423	43,8%	5,39853	41,4%	7,06276	41,9%
2035	1,64527	43,3%	5,34269	41,0%	6,98796	41,5%
2036	1,63615	43,0%	5,29470	40,6%	6,93085	41,2%
2037	1,63316	43,0%	5,26975	40,4%	6,90291	41,0%
2038	1,63564	43,0%	5,26525	40,4%	6,90089	41,0%
2039	1,64321	43,2%	5,27950	40,5%	6,92271	41,1%
2040	1,65486	43,5%	5,30908	40,7%	6,96394	41,4%
2041	1,66781	43,9%	5,34470	41,0%	7,01250	41,6%
2042	1,68374	44,3%	5,39140	41,4%	7,07513	42,0%
2043	1,70216	44,8%	5,44736	41,8%	7,14952	42,5%
2044	1,72266	45,3%	5,51097	42,3%	7,23363	43,0%
2045	1,74486	45,9%	5,58100	42,8%	7,32586	43,5%
2046	1,76650	46,5%	5,64964	43,3%	7,41614	44,0%
2047	1,78922	47,1%	5,72220	43,9%	7,51143	44,6%
2048	1,81283	47,7%	5,79795	44,5%	7,61077	45,2%
2049	1,83715	48,3%	5,87629	45,1%	7,71345	45,8%
2050	1,86209	49,0%	5,95683	45,7%	7,81892	46,4%

Fonte: ICCT (MILLER; FAÇANHA, 2016)

## ANEXO 2 – EMISSÃO TOTAL DE MP<sub>2,5</sub> PARA OS CENÁRIOS EM ESTUDO

CENÁRIO	EMISSIONES VEICULARES					
	BUS		HDT		BUS+HDT	
E6-2020	K.ton	Δ(%)	K.ton	Δ(%)	K.ton	Δ(%)
2017	3,80202	100,0%	13,03675	100,0%	16,83877	100,0%
2018	3,55202	93,4%	12,15505	93,2%	15,70706	93,3%
2019	3,32232	87,4%	11,34030	87,0%	14,66263	87,1%
2020	3,02358	79,5%	10,31133	79,1%	13,33491	79,2%
2021	2,72861	71,8%	9,31655	71,5%	12,04515	71,5%
2022	2,45796	64,6%	8,39966	64,4%	10,85762	64,5%
2023	2,21020	58,1%	7,55648	58,0%	9,76669	58,0%
2024	1,98390	52,2%	6,78292	52,0%	8,76682	52,1%
2025	1,77762	46,8%	6,07497	46,6%	7,85259	46,6%
2026	1,58402	41,7%	5,41216	41,5%	6,99617	41,5%
2027	1,40902	37,1%	4,81098	36,9%	6,22000	36,9%
2028	1,25120	32,9%	4,26746	32,7%	5,51865	32,8%
2029	1,10963	29,2%	3,77913	29,0%	4,88875	29,0%
2030	0,98305	25,9%	3,34228	25,6%	4,32532	25,7%
2031	0,86701	22,8%	2,96209	22,7%	3,82910	22,7%
2032	0,76449	20,1%	2,62461	20,1%	3,38910	20,1%
2033	0,67436	17,7%	2,32692	17,8%	3,00129	17,8%
2034	0,59558	15,7%	2,06624	15,8%	2,66182	15,8%
2035	0,52767	13,9%	1,84070	14,1%	2,36837	14,1%
2036	0,46989	12,4%	1,64084	12,6%	2,11073	12,5%
2037	0,42042	11,1%	1,47073	11,3%	1,89115	11,2%
2038	0,37851	10,0%	1,32757	10,2%	1,70608	10,1%
2039	0,34371	9,0%	1,20940	9,3%	1,55311	9,2%
2040	0,31491	8,3%	1,11244	8,5%	1,42735	8,5%
2041	0,29106	7,7%	1,03283	7,9%	1,32389	7,9%
2042	0,27197	7,2%	0,96976	7,4%	1,24172	7,4%
2043	0,25699	6,8%	0,92092	7,1%	1,17792	7,0%
2044	0,24555	6,5%	0,88420	6,8%	1,12975	6,7%
2045	0,23709	6,2%	0,85780	6,6%	1,09489	6,5%
2046	0,23089	6,1%	0,83883	6,4%	1,06971	6,4%
2047	0,22675	6,0%	0,82677	6,3%	1,05352	6,3%
2048	0,22430	5,9%	0,82032	6,3%	1,04463	6,2%
2049	0,22321	5,9%	0,81836	6,3%	1,04158	6,2%
2050	0,22320	5,9%	0,81995	6,3%	1,04315	6,2%

Fonte: ICCT (MILLER; FAÇANHA, 2016)



### ANEXO 3 – EMISSÃO TOTAL DE MP<sub>2,5</sub> PARA OS CENÁRIOS EM ESTUDO

CENÁRIO	EMISSIONES VEICULARES					
	BUS		HDT		BUS+HDT	
E6-2023	K.ton	Δ(%)	K.ton	Δ(%)	K.ton	Δ(%)
2017	3,80202	100,0%	13,03675	100,0%	16,83877	100,0%
2018	3,55202	93,4%	12,15505	93,2%	15,70706	93,3%
2019	3,32232	87,4%	11,34030	87,0%	14,66263	87,1%
2020	3,11239	81,9%	10,59007	81,2%	13,70246	81,4%
2021	2,90375	76,4%	9,86458	75,7%	12,76833	75,8%
2022	2,71714	71,5%	9,20817	70,6%	11,92531	70,8%
2023	2,36830	62,3%	8,04819	61,7%	10,41650	61,9%
2024	2,13411	56,1%	7,24870	55,6%	9,38281	55,7%
2025	1,92032	50,5%	6,51619	50,0%	8,43651	50,1%
2026	1,71904	45,2%	5,82876	44,7%	7,54780	44,8%
2027	1,53671	40,4%	5,20412	39,9%	6,74084	40,0%
2028	1,37184	36,1%	4,63813	35,6%	6,00997	35,7%
2029	1,22303	32,2%	4,12686	31,7%	5,34989	31,8%
2030	1,08903	28,6%	3,66659	28,1%	4,75562	28,2%
2031	0,96546	25,4%	3,26473	25,0%	4,23019	25,1%
2032	0,85567	22,5%	2,90622	22,3%	3,76189	22,3%
2033	0,75852	20,0%	2,58808	19,9%	3,34659	19,9%
2034	0,67294	17,7%	2,30744	17,7%	2,98038	17,7%
2035	0,59843	15,7%	2,06242	15,8%	2,66085	15,8%
2036	0,53438	14,1%	1,84289	14,1%	2,37727	14,1%
2037	0,47883	12,6%	1,65371	12,7%	2,13255	12,7%
2038	0,43105	11,3%	1,49215	11,4%	1,92320	11,4%
2039	0,39061	10,3%	1,35627	10,4%	1,74688	10,4%
2040	0,35641	9,4%	1,24241	9,5%	1,59882	9,5%
2041	0,32739	8,6%	1,14661	8,8%	1,47400	8,8%
2042	0,30345	8,0%	1,06835	8,2%	1,37179	8,1%
2043	0,28397	7,5%	1,00540	7,7%	1,28937	7,7%
2044	0,26838	7,1%	0,95572	7,3%	1,22411	7,3%
2045	0,25618	6,7%	0,91757	7,0%	1,17375	7,0%
2046	0,24659	6,5%	0,88803	6,8%	1,13462	6,7%
2047	0,23949	6,3%	0,86668	6,6%	1,10616	6,6%
2048	0,23447	6,2%	0,85217	6,5%	1,08664	6,5%
2049	0,23119	6,1%	0,84335	6,5%	1,07454	6,4%
2050	0,22935	6,0%	0,83921	6,4%	1,06856	6,3%

Fonte: ICCT (MILLER; FAÇANHA, 2016)



## **INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE**

O Instituto Saúde e Sustentabilidade é organização da sociedade civil de interesse público que atua para propiciar a melhoria da saúde e da qualidade de vida nas cidades por meio de produção de pesquisas, da transformação do conhecimento científico em informação acessível, do incentivo à mobilização social e da construção de políticas públicas.

**[www.saudeesustentabilidade.org.br](http://www.saudeesustentabilidade.org.br)**

## **INSTITUTO CLIMA E SOCIEDADE**

O Instituto Clima e Sociedade (iCS) é uma organização filantrópica que promove prosperidade, justiça e desenvolvimento de baixo carbono no Brasil. Funciona como uma ponte entre financiadores internacionais e nacionais e parceiros locais. Assim, é parte de uma ampla rede de organizações filantrópicas dedicadas à construção de soluções para a crise climática.

**[www.climaesociedade.org](http://www.climaesociedade.org)**