

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA**

**EFEITO DA POLÍTICA PÚBLICA DE RESTRIÇÃO AO
TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS NA QUALIDADE
DO AR DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: ESTUDO DE
CASO**

Evandro Davi Cobo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e Sustentabilidade Urbana.

Orientador: Profº Dr. João Vicente de Assunção

Versão Corrigida

**São Paulo
2021**

EFEITO DA POLÍTICA PÚBLICA DE RESTRIÇÃO AO TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS NA QUALIDADE DO AR DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: ESTUDO DE CASO

Evandro Davi Cobo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e Sustentabilidade Urbana.

Orientador: Profº Dr. João Vicente de Assunção

Versão Corrigida

**São Paulo
2021**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação

Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecária da FSP/USP: Maria do Carmo Alvarez - CRB-8/4359

Cobo, Evandro Davi

Efeito da política pública de restrição ao tráfego de veículos pesados na qualidade do ar do município de São Paulo: estudo de caso / Evandro Davi Cobo; orientador Prof. Dr. João Vicente de Assunção. -- São Paulo, 2021.
167 p.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2021.

1. Emissão Veicular. 2. Poluentes Atmosféricos. 3. Diesel. 4. Políticas Públicas. I. de Assunção, Prof. Dr. João Vicente, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: COBO, Evandro Davi

Título: Efeito da política pública de restrição ao tráfego de veículos pesados na qualidade do ar do município de São Paulo: estudo de caso

Dissertação apresentada a Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e as pessoas ao meu redor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Faculdade de Saúde Pública pela oportunidade de realizar este curso especialmente aos professores e colaboradores que sempre se mostraram atentos em sanar quaisquer dúvidas e sempre me orientar para que o objetivo final fosse alcançado. Agradeço à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB pelo fornecimento dos dados e por permitir e incentivar a pós graduação dos seus funcionários. Agradeço a Companhia de Engenharia de Tráfego – CET pela disponibilidade dos relatórios utilizados na pesquisa e acesso aos dados. Ao meu orientador, Prof. Dr. João Vicente de Assunção, pela paciência e valiosas instruções oferecidas. Aos companheiros do setor ETHF em especial ao colega André Kuniyoshi pela ajuda na realização do trabalho e ao gerente Renato de Araújo Mello pela compreensão e apoio, ao estatístico Dr. Yoshio Yanagi pela revisão e considerações ao trabalho, a executiva da área de comunicação Paula Pedrão pela atenção e disponibilidade na revisão do texto. Agradeço também ao Dr. Vanderlei Borsari e Carlos Ibsen Vianna Lacava que autorizaram a realização deste curso. Agradeço a minha esposa Camila, aos meus pais, irmãos, sogros, cunhados, avós, sobrinhos, afilhados, familiares e amigos por sempre me incentivar e estarem ao meu lado. Peço desculpas pela minha ausência e agradeço a compreensão.

RESUMO

COBO, E.D. **Efeito da política pública de restrição ao tráfego de veículos pesados na qualidade do ar do município de São Paulo: estudo de caso.** 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Os veículos automotores movidos a diesel, classificados como fontes móveis, são importantes emissores de poluentes atmosféricos. As principais emissões associadas aos veículos diesel são o Material Particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO_2). Ao longo dos anos, normas legais foram estabelecidas e medidas foram implementadas para diminuição de congestionamentos na cidade que se refletem na diminuição de emissões veiculares. Entre elas estão as medidas restritivas à circulação de veículos nos centros urbanos. Dentre as medidas adotadas na cidade de São Paulo, este trabalho considerou, como estudo de caso, o volume de tráfego de caminhões na Av. dos Bandeirantes de 2005 a 2010 e o período de maior restrição ao tráfego de caminhões de 2010 a 2015, de acordo com a Portaria da Secretaria Municipal de Transportes - SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010 e sua influência na qualidade do ar. Na análise dos dados foi utilizada estatística descritiva e análise de correlação e de regressão entre o fluxo de veículos e os dados de qualidade do ar, tendo sido gerados gráficos de dispersão e determinada a correlação, coeficiente de correlação r e valor p , para nível de confiança 95%, entre poluentes e volume de tráfego, de acordo com os sentidos da via e períodos do dia, manhã e tarde. Observou-se diminuição da concentração no ar dos poluentes analisados, MP_{10} , NO_x e SO_2 , de acordo com os dados obtidos no período anterior e posterior à Portaria 84. Os resultados apresentaram correlação positiva estatisticamente significativa, com menor concentração de poluentes relacionada com menor número de caminhões trafegando na via. Isto mostra que maiores volumes de caminhões circulando em determinadas vias da cidade aumenta significativamente as concentrações de MP_{10} , NO_x e SO_2 no ar. Em relação ao $\text{MP}_{2,5}$ não foram obtidas correlações com significância estatística, provavelmente devido ao menor período de coleta dos dados, apresentando número de observações menor em relação aos outros poluentes. Com este estudo conclui-se que algumas medidas de restrição à circulação de veículos, além de reduzir congestionamentos, são relevantes para diminuição da concentração de poluentes no ar em áreas próximas a importantes vias de tráfego da cidade. Portanto, a implementação de outras áreas de restrição à circulação de caminhões no município de São Paulo, em vias próximas a áreas residenciais, e que apresentam grande fluxo de caminhões, serão benéficas para melhoria da qualidade do ar na cidade.

Palavras-chave: Emissão Veicular. Poluentes Atmosféricos. Diesel. Políticas Públicas.

ABSTRACT

COBO, E.D. **Effect of public policy to restrict heavy vehicle traffic on air quality in the city of São Paulo: case study.** 2021. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Diesel-powered motor vehicles, classified as mobile sources, are important emitters of atmospheric pollutants. The main emissions associated with diesel vehicles are Particulate Matter (PM), nitrogen oxides (NO_x) and sulphur dioxide (SO₂). Over the years, legal norms have been established and measures have been implemented to reduce congestion in the city that are reflected in the reduction of vehicular emissions. Among them are measures restricting vehicle circulation in urban centres. Among the measures adopted in the city of São Paulo, this study considered, as a case study, the volume of truck traffic on Av. dos Bandeirantes from 2005 to 2010 and the period of greater restriction on truck traffic from 2010 to 2015, according to the Ordinance of the Municipal Transportation Secretary - SMT No. 84 of August 24, 2010 and its influence on air quality. In the data analysis, descriptive statistics and correlation and regression analysis were used between the vehicle flow and air quality data, and scatter plots were generated and the correlation, correlation coefficient r and p value were determined, for confidence level 95%, between pollutants and traffic volume, according to the directions of flow of the road and periods of the day, morning and afternoon. It was observed a decrease in the concentration in the air of the analyzed pollutants, MP10, NO_x and SO₂, according to the data obtained in the period before and after the Ordinance 84. The results showed a statistically significant positive correlation, with a lower concentration of pollutants related to a lower number of trucks traveling on the road. This shows that higher volumes of trucks circulating in certain streets of the city significantly increases the concentrations of MP10, NO_x and SO₂ in the air. In relation to MP2.5 no correlations with statistical significance were obtained, probably due to the shorter period of data collection, presenting a smaller number of observations compared to the other pollutants. With this study we conclude that some measures to restrict the circulation of vehicles, in addition to reducing congestion, are relevant to the reduction of the concentration of pollutants in the air in areas near important traffic routes of the city. Therefore, the implementation of other areas of restriction on the circulation of trucks in the city of São Paulo, on roads near residential areas, and which present a large flow of trucks, will be beneficial for the improvement of air quality in the city.

Keywords: Vehicle Emission. Atmospheric pollutants. Diesel. Public Policy.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. MÉTODO	19
3.1 CORRELAÇÃO DOS POLUENTES COM VOLUME DE CAMINHÕES NA AV. DOS BANDEIRANTES	22
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL.....	26
4.1 POLUENTES DE INTERESSE.....	26
4.1.1 Material particulado	26
4.1.1.1 <i>Material particulado em suspensão (PTS)</i>	29
4.1.1.2 <i>Partículas inaláveis (MP₁₀)</i>	30
4.1.1.3 <i>Partículas respiráveis (MP_{2,5})</i>	30
4.1.1.4 <i>Partículas ultrafinas (UFP)</i>	31
4.1.1.5 <i>Fumaça preta</i>	32
4.1.2 Recomendações da OMS para material particulado.....	32
4.1.3 Padrões de qualidade do ar no Estado de São Paulo	38
4.1.3.1 Material particulado inalável (MP ₁₀).....	39
4.1.3.2 Material particulado respirável (MP _{2,5})	42
4.2 DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO ₂)	44
4.2.1 Limites de NO ₂ de acordo com as metas do Decreto 59113/2013	46
4.3 DIÓXIDO DE ENXOFRE	48
4.3.1 Redução do conteúdo de enxofre nos combustíveis.....	50
4.3.2 Limites de dióxido de enxofre (SO ₂) de acordo com o Decreto 59113/2013.....	51
4.4 POLÍTICAS E MEDIDAS ADOTADAS PARA CONTROLE DE EMISSÕES EM ÂMBITOS MUNICIPAL, ESTADUAL E NACIONAL	53
4.4.1 Contribuição da emissão de veículos diesel na RMSP.....	54
4.4.2 Medidas e políticas nacionais para controle de emissões.....	55
4.4.3 Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989.....	59
4.4.4 Resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990.....	59
4.4.5 PROCONVE	62
4.4.6 Resolução CONAMA 492/2018	63

4.5 LEI DE SUBSTITUIÇÃO DA FROTA DE ÔNIBUS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	65
4.6 EXPERIÊNCIAS DE OUTROS PAÍSES	67
4.6.1 Diretriz Européia 2016/2284.....	67
4.6.1.2 <i>Emissões projetadas e reduções de emissões (cenário com leituras)</i>	67
4.6.2 Plano de controle de poluição atmosférica da Bélgica	67
4.6.2.1 <i>Região da Valônia</i>	68
4.6.2.2 <i>Bruxelas</i>	69
4.6.3 Reino Unido	69
4.6.3.1 <i>Zonas de restrição</i>	70
4.6.4 Estratégia para plano de implementação do Estado da Califórnia de 2016	70
4.6.4.1 <i>Maior implantação de tecnologias limpas: veículos leves comerciais</i>	71
4.7 SISTEMAS RETROFIT PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE VEÍCULOS DIESEL EM USO.....	72
4.7.1 DOC conversor catalítico de oxidação diesel (<i>diesel oxidation catalyst</i>)	73
4.7.2 DPF: Filtro de partículas (<i>Diesel Particulate Filter</i>)	74
4.7.3 SCR: Sistema de Redução Catalítica Seletiva (<i>Selective Catalytic Reduction</i>)	75
4.7.3.1 <i>Fiscalização em sistema SCR</i>	77
4.7.4 EGR: Sistema de Recirculação dos Gases de Escapamento (<i>Exhaust Gas Recirculation</i>)	77
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.1 MÉDIA DE VOLUME ANUAL DE CAMINHÕES NA AV. DOS BANDEIRANTES, NO PERÍODO 2005-2015	78
5.2 EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS HORÁRIAS DOS POLUENTES NO PERÍODO 2005-2015, NA ESTAÇÃO CONGONHAS	83
5.3 VARIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DOS POLUENTES SEGUNDO DIA DA SEMANA, HORA E MÊS, NA ESTAÇÃO CONGONHAS.....	88
5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	91
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	108
7. REFERENCIAS	111
ANEXO A – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes no ano de 2005, no período da manhã.....	119
ANEXO B– Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes no ano de 2005, no período da tarde	120
ANEXO C – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2006, no período da manhã.....	121
ANEXO D – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2006, no período da tarde	122

ANEXO E – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2007, no período da manhã.....	123
ANEXO F – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2007, no período da tarde	124
ANEXO G – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano 2008, sent. Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta.....	125
ANEXO H - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano 2008, sent. Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros.....	127
ANEXO I – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2009, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	129
ANEXO J – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2009, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	131
ANEXO K – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2010, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	133
ANEXO L – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2010, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	135
ANEXO M – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2011, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	137
ANEXO N – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2011, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	139
ANEXO O – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2012, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	141
ANEXO P – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2012, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	143
ANEXO Q – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes ano 2013, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	145
ANEXO R – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2013, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	147
ANEXO S – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2014, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	149
ANEXO T – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2014, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	151
ANEXO U - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2015, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros.....	153
ANEXO V – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2015, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta.....	155
ANEXO W – Distribuição de T de <i>Student</i>	157

ANEXO X - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de <i>Student</i> e p, sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã)	158
ANEXO Y - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de <i>Student</i> e p, sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã)	159
ANEXO Z - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de <i>Student</i> e p, sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde).....	160
ANEXO AA - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de <i>Student</i> e p, sentido Marginal Pinheiros-Anchieta (período da tarde).....	161
ANEXO AB - Subsídio para política pública de restrição de veículos pesados na Av. Salim Farah Maluf	162
ANEXO AC - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf sent. Rod. Anchieta - Marginal Tietê	164
ANEXO AD - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf sent. Marginal Tietê – Rod. Anchieta	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Contribuição relativa de cada categoria na emissão de poluentes no Estado de São Paulo .	20
Figura 2 - Localização da estação de qualidade do ar da CETESB Congonhas	21
Figura 3 - Localização das rotas para contagem de veículos na Av. dos Bandeirantes	25
Figura 4 – Diâmetro do material particulado comparativamente a outros elementos.....	28
Figura 5 - Material particulado e vias de penetração no organismo.....	29
Figura 6 - Veículo emitindo fumaça preta.....	32
Figura 7 - Poluição atmosférica na rodovia Castelo Branco	38
Figura 8 – Qualidade do ar por MP ₁₀ , concentrações máximas diárias, na RMSP em 2019	40
Figura 9 - MP ₁₀ - Concentrações médias anuais - RMSP - 2019	41
Figura 10 - MP _{2,5} - Classificação das concentrações máximas diárias - RMSP, Baixada Santista e Interior, em 2019	42
Figura 11 - MP _{2,5} - Concentrações médias anuais observadas na RMSP, Baixada Santista e Interior, em 2019.....	43
Figura 12 - Classificação das concentrações médias anuais do NO ₂	47
Figura 13 - Evolução das concentrações médias anuais de NO ₂ , em estações de microescala, na RMSP, de 2010 a 2019.	48
Figura 14 - Ataque às obras de arte em mármore do SO ₂ e outras substâncias ácidas presentes na atmosfera, em presença de umidade.....	49
Figura 15 – SO ₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2019.....	52
Figura 16. SO ₂ – Concentrações médias anuais na RMSP, Baixada Santista e Interior no ano de 2019	53
Figura 17 - Contribuição das categorias de veículos na emissão de MP no Estado de São Paulo.....	55
Figura 18 - Contribuição das categorias de veículos na emissão de óxidos de nitrogênio no Estado de São Paulo.....	56
Figura 19 - Contribuição das categorias de veículos na emissão de dióxido de enxofre no Estado de São Paulo em 2019.....	56
Figura 20 - Escala de Ringelmann	58
Figura 21 - Data de operação e localidade das zonas de restrição na cidade de Londres	70
Figura 22 - Operação do conversor catalítico de oxidação para diesel	74
Figura 23 - Filtro cerâmico para particulado diesel	75
Figura 24 - Sistema de funcionamento do SCR.....	76
Figura 25 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, (período da manhã das 07h00 às 10h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015	79
Figura 26 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, (período da tarde das 17h00 às 20h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015	80
Figura 27 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, (período da manhã das 07h00 às 10h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015	81

Figura 28 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, (período da tarde das 17h00 às 20h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015	82
Figura 29 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente MP ₁₀ no período 2005 – 2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas.....	84
Figura 30 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente MP _{2,5} no período 2005 - 2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas.....	85
Figura 31 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente NO _x no período 2005 - 2015, na estação de monitoramento de qualidade do ar Congonhas.....	86
Figura 32 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente SO ₂ no período 2005 - 2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas.....	87
Figura 33 - Evolução das concentrações SO ₂ no ar no período 2005-2015 e correspondente conteúdo de enxofre no óleo diesel.....	87
Figura 34 - Variação das concentrações médias horárias de MP ₁₀ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005 - 2015	88
Figura 35 - Variação das concentrações médias horárias de MP _{2,5} segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2011 - 2015	89
Figura 36 - Variação das concentrações médias horárias de NO _x segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005 - 2015	90
Figura 37 - Variação das concentrações médias horárias de SO ₂ segundo dia da semana, hora e mês, na estação Congonhas, no período 2005 - 2015.....	91
Figura 38 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO _x na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã).....	92
Figura 39 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO _x na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde)	93
Figura 40 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO _x na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã).....	94
Figura 41 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO _x na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde).....	95
Figura 42 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP ₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã)	96
Figura 43 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP ₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde).....	97
Figura 44 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP ₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã)	98
Figura 45 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP ₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde).....	99

Figura 46 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP _{2,5} na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã).....	100
Figura 47 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP _{2,5} na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde).....	101
Figura 48 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP _{2,5} na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã).....	102
Figura 49 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP _{2,5} na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde).....	103
Figura 50 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO ₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã).....	104
Figura 51 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO ₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde)	105
Figura 52 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO ₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã).....	106
Figura 53 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO ₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde)	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais diferenças entre as frações superfina e fina do MP	31
Tabela 2 - Padrões e valores-guia do NO ₂	46
Tabela 3 - Padrões e valores orientadores do SO ₂	50
Tabela 4 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP.....	54
Tabela 5 - Estimativas da emissão veicular na RMSP em 2019	57
Tabela 6 - Padrões de Qualidade do Ar CONAMA 03/1990.....	60
Tabela 7 - Padrões de qualidade do ar CONAMA 491/2018.....	61
Tabela 8 - Níveis de emissão para veículos fase PROCONVE L8	64
Tabela 9 - Limites máximos de emissão de poluentes corporativo para veículos da Fase PROCONVE L8	64
Tabela 10 - Valores a serem atingidos para redução do CO ₂	66
Tabela 11 - Valores a serem atingidos para redução do Material Particulado e Óxido de Nitrogênio .	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valor de r e interpretação da correlação	23
Quadro 2 - Diretrizes e metas da qualidade do ar intermediárias da OMS para partículas, concentrações médias anuais.	34
Quadro 3 - Diretrizes e metas da qualidade do ar intermediárias da OMS, para partículas, concentrações 24 horas	36

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Coeficiente de correlação amostral	23
Equação 2 – Cálculo da variável T de Student.....	24

1. INTRODUÇÃO

Os veículos automotores a combustão, classificados como fontes móveis, são responsáveis por emissão de poluentes atmosféricos nocivos à saúde e ao meio ambiente.

Os combustíveis utilizados, principalmente de origem fóssil, são os grandes responsáveis pela emissão dos poluentes. A utilização de determinadas fontes de energias sustentáveis tornaria os veículos menos emissores de poluentes como o NO_x , SO_x e MP e contribuiriam para redução na emissão de gases de efeito estufa.

A deterioração da qualidade do ar ocasiona mais idas a hospitais e perdas de dias de trabalho para atendimento médico, também ocasiona maior número de mortes (ESTEVEZ, et al. 2004).

Os principais poluentes emitidos por veículos a diesel causam danos à saúde e ao meio ambiente. A redução dos poluentes nas vias do município relaciona-se com melhores condições à qualidade de vida e saúde. A combustão do diesel, combustível dos veículos pesados, são prejudiciais e tem efeitos nocivos à saúde. Alternativas mais limpas de energias, manutenção preventiva adequada como troca regular do filtro de óleo, bicos injetores, filtros de ar e combustível contribuem para menores emissões dos principais poluentes provenientes da queima do diesel. Restrição dos veículos pesados em vias de grande circulação, surgem como alternativas para diminuição da emissão dos poluentes.

O óleo diesel, é o principal combustível utilizado no transporte de cargas, do modal rodoviário fortemente utilizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A emissão de poluentes por estes veículos movidos a diesel traz grande prejuízo ambiental e à saúde, resultando em prejuízos econômicos por essa degradação.

Ao longo dos anos, normas legais foram estabelecidas e implantadas para diminuir as emissões veiculares, outras medidas foram tomadas para minimizar a emissão dos poluentes como a redução do teor de enxofre no diesel. Essas ações são benéficas mas, mesmo com os avanços nas leis, uma parcela significativa de veículos pesados em circulação não atende as normas mais restritivas, por serem de anos de fabricação anteriores a elas, resultando em mais emissões por parte da frota antiga.

O grande número de veículos pesados diesel circulando pelas vias da cidade de São Paulo são responsáveis por quantidades elevadas de emissão de poluentes, que ocasionam deterioração do ar. Dentre os diversos poluentes atmosféricos, os principais provenientes de fontes de veículos diesel são Material Particulado (MP), óxidos de nitrogênio NO_x , e dióxido

de enxofre SO₂. Diante disso torna-se importante o estudo da influência na qualidade do ar do tráfego destes veículos nos principais corredores viários no município de São Paulo.

Utilizando-se de medidas restritivas municipais, em especial da Portaria da Secretaria Municipal de Transportes – SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010, que estabeleceu a restrição de veículos pesados a partir de 2010 nas VER (Vias Estruturais Restritas), que inclui a Av. dos Bandeirantes, torna-se possível realizar um comparativo do impacto na qualidade do ar das emissões desses veículos no período sem restrição e no período pós restrição.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a influência de políticas públicas, em relação à restrição de circulação de veículos pesados, na qualidade do ar, em São Paulo, por meio de estudo de caso.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar como as emissões de veículos pesados impactam a qualidade do ar tendo como referência os poluentes $MP_{2,5}$, MP_{10} e NO_x e SO_2 e as restrições à circulação de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, no município de São Paulo.

Elaborar produto bibliográfico técnico sugerindo medidas complementares para melhorar a eficácia de políticas públicas de restrição à circulação de veículos, em relação a poluição do ar.

3. MÉTODO

Foi utilizado o método do estudo de caso, considerando a Portaria nº 84 da Secretaria Municipal de Transportes do Município de São Paulo – SMT, de 24 de agosto de 2010, que estabeleceu restrições à circulação de veículos pesados nas VER (Vias Estruturais Restritas), que inclui a Avenida dos Bandeirantes, a qual serviu de base para este estudo.

A CET - Companhia de Engenharia de Tráfego realizou, de 1977 a 1987, pesquisas anuais de volume de tráfego, medindo simultaneamente os volumes de tráfego de veículos e os tempos de percurso em 15 dos principais corredores de tráfego da cidade de São Paulo. Estas atividades foram suspensas em 1988 e retomadas em 1991. Em 1992, o total de rotas pesquisadas passou de 15 para 30, possibilitando o acompanhamento das condições de tráfego não só no sistema viário das áreas centrais como nas periféricas (CET, 2006).

Foram considerados os períodos de tráfego permitido de caminhões da Av. dos Bandeirantes de 2005 a 2010 e o período de restrição de caminhões de 2010 a 2015 de acordo com a Portaria da Secretaria Municipal de Transportes – SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010 que restringiu o trânsito de caminhões nas VER (Vias Estruturais Restritas) regulamentando a proibição do trânsito de caminhões de segunda-feira a sexta-feira das 5h00 às 21h00 e aos sábados das 10h00 às 14h00, exceto feriados nas seguintes vias:

- I. Marginal Pinheiros em todas as suas denominações, pista local e expressa, no trecho compreendido entre a Ponte do Jaguaré e Ponte do Morumbi (excluídas as referidas pontes);
- II. Av. dos Bandeirantes - em toda sua extensão;
- III. Av. Afonso D'Escagnole Taunay - em toda sua extensão;
- IV. Av. Jornalista Roberto Marinho - em toda sua extensão.

Posteriormente à Portaria SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010, criou-se a Portaria SMT nº 108 de 25 de setembro que incluiu outras vias, enquadradas nas Vias Estruturais Restritas, restringindo os horários de circulação de caminhões em outras vias:

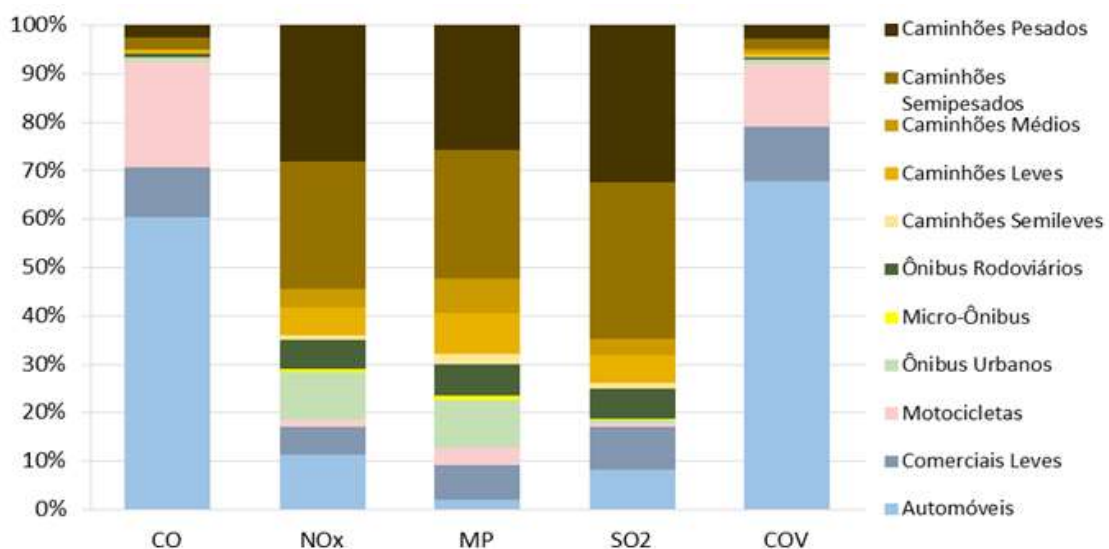
- V. Avenida Giovanni Gronchi, em toda a extensão;
- VI. Avenida Morumbi, entre a Ponte do Morumbi e a Avenida Francisco Morato;
- VII. Avenida Dr. Luiz Migliano, em toda extensão;
- VIII. Avenida Dr. Guilherme Dumont Villares, em toda a extensão;
- IX. Avenida Jacob Salvador Zveibel, em toda a extensão;
- X. Avenida João Jorge Saad, em toda a extensão;
- XI. Rua Eng. Oscar Americano, em toda a extensão;
- XII. Rua Padre Lebrez, em toda a extensão;

XIII. Rua Jules Rimet, da Praça Roberto Gomes Pedrosa até a Rua Padre Lebrét.

Utilizando-se dos dados dos relatórios da CET e a Portaria SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010, viu-se a oportunidade de analisar a qualidade do ar com essa restrição, para isso foi realizada uma pesquisa exploratória com estudo de caso tendo como base a Av. dos Bandeirantes que é uma importante ligação entre a Marginal Pinheiros e Baixada Santista, com trânsito intenso de veículos pesados. Foram considerados como período de estudo, cinco anos anteriores a restrição de veículos pesados na via, e cinco anos posteriores a restrição de veículos pesados, a fim de apresentar um comparativo sobre esses dois períodos. Utilizou-se a média do tráfego do total de caminhões extraídos dos relatórios da CET de 2006 a 2016 sobre a monitorização da fluidez do sistema viário no município de São Paulo, dos caminhões de 2 eixos, 3 eixos e 4 eixos ou +, com pontos de contagens bidirecionais no período da manhã (07h00 às 10h00), e período da tarde (17h00 às 20h00), sendo estes os períodos com maiores volumes de tráfego. Os valores de volumes de tráfego de caminhões foram somados e divididos pelo número de horas da amostragem nos respectivos horários de contagem dos períodos da manhã e tarde gerando a unidade volume/hora.

Foram considerados para este trabalho os poluentes MP, NO_x e SO₂ sendo os caminhões, geralmente movidos a óleo diesel, os principais emissores destes poluentes conforme **Figura 1**.

Figura 1 - Contribuição relativa de cada categoria na emissão de poluentes no Estado de São Paulo



Fonte: CETESB (2020b)

1. Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis.

A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis. nd: não disponível.

Obs.: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2015.

De acordo com a **Figura 1** a contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP apresenta o MP, NO_x e SO₂ associados em maior parte aos caminhões pesados e semipesados. Os caminhões apresentam-se como principais fontes desses poluentes, o que possibilitou a comparação anterior e posterior à restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes.

Obteve-se a média horária da concentração dos poluentes MP₁₀, MP_{2,5}, NO_x e SO₂. O poluente MP_{2,5} teve início da sua medição na estação de monitoramento de qualidade do ar da CETESB Congonhas a partir de 2011, sendo possível a coleta dos dados deste poluente a partir deste ano. Os dados foram extraídos do sistema QUALAR Qualidade do Ar da CETESB, disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/home.do> da estação Congonhas localizada à Alameda dos Tupiniquins, 1571, muito próxima da Av. dos Bandeirantes.

Na **Figura 2** é apresentada a localização da estação de qualidade do ar da CETESB Congonhas. Observa-se que a localização da estação de monitoramento de qualidade do ar da CETESB, próxima a Av. dos Bandeirantes, possibilitando então eficaz monitoramento da qualidade do ar nesta via, principalmente das fontes veiculares que são os maiores emissores nesta via.

Figura 2 - Localização da estação de qualidade do ar da CETESB Congonhas



Fonte: GOOGLE (2021)

A estação de monitoramento de qualidade do ar da CETESB Congonhas é uma estação de microescala pela proximidade a via de tráfego intenso de veículos (CETESB, 2020a).

Realizou-se uma pesquisa exploratória com revisão bibliográfica documental não sistematizada, dos poluentes estudados com suas definições, características, fontes, impactos na saúde e no meio ambiente. Foram pesquisadas políticas e medidas para controle de emissões em âmbito nacional, estadual e municipal como legislações e programas ambientais. Verificou-

se as condições atuais da qualidade do ar relacionadas às metas em vigor dos principais poluentes de veículos diesel. Experiências de outros países relacionadas ao controle da poluição do ar e dispositivos para redução de emissões de veículos diesel foram consultadas, assim como pesquisas em sites da internet, como Science Direct, Banco de Teses e Dissertações das principais universidades brasileiras, além de consulta aos dados de companhias públicas como CETESB e CET. Deu-se prioridade a consulta de dados próximos aos anos de realização do estudo, sendo que algumas definições e legislações sobre o assunto remeteu-se a anos anteriores à pesquisa.

Utilizando-se o software MICROSOFT EXCEL 2010, foram gerados gráficos do volume de caminhões referentes aos anos estudados. Foram gerados gráficos da média horária da evolução das concentrações dos poluentes no período 2005-2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas dos poluentes MP_{10} , $MP_{2,5}$, NO_x e SO_2 utilizando-se do software Openair, e gráficos da média horária desses poluentes segundo dia da semana, hora e mês.

3.1 CORRELAÇÃO DOS POLUENTES COM VOLUME DE CAMINHÕES NA AV. DOS BANDEIRANTES

Foi realizada estatística descritiva e análise de correlação entre o fluxo de veículos e a qualidade do ar. Com isso, por meio do software MICROSOFT EXCEL 2010, foram gerados gráficos de dispersão e determinou-se a correlação entre os poluentes NO_x , MP_{10} , $MP_{2,5}$ e SO_2 considerando o volume de tráfego em cada sentido da via e os períodos da manhã e tarde.

Os eixos X e Y oferecem uma relação entre essas variáveis, e a sua correlação apresenta um número que mede esta relação denominado coeficiente de correlação. Esse coeficiente é determinado pela letra r (VIALI, 2020).

Este coeficiente pode variar de -1,00 a +1,00, sendo o coeficiente de +1 uma correlação linear positiva perfeita. Sendo que um elemento que apresentar um índice de 1,5 em uma das variáveis terá o mesmo índice padronizado na outra variável. Um coeficiente de correlação -1 indica uma correlação linear perfeita negativa (VIALI, 2020).

Uma correlação de +1 ou -1 é raramente observado. É mais frequente que a correlação fique entre esses dois valores. Um coeficiente de correlação 0 indica que não há correlação entre esses dois valores (VIALI, 2020).

A correlação ocorre quando há associação linear. Neste trabalho foram dadas duas amostras, uma da variável X e outra da variável Y. O coeficiente de correlação amostral poderá ser calculado por meio equação 1:

Equação 1 - Coeficiente de correlação amostral

$$r = \frac{n \sum X_i \cdot y_i - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] [n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

X = volume/horário de caminhões

Y = média horária anual de concentração de poluentes

n = número de amostras

$n \sum X_i \cdot y_i$ = número de amostras . (soma de XY)

$\sum X_i$ = soma de X

$\sum Y_i$ = soma de Y

$n \sum X_i^2$ = número de amostras . soma de de X^2

$\sum X_i$ = somatória de de X

$n \sum Y_i^2$ = número de amostras . soma de Y^2

$\sum Y_i$ = somatória de Y

Fonte: (VIALI, 2020)

A **Equação 1** será usada para o cálculo da correlação entre os dados dos veículos e os poluentes NO_x, MP₁₀, MP_{2,5} e SO₂ relativo aos anos de 2005 a 2015. A partir do resultado encontrado é possível obter a correlação e o nível dessa correlação entre o volume de caminhões e os poluentes.

Segundo (SHIMAKURA, 2006) a correlação pode ser forte ou fraca de acordo com o resultado obtido. O **Quadro 1** fornece um guia de como é possível descrever uma correlação em palavras dado o valor numérico. As interpretações dependem de cada contexto em particular. Será utilizado como guia os valores do **Quadro 1** para definição dos valores de correlação encontrado nos gráficos de Correlação dos poluentes na Av. dos Bandeirantes.

Quadro 1 - Valor de r e interpretação da correlação

Valor de r	Interpretação
0.00 a 0.19	Uma correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Uma correlação fraca
0.40 a 0.69	Uma correlação moderada
0.70 a 0.89	Uma correlação forte
0.90 a 1.00	Uma correlação muito forte

Fonte: (SHIMAKURA, 2006)

Após o cálculo da correlação de r calculou-se a significância de r, ambos realizados por meio do software MICROSOFT EXCEL 2010, a fim de interpretar se as amostras utilizadas e os resultados apresentaram confiabilidade.

O conceito para obtenção dos valores de T de Student e significância é apresentado na equação 2.

Após obter o valor de r obteve-se o valor de T de Student através da fórmula:

Equação 2 – Cálculo da variável T de Student

$$t = r / \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}$$

r = coeficiente de correlação amostral

n = número de amostras

Fonte: (ROQUE, 2021)

Após obter o grau de liberdade utilizou-se da primeira coluna do eixo vertical, graus de liberdade = 9, em seguida utilizou-se o valor de T relacionado ao eixo horizontal do respectivo grau de liberdade encontrado, e assim obteve-se o valor de p de acordo com o cabeçalho da tabela do Anexo W.

Em estatística, a questão da significância é dada por hipótese nula. Essa hipótese assume que determinado valor estatístico foi obtido por acaso, e não a realidade que obteve o resultado. Para a confiabilidade de 95% quando o valor p é menor que 0,05 rejeita-se a hipótese nula e confirma a confiabilidade e significância estatística.

Para o ponto de contagem de cada rota foram selecionados quatro postos de contagem (CET, 2006), a saber:

Posto 01: Av. dos Bandeirantes entre Rua Lourenço Marques e Rua Júlio Diniz (pistas central e lateral).

Posto 02: Av. dos Bandeirantes entre Alameda Nhambiquaras e Alameda dos Maracatins.

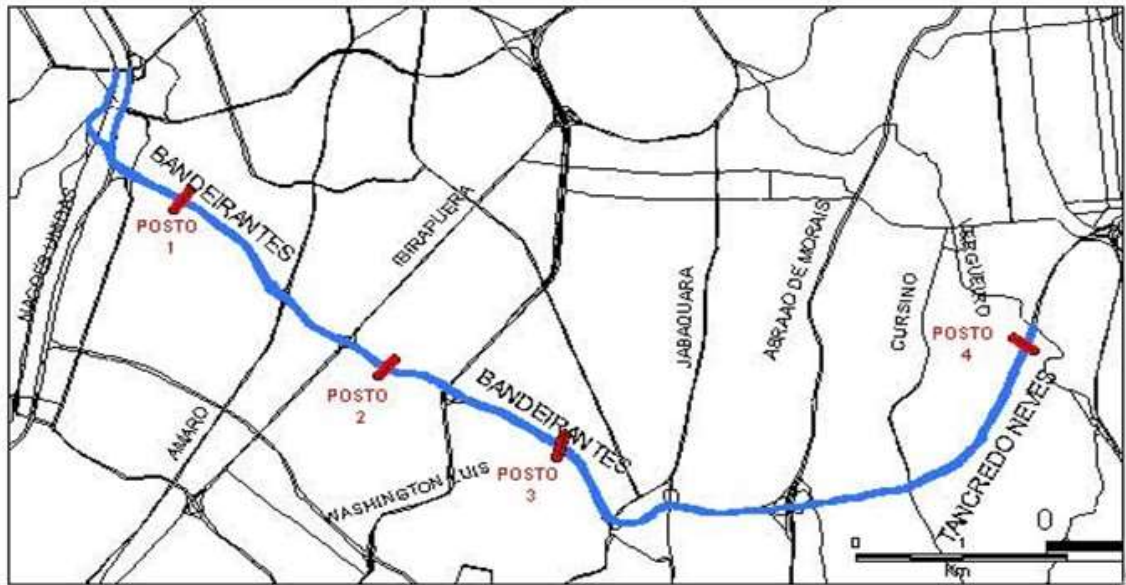
Posto 03: Av. dos Bandeirantes entre Rua Francisco de Paula Brito e Rua Camundó.

Posto 04: Av. Tancredo Neves entre Av. Vergueiro e Rua Nossa Senhora das Mercês.

A partir do ano de 2009 o posto 01 lateral passou a ser posto 2, mas manteve a localização, alterando apenas a identificação de posto 01 lateral para posto 02.

Na **Figura 3** é apresentada a localização das rotas utilizadas para contagem de veículos na Av. dos Bandeirantes nos períodos manhã e tarde conforme descritos nos relatórios da CET, onde estão considerados os resultados do volume/hora de caminhões, incluindo o de caminhões, distribuídos nos horários definidos na pesquisa de volumes de tráfego de veículos da CET, utilizados neste trabalho.

Figura 3 - Localização das rotas para contagem de veículos na Av. dos Bandeirantes



Fonte: CET (2006)

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

4.1 POLUENTES DE INTERESSE

Os poluentes de interesse apresentados a seguir são relacionadas as principais emissões dos veículos diesel: MP e suas classificações, NO₂ e SO₂.

4.1.1 Material particulado

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição atmosférica na forma de material particulado é uma mistura de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar e se apresenta como uma mistura complexa de substâncias orgânicas e inorgânicas. Essas partículas suspensas no ar variam em tamanho, composição e origem. É conveniente classificar partículas pelas suas propriedades aerodinâmicas porque: (a) estas propriedades governam o transporte e remoção de partículas do ar; (b) eles também governam sua deposição dentro do sistema respiratório e (c) estão associados à composição química e às fontes de partículas (WHO, 2003).

Massa e composição do material particulado em ambientes urbanos podem ser divididas em dois grupos principais: partículas grossas e partículas finas. O limite entre essas duas frações de partículas fica entre 1 µm e 2,5 µm. No entanto, este limite é às vezes fixado, por convenção, em 2,5 µm de diâmetro aerodinâmico (MP_{2,5}). As partículas menores contêm os aerossóis formados secundariamente (conversão gás-para-partícula), partículas da combustão e vapores orgânicos e metálicos recondensados. A maioria das partículas geralmente contém materiais da crosta terrestre e poeiras fugitivas de vias de tráfego de veículos e indústrias. A fração fina contém a maior parte da acidez (íon hidrogênio) e atividade mutagênica das partículas, embora em névoa algumas gotas de ácido com tamanho grosseiro também estejam presentes. Considerando que a maior parte da massa é geralmente no modo fino (partículas entre 100 nm e 2,5 µm, o maior número de partículas encontra-se em tamanhos muito pequenos, menos de 100 nm. Essas partículas, denominadas de partículas ultrafinas, apresentam pequena contribuição em termos de massa, contribuindo no entanto para mais de 90% do número de partículas (WHO, 2003).

O formato e o tamanho do material particulado variam de acordo com sua origem, que podem ser de fontes fixas, como indústrias, de fontes móveis (veículos) e originadas da ressuspensão de partículas de vias de tráfego e do solo em geral. As partículas com menores dimensões tendem a causar mais danos à saúde, pela sua maior capacidade de penetração no aparelho respiratório e as mais finas podem atingir a zona de troca gasosa com a corrente sanguínea.

A qualidade do ar atmosférico é influenciada por fatores meteorológicos, que podem colaborar para o aumento da poluição atmosférica, como a menor condição de dispersão de poluentes no ar, ventos de baixa velocidade, ar seco e ausência de chuvas. As chuvas contribuem para lavagem do ar e arraste das partículas suspensas. As partículas presentes no ar apresentam composição química diversificada, podendo ocorrer a transformação de poluentes de origem primária em outros poluentes gasosos e em partículas secundárias.

As partículas sólidas maiores, que tem sua origem por exemplo, na ressuspensão do solo, vias de tráfego não pavimentadas ou operação de mineração, ainda se mostram com dificuldades para sua minimização, de modo que estão presentes também nas cidades, como as produzidas pela turbulência ocasionada pela movimentação dos veículos.

Partículas de tamanho submicrométrico podem ser produzidas pela condensação de metais ou de substâncias orgânicas, compostos que são vaporizados em processos de combustão de alta temperatura. Elas também podem ser produzidas pela condensação de gases que foram convertidos em reações atmosféricas para substâncias com baixa pressão de vapor. Por exemplo, o dióxido de enxofre pode ser oxidado na atmosfera e formar ácido sulfúrico (H_2SO_4), que pode ser neutralizado por amônia (NH_3) e formar sulfato de amônio. O dióxido de nitrogênio (NO_2) pode ser oxidado em ácido nítrico (HNO_3), que por sua vez pode reagir com amônia para formar nitrato de amônio (NH_4NO_3) (WHO, 2003).

As partículas produzidas pelas reações intermediárias de gases na atmosfera são chamadas de partículas secundárias. Partículas secundárias de sulfatos e nitratos são geralmente os componentes dominantes de partículas finas. Combustão de combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo e gasolina podem produzir partículas grosseiras a partir da liberação de materiais não combustíveis, *fly ash*, (cinzas volantes) e partículas finas provenientes da condensação de materiais vaporizados durante a combustão, e partículas secundárias através das reações atmosféricas de óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio inicialmente liberado como gases (WHO, 2003).

As partículas podem provocar doenças como problemas cardíacos, pulmonares e acidente vascular cerebral; por isso se mostra importante o controle das emissões desses poluentes e minimização da sua emissão para a atmosfera. Existem estudos sobre este poluente estar relacionado a outros tipos de doenças como distúrbios mentais e distúrbios do desenvolvimento neurológico como o Parkinson, e doença de Alzheimer (GENC, 2012).

Ressalta-se a importância do uso de combustíveis de boa qualidade, conforme é determinado por normas específicas, sem adição de outras substâncias ou adulteração. Qualquer modificação no combustível deve ser precedida de planejamento prévio, como o que foi

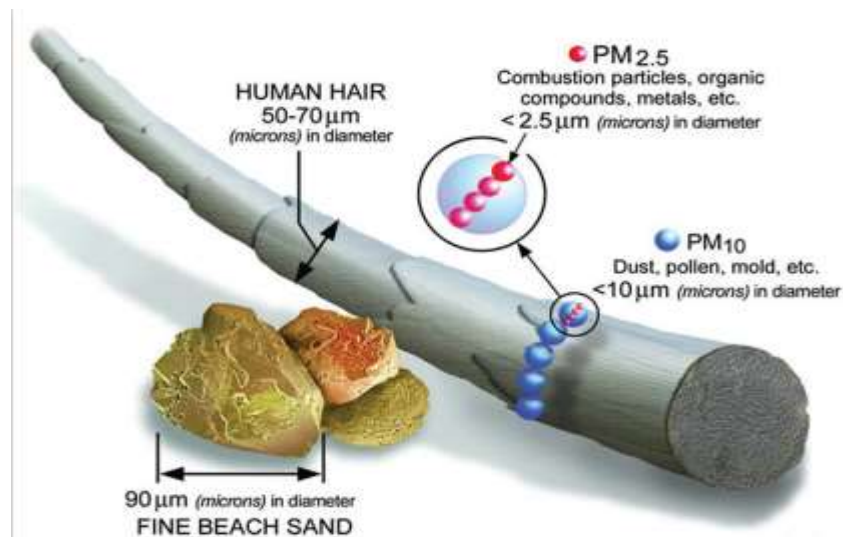
realizado no Brasil para adição do álcool à gasolina em substituição ao chumbo tetraetila, e adição do biodiesel ao diesel. É necessário que a adição de novas substâncias aos combustíveis seja feita de forma responsável, evitando gerar outros poluentes danosos à saúde dos seres vivos.

No material particulado também podem estar presentes metais pesados que são tóxicos à saúde humana causando danos a outras partes do organismo além do coração e sistema respiratório, além da contaminação das águas e impacto à flora. Por isso é tão importante o controle das emissões desses poluentes e minimização da sua emissão para a atmosfera.

O material particulado pode apresentar diferentes dimensões, de acordo com o tamanho de suas partículas.

Na **Figura 4** é apresentada diâmetro do material particulado comparativamente a outros elementos, e como podem ser classificados de acordo com suas dimensões. Observa-se nesta figura o Material Particulado, suas dimensões correspondentes e vias de penetração no organismo. Observa-se também a comparação com um grão de areia com dimensão de $90\ \mu\text{m}$, e um fio de cabelo humano com 50 a $70\ \mu\text{m}$, o MP_{10} pode ser 5 vezes menor que um fio de cabelo humano e o $\text{MP}_{2,5}$ pode tem dimensão 4 vezes menor que o MP_{10} .

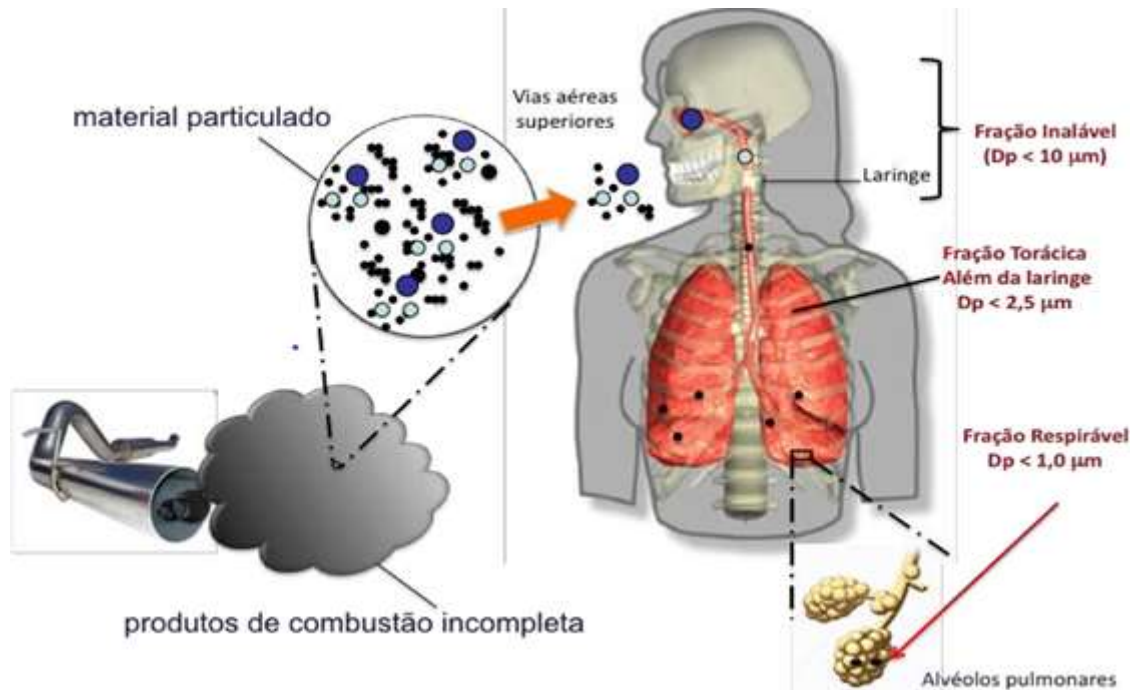
Figura 4 – Diâmetro do material particulado comparativamente a outros elementos



Fonte: US EPA (2010)

Na **Figura 5** é apresentado o material particulado e vias de penetração no organismo e como podem ser absorvidos e ocasionar maiores danos à saúde.

Figura 5 - Material particulado e vias de penetração no organismo



Fonte: GUARIEIRO (2011)

“A exposição crônica ao Material Particulado tem sido associada ao aumento nos índices de bronquite e doenças respiratórias, com diminuição da função pulmonar e aumento do risco de contrair câncer pulmonar” (SCHWARTZ, 1993).

4.1.1.1 Material particulado em suspensão (PTS)

Essa classificação do material particulado representa toda partícula sólida ou líquida presente no aerossol (mistura de sólidos e líquidos suspensos no ar), pode ter origem natural ou antropogênica. O material particulado em suspensão tem duas classificações (a) orgânico, partículas originárias de combustão, esfoliação de materiais poliméricos e biológicos, reações químicas em compostos orgânicos e (b) inorgânico, relacionado às partículas formadas pela combustão de minerais fósseis ou não (podendo conter metais), por processos de esfoliação, pelos diversos tipos de atividades industriais e por fontes naturais. Como material particulado inorgânico relacionados às atividades antrópicas tem-se os seguintes elementos Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br e Pb, dos quais, por exemplo, Cr e Ni possuem propriedades carcinogênicas (MANAHAN, 1994; AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Segundo a CETESB, Partículas Totais em Suspensão (PTS) são partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, e podem se apresentar na forma de poeira, neblina, aerossol fumaça e fuligem com dimensão na faixa de diâmetros $\leq 50\mu\text{m}$. Essas partículas provêm de processos industriais, veículos automotores, ressuspensão de partículas de vias de tráfego e queima de biomassa. Como fontes naturais tem-se como origem pólen, aerossol

marinho e solo. Essas partículas podem causar danos à vegetação, à visibilidade e contaminação do solo e das águas, ocasionando danos à saúde dos seres vivos (CETESB, 2020a).

4.1.1.2 Partículas inaláveis (MP_{10})

Conforme Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, nº 491/2018 (CONAMA, 2018) o Material Particulado MP_{10} é constituído de partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros. Ou seja, são constituídas por partículas menores que 10 micrômetros. Suas fontes principais são processos industriais, veículos automotores e aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros. Essas partículas podem causar danos à vegetação, à visibilidade e contaminação do solo e das águas, ocasionando danos à saúde dos seres vivos (CETESB, 2020a).

4.1.1.3 Partículas respiráveis ($MP_{2,5}$)

A Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (USEPA), baseada em evidências de que as partículas pequenas são mais patogênicas, propôs em 1997, a inclusão de um novo padrão de qualidade do ar, no tocante às partículas respiráveis, separando o MP_{10} em uma fração fina ($MP_{2,5}$), constituída de partículas com diâmetro aerodinâmico de até 2,5 μm , e em outra fração com partículas “grossas”, ou seja, as partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 e 10 μm ($MP_{2,5-10}$) (US EPA, 2004).

A **Tabela 1**, ilustra as principais diferenças entre as frações superfina e fina do MP, de acordo com suas características origem, formação, composição, solubilidade, fontes, tempo de meia vida na atmosfera e distância de dispersão. CELLI, 1999 fez uso da definição de fração superfina para $MP_{2,5}$ e fração fina para o MP_{10} , diferente da definição utilizada neste trabalho para partículas respiráveis $MP_{2,5}$ e partículas inaláveis MP_{10} .

Tabela 1 - Principais diferenças entre as frações superfina e fina do MP

	Fração Superfina – MP_{2,5}	Fração Fina - MP₁₀
Formado de:	Gases e gotículas	Sólidos grossos
Formado por:	Reações químicas ou vaporização. Nucleação, condensação de núcleos, coagulação. Evaporação de gotículas nas quais os gases dissolvem e reagem.	Quebras mecânicas (moagem, abrasão de superfícies, etc.), ressuspensão de poeira.
Composto de:	Sulfatos, nitratos, amônia, carbono elementar, compostos orgânicos (ex: aromáticos) e metais (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn).	Poeira ressuspensa (do solo, de ruas). Cinzas de combustão. Óxidos de elementos da crosta (Si, Al, Ti, Fe), CaCO ₃ , NaCl, pólen, esporos de fungos, fragmentos de plantas e animais.
Solubilidade:	Muito solúvel, higroscópico e deliquescente.	Pouco solúvel e não higroscópico.
Fontes:	Combustão de carvão, óleos, madeira, combustíveis de automóveis. Transformações atmosféricas de NO _x , SO _x , e compostos orgânicos. Processos de alta temperatura, fundições e moinhos de aço.	Ressuspensão de poeira industrial e de solo espalhadas em ruas e estradas. Suspensão de atividades modificadoras do solo (mineração, agricultura, rodovias não pavimentadas). Fontes biológicas. Construção e demolição. Combustão incompleta de carvão de óleos. "spray" marinho.
Tempo de meia vida na atmosfera	Dias, até semanas.	Minutos a horas.
Distância de dispersão	Centenas a milhares de quilômetros.	Menos de um a dezenas de quilômetros.

Fonte: CELLI (1999)

Observa-se na **Tabela 1** as características do MP, que podem variar devido ao tipo de formação, por reações químicas ou ações mecânicas, e composição, que podem ser de fontes orgânicas e inorgânicas, e alta ou baixa solubilidade. As fontes podem ser móveis, como os veículos, ou fixas, como atividades ligadas a mineração e agricultura. Quanto à permanência na atmosfera, o MP_{2,5} apresenta maior tempo de ½ vida em relação ao MP₁₀; o MP_{2,5} também pode alcançar maiores distâncias e isso mostra que o MP_{2,5} é mais persistente e por ser uma fração menor pode provocar mais danos à saúde.

4.1.1.4 Partículas ultrafinas (UFP)

As Partículas ultrafinas (UFP) representam a fração $\leq 0,01 \mu\text{m}$ de diâmetro; pesquisas fornecem uma plausível explanação para a toxicidade dessas partículas no ambiente. Tais partículas podem induzir efeitos tóxicos significantes no tecido pulmonar, mesmo quando elas são formadas de materiais que não são tóxicos. Fatores que afetam ou estão associados com toxicidade das UFP incluem área superficial e constituição química, quantidade de partículas

presentes, estresse oxidativo, e intersticialização (movimento de partículas dos espaços pulmonares para os tecidos circundante) (GODISH, 2004).

4.1.1.5 Fumaça preta

Além do nome originário dado ao poluente expelido dos escapamentos dos veículos diesel de fumaça preta também pode ser chamado de fuligem. Essa fumaça representa 80% do material particulado emitido por veículos a diesel. Essa emissão dos escapamentos de veículos diesel é muito danosa à saúde dos seres vivos; o diâmetro das partículas está em torno de $2,5\mu\text{m}$. Essas partículas podem penetrar nos pulmões e afetar o organismo causando riscos à saúde (CONPET, 2006 *apud* CARVALHO et. al, 2007).

Na **Figura 6** apresenta-se fotografia de um veículo com problema de emissões visíveis elevadas, emitindo fumaça preta pelo tubo de descarga do escapamento. Este veículo está provavelmente com problemas de mistura ar-combustível, realizando queima de combustível com excesso de óleo diesel em relação ao necessário para a combustão, resultando em emissão em excesso de fumaça preta.

Figura 6 - Veículo emitindo fumaça preta



Fonte: Elaboração Própria (2018)

4.1.2 Recomendações da OMS para material particulado

Embora MP_{10} seja a medida mais divulgada, e também o indicador de relevância para a maioria dos dados epidemiológicos, os AQG (*Air Quality Guidelines*) da OMS para MP são baseados em estudos que usam o $MP_{2,5}$ como um indicador. Os valores-guia da OMS para MP_{10} são obtidos pelo uso da relação $MP_{2,5}/MP_{10}$ igual a 0,5 típico para países em desenvolvimento, valor este que está no limite inferior dos países desenvolvidos. De acordo com o conhecimento das condições locais outros valores desta relação podem ser utilizados (WHO, 2006).

A adoção da diretriz da OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, média anual, está determinada para exposições a longo prazo para $\text{MP}_{2,5}$ e coloca um peso significativo nos estudos que usam dados da *American Cancer Society* (ACS) e do estudo *SixCities* da Universidade de Harvard relacionando o $\text{MP}_{2,5}$. Em todos esses estudos, associações robustas foram relatadas entre a exposição de $\text{MP}_{2,5}$ e mortalidade. A média histórica de concentração de $\text{MP}_{2,5}$ foi de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (intervalo: $11,0$ a $29,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no estudo *SixCities* e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (intervalo de $9,0$ a $33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no estudo da ACS. Limiares não eram aparentes em nenhum destes estudos e, embora períodos exatos e padrões relevantes de exposição não pudessem ser determinados. No estudo da ACS, a incerteza estatística nas estimativas de risco torna-se aparente em concentrações de cerca de $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, abaixo das quais os limites de confiança aumentam significativamente, já que as concentrações estão relativamente longe da média (WHO, 2006).

De acordo com os resultados do (Dockery et al. 1993 apud WHO, 2006), os riscos são semelhantes nas cidades com as menores concentrações de $\text{MP}_{2,5}$ a longo prazo (ou seja, 11 e $12,5 \mu\text{g} / \text{m}^3$). Aumento no risco é aparente na cidade com a média mais baixa de $\text{MP}_{2,5}$ a longo prazo (isto é, $14,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), indicando que os efeitos à saúde podem ocorrer quando as concentrações médias anuais estão na faixa de 11 - $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sendo assim, um limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ média anual pode estar abaixo da média para os efeitos mais prováveis, de acordo com a literatura científica. Nestes estudos, as médias de longo prazo (ou seja, de três a quatro anos) estariam com médias na faixa de 13 a $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Além do valor da diretriz (valor final recomendado pela OMS em 2005), três valores interinos (IT) (alvos intermediários apresentados pela OMS), são definidos para $\text{MP}_{2,5}$. Estes, têm mostrado serem realizáveis com sucessivas e sustentáveis medidas de redução. Países podem utilizar essas metas intermediárias e que são particularmente úteis para medir o progresso ao longo do tempo no difícil processo de reduzir as exposições da população ao MP (WHO, 2006).

Uma concentração média anual de $\text{MP}_{2,5}$ de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi selecionada como o nível IT-1. Este nível corresponde às maiores concentrações médias relatadas em estudos de efeitos na saúde a longo prazo, e pode refletir concentrações históricas maiores, mas desconhecidas, que podem ter contribuído para efeitos observados na saúde. Este nível foi mostrado estar associado à mortalidade significativa no mundo desenvolvido (WHO, 2006).

O nível de proteção interino IT-2 é estabelecido em $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e baseia-se nos estudos de exposição a longo prazo e mortalidade. Este valor é maior que a concentração média no qual efeitos foram observados em tais estudos, é provável que esteja associado a problemas de saúde significativos a impactos de exposições de longo prazo e diárias para $\text{MP}_{2,5}$. A obtenção deste

valor de IT-2 significaria reduzir os riscos à saúde da exposição a longo prazo em cerca de 6% (95% IC, 2-11%) em relação ao valor IT-1 (WHO, 2006).

O nível recomendado de IT-3 é de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e coloca ainda mais peso na probabilidade de efeitos significativos associados a exposições de longo prazo. Este valor está próximo das concentrações médias relatadas em estudos de exposição a longo prazo a exposição, e proporciona uma redução adicional de 6% no risco de mortalidade em relação ao valor de IT-2 (WHO, 2006).

Valores-guia de concentração no ar correspondentes e metas provisórias são também recomendados para MP_{10} (Quadro 2). Isto, porque um $\text{MP}_{2,5}$ por si só não forneceria proteção contra os efeitos nocivos da fração grossa do MP grossa (fração entre 10 e 2,5 μm). No entanto, a evidência quantitativa sobre fração grossa do MP é considerada insuficiente para obter valores-guia separados. Em contraste, há uma grande quantidade de literatura sobre os efeitos de exposições de curto prazo ao MP_{10} , que foi usada como base para o desenvolvimento do valor-guia da OMS e dos valores interinos, para concentrações de MP de 24 horas (WHO, 2006).

No **Quadro 2** são apresentadas diretrizes e metas da qualidade do ar intermediárias da OMS para MP em termos anuais. Os valores intermediários tornam-se mais restritivos até atingir os valores-guia (diretrizes da qualidade do ar) que são valores mais seguros de exposição ao MP.

Quadro 2 - Diretrizes e metas da qualidade do ar intermediárias da OMS para partículas, concentrações médias anuais.

	MP_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{MP}_{2,5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Base para o nível selecionado
IT-1 (fase 1)	70	35	Estes níveis estão associados a 15% mais risco de mortalidade em longo prazo em relação ao nível valor-guia (AQG).
IT-2 (fase 2)	50	25	Além de outros benefícios para a saúde, esses níveis diminuem o risco de mortalidade prematura em até 6% [2-11%] relativo para ao nível IT-1.
IT-3 (fase 3)	30	15	Além de outros benefícios para a saúde, esses níveis reduzem o risco de mortalidade em aproximadamente em 6% [2-11%].
Diretrizes da qualidade do ar (valor-guia)	20	10	Estes são os níveis nos quais a mortalidade total, cardiopulmonar e por câncer de pulmão mostrou aumentar com mais de 95% de confiança a exposição de longo prazo a $\text{MP}_{2,5}$.

O uso do valor da diretriz do $\text{MP}_{2,5}$ deve ser preferido.

Fonte: (WHO, 2006)

Ao avaliar as diretrizes de qualidade do ar da OMS e metas provisórias, geralmente é recomendado que a média anual tenha precedência sobre a média de 24 horas, uma vez que, em níveis baixos, há menos riscos em situações pontuais. Conhecer os valores de referência para a

média de 24 horas irá proteger contra picos de poluição que caso contrário, levariam a um excesso substancial de morbidade ou mortalidade. Recomenda-se que os países com áreas que não atendem aos valores das diretrizes de 24 horas tomem medidas imediatas para atingir esses níveis no menor tempo possível. (WHO, 2006)

Estudos multicidades realizados na Europa (29 cidades) e nos Estados Unidos (20 cidades) relataram acréscimos de 0,62% e 0,46% na mortalidade a curto prazo para MP_{10} a cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de variação (média de 24 horas), respectivamente. (Katsouyanni et al.; Samet et al., 2000 apud WHO, 2006)

Uma meta-análise de dados de 29 cidades localizadas fora da Europa Ocidental e América do Norte encontraram um efeito de mortalidade de 0,5% a cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de acréscimo na concentração (COHEN et al., 2004 apud WHO, 2006), muito semelhante, de fato, àquela para cidades asiáticas (0,49% por $10\mu\text{g}/\text{m}^3$) (HEI *International Oversight Committee*, 2004 apud WHO, 2006).

Estes resultados sugerem que os riscos à saúde associados à exposição de curto prazo ao MP_{10} podem ser semelhantes em cidades em desenvolvimento e países desenvolvidos, produzindo um aumento na mortalidade em torno de 0,5% para cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração diária. Portanto, uma concentração de MP_{10} de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponderia a um aumento de cerca de 5% na mortalidade diária, impacto este que seria de preocupação significativa e, para o qual ações imediatas de mitigação seriam recomendadas (WHO, 2006).

O nível IT-2 de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ estaria associado a aproximadamente 2,5% no aumento da mortalidade diária, e o nível de IT-3 a 1,2%. Para o MP_{10} , a diretriz da OMS para a média de 24 horas é de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ e reflete a relação entre as distribuições médias de 24 horas (e seu percentil 99%) e as concentrações médias anuais. (WHO, 2006).

No **Quadro 3** são apresentadas as diretrizes e metas da qualidade do ar intermediárias da OMS para MP para concentrações de 24 horas. Esses valores intermediários tornam-se mais restritivos até atingir as diretrizes da qualidade do ar, que são valores mais seguros de exposição ao MP.

Quadro 3 - Diretrizes e metas da qualidade do ar intermediárias da OMS, para partículas, concentrações 24 horas

	MP ₁₀ µg /m ³	MP _{2,5} µg /m ³	Base para o nível selecionado
(IT-1) (fase 1)	150	75	Baseado em coeficientes de risco publicados de estudos multicêntricos e meta análise (aumento de cerca de 5% da mortalidade a curto prazo em relação ao valor AQQ).
(IT-2) (fase 2)	100	50	Baseado em coeficientes de risco publicados de estudos multicêntricos (aumento de cerca de 2,5% da mortalidade a curto prazo ao valor do AQQ).
(IT-3) (fase 3)	75	37,5	Com base nos coeficientes de risco publicados de estudos multicêntricos e meta-análises (aumento de cerca de 1,2 % a mortalidade no curto prazo da mortalidade sobre o valor AQQ)
Diretrizes da qualidade do ar	50	25	Baseado na relação entre o nível de MP 24 horas e anual.

Fonte: (WHO, 2006)

A OMS tem um banco de dados que agrega valores de monitoramento ao redor do mundo. Nesse banco de dados são considerados os poluentes MP_{2,5} e MP₁₀. O MP_{2,5} inclui também poluentes como sulfato, nitratos e carbono negro, que representam os maiores riscos para saúde humana. A recomendação da OMS é que os países reduzam a poluição do ar para valores médios de 20 µg/m³ (para MP₁₀) e 10 µg/m³ (para MP_{2,5}) (OPAS, 2018).

Em muitas das megacidades ocorreram grandes problemas relacionados aos níveis de qualidade do ar, onde os limites foram ultrapassados em mais de 5 vezes que corresponde um grande risco para saúde das pessoas. Os dados de níveis de poluição ainda são altos pelo mundo, mas esforços estão sendo realizados para reduzi-los, como subsídios dos governos e novas posturas da sociedade com maior intensidade nos países desenvolvidos, mas espera-se que isso se amplie para os demais países. Algumas cidades do mundo estão comprometidas com padrões de veículos mais limpos, se comprometendo a incluir ônibus mais limpos e o fim de veículos particulares a diesel (OMS, 2019).

Segundo a OMS são necessárias mudanças nos padrões de qualidade do ar do poluentes Material Particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}). Em muitos países, as concentrações no ar do poluente Material Particulado ultrapassaram o nível aceitável comprometendo a saúde da população. Atualmente alguns países ainda sofrem com a má qualidade do ar e seria uma boa alternativa seguirem exemplos de países que tem como meta a substituição dos combustíveis mais poluentes como o diesel por combustíveis mais limpos.

Os padrões de qualidade do ar (PQAr) segundo publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005, variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que por sua vez dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. As diretrizes recomendadas pela OMS levam em conta essa heterogeneidade e, em particular, reconhecem que, ao

formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais (MMA, 2019).

Os valores recomendados pela OMS servem como base para legislações estaduais ou federais e são importantes para saúde da população. Os estudos realizados pela OMS propõem que limites de emissão de poluentes sejam restritivos, como medida de segurança para a saúde e, devem levar em consideração se os países possuem condições de melhorar suas tecnologias para atingir um padrão de qualidade do ar mais rígido. Esse esforço de redução da emissão de poluente pode ser realizado com novas tecnologias e políticas públicas.

Idosos tem mais propensão a ter problemas de saúde devido a fragilidade do sistema imunológico e crianças estão mais susceptíveis a doenças respiratórias por não estarem com o sistema imunológico totalmente formado. O material particulado se mostra muito nocivo à saúde de idosos e causa um aumento no número de mortes e internações por problemas cardiovasculares e respiratórios por asma e DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) (DOMINICI et al., 2002; WELLENIUS; SCHWARTZ; MITTLEMAN, 2006; BELL et al., 2006; BENTAYEB et al., 2012 apud RODRIGUES, 2015 *et. al.*).

Infelizmente a poluição do ar muitas vezes se passa invisível aos olhos humanos, mas causa graves efeitos a saúde dos seres vivos. As doenças causadas pela poluição do ar comprometem significativamente a saúde da população e resultam em altos custos com a saúde pública, sendo que o aumento da poluição do ar resulta em maior frequência de doentes às emergências dos hospitais e mais mortes. Esses problemas acarretam gastos com medicações, faltas ao trabalho e escolas, além da diminuição das atividades físicas praticadas pela população (ESTEVES, 2004).

Atualmente, no Brasil, a poluição do ar por MP mata mais do que a AIDS e o trânsito junto, apenas na cidade de São Paulo. Nesta cidade brasileira, as doenças provocadas pela poluição do ar causam cerca de nove mortes por dia e custo anual de US\$ 1,5 bilhão para tratar as doenças provocadas por essa poluição (PARAJARA, 2008; RAMOS, 2008 apud PEREIRA, 2015 *et. al.*).

A seguir é apresentada uma associação das emissões do diesel com a morte das pessoas expostas a esse poluente.

De acordo com a IARC (Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, 2012)), em 1988, o IARC classificou as emissões de veículos diesel como provavelmente cancerígenas para humanos para determinado grupo. Um Grupo Consultivo que analisa e recomenda prioridades futuras para o Programa de Monografias da IARC tinha recomendado os gases de escape de veículos a diesel como uma prioridade elevada para a reavaliação desde 1998. Em 1988, o (IARC, 2012) classificou os gases de escape de veículos a diesel como provavelmente cancerígeno para humanos. O potencial cancerígeno dos gases de escape de veículos a diesel tem suscitado preocupações crescentes, em especial no que diz respeito sobre os resultados de estudos epidemiológicos de trabalhadores expostos em vários contextos. Isto foi enfatizado pela publicação, em março de 2012, dos resultados de um grande estudo do Instituto Nacional do Câncer dos EUA/Instituto Nacional do Câncer para o Estudo de Segurança e Saúde Ocupacional da exposição ocupacional a tais emissões em mineiros de minas subterrâneas, que mostrou um risco aumentado de morte por câncer de pulmão em trabalhadores expostos. As provas científicas foram cuidadosamente analisadas pelo Grupo de Trabalho e, de um modo geral, concluiu-se que havia provas suficientes nos humanos quanto à carcinogenicidade dos gases de escape de veículos a diesel. O Grupo de Trabalho chegou à conclusão de

que os gases de escape da combustão a diesel são uma causa de câncer de pulmão (evidência suficiente) e notou uma associação positiva (evidência limitada) de risco aumentado de câncer de bexiga.

Na **Figura 7** é possível verificar poluição visível da atmosfera que ocorre em períodos de menor dispersão de poluentes na atmosfera e maior presença de poluentes suspensos no ar. A emissão veicular contribui para a poluição observada no horizonte das cidades da RMSP. Nesta figura tem-se visivelmente a degradação da qualidade do ar, sendo possível observar uma camada escura no horizonte próximo à superfície da Rodovia Castelo Branco no km 18, município de Osasco.

Figura 7 - Poluição atmosférica na rodovia Castelo Branco



Fonte: Elaboração própria (2018)

Essa poluição está relacionada com as emissões veiculares suspensas na atmosfera. MP, NO_x e SO₂, podem estar presentes nesta camada escura, e ao adotar medidas para minimizá-la, obter melhor qualidade do ar.

O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar (CETESB, 2021).

4.1.3 Padrões de qualidade do ar no Estado de São Paulo

De acordo com o Decreto Estadual 59113/2013, elaborado seguindo as diretrizes de qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde, foram estabelecidos os valores vigentes, as metas intermediárias e o padrão final para concentração de MP no Estado de São Paulo.

São definidos:

1. Meta Intermediária Etapa 1 (MI1) – Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir da publicação deste Decreto;

2. Meta intermediária Etapa 2 (MI2) – Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações realizadas na Etapa 1, realizadas por estudos técnicos apresentados pelo órgão ambiental estadual, convalidados pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONSEMA

3. Meta Intermediária Etapa 3 (MI3) – Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo CONSEMA, a partir do início de sua vigência, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.

Padrões Finais – Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

A MI1 prevalece no ano de 2021, mas a partir de 2022 passa a valer a MI2, segundo a decisão do CONSEMA (Deliberação CONSEMA 04/2021 de 19/05/2021).

4.1.3.1 Material particulado inalável (MP₁₀)

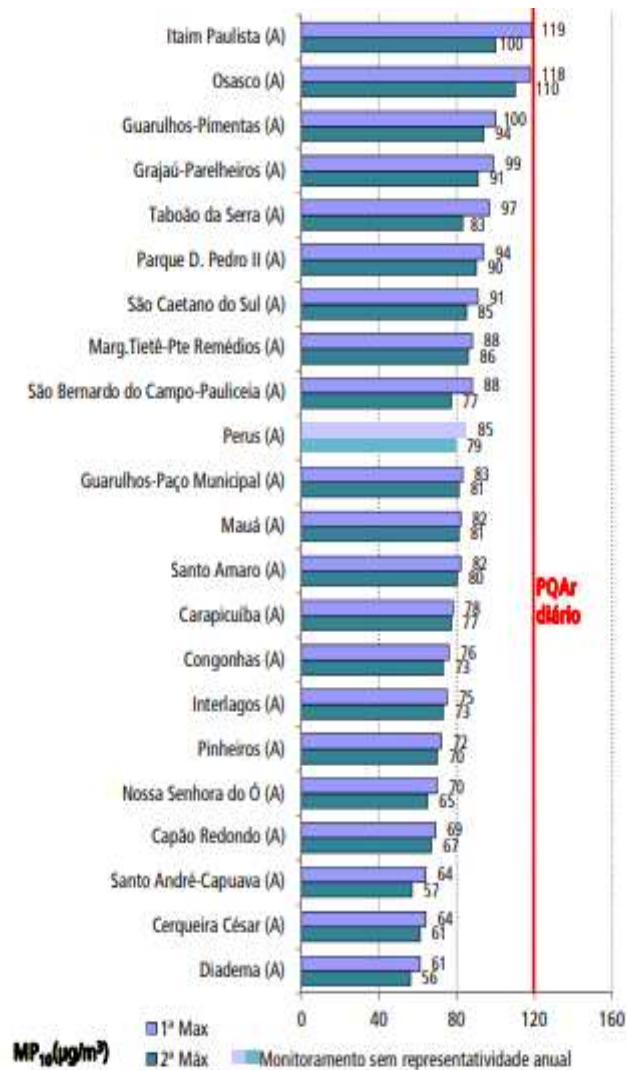
Para o Material Particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 µm (MP-10) foram fixados:

a) Para concentrações médias de 24 (vinte e quatro) horas consecutivas:

1. MI1 - 120 µg/m³ (cento e vinte microgramas por metro cúbico);
2. MI2 - 100 µg/m³ (cem microgramas por metro cúbico);
3. MI3 - 75 µg/m³ (setenta e cinco microgramas por metro cúbico)
4. PF - 50 µg/m³ (cinquenta microgramas por metro cúbico);

Apresenta-se na **Figura 8** a qualidade do ar por MP₁₀, com a primeira e segunda concentração máxima diária atingida, observada na RMSP em 2019 nas estações de monitoramento de qualidade do ar da CETESB.

Figura 8 – Qualidade do ar por MP₁₀, concentrações máximas diárias, na RMSP em 2019



Fonte: CETESB (2020a)

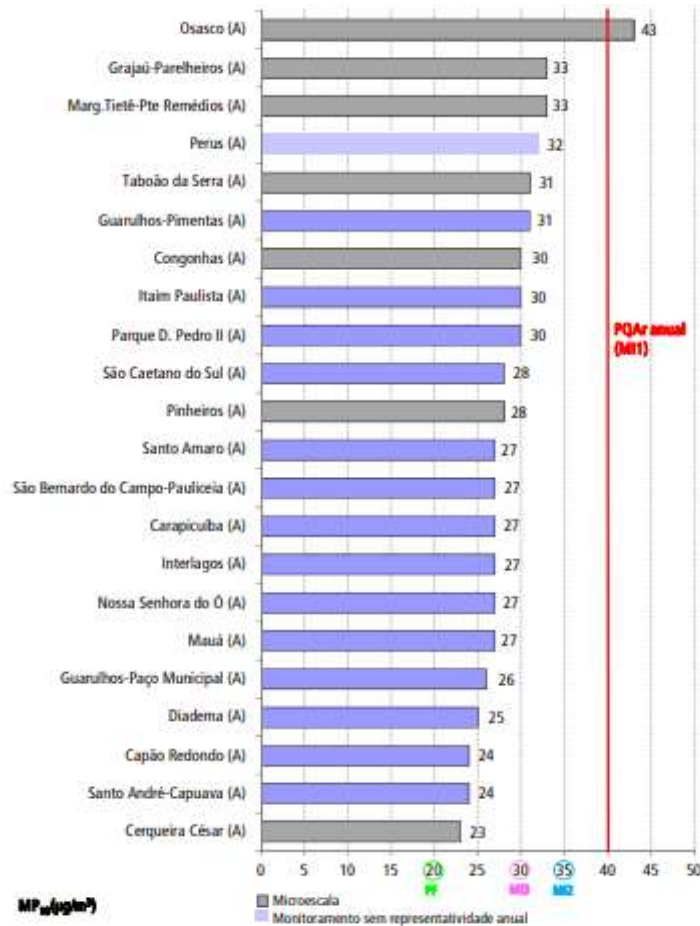
Observa-se na **Figura 8** que de acordo com padrão MI1 o limite diário para MP₁₀ é de 120 µg/m³, algumas estações estão próximas ao limite como a estação Itaim Paulista e estação Osasco; observa-se que outras estações estão abaixo do limite MI2. O fato das estações apresentarem menor valor de concentrações máximas diárias favorece a transição para fase MI2 do Decreto Estadual 59113/2013, mas ainda são necessários esforços para as estações com valores próximo ao limite da fase MI1. A estação Congonhas apresentou valores de 76 e 73 µg/m³ para a 1ª e 2ª máxima diária respectivamente.

b) para concentrações médias aritméticas anuais:

1. MI1 - 40 µg/m³ (quarenta microgramas por metro cúbico)
2. MI2 - 35 µg/m³ (trinta e cinco microgramas por metro cúbico)
3. MI3 - 30 µg/m³ (trinta microgramas por metro cúbico)
4. PF - 20 µg/m³ (vinte microgramas por metro cúbico)

Apresenta-se na **Figura 9** a classificação das concentrações médias anuais do MP₁₀ na RMSP comparadas com as metas do Decreto Estadual 59113/2013.

Figura 9 - MP₁₀ - Concentrações médias anuais - RMSP - 2019



Fonte: CETESB (2020a)

Observa-se na **Figura 9** que existem estações que apresentam um valor acima do limite atual estabelecido pela meta MI1 do Decreto 59113/2013 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como a estação Osasco. Em relação a outras estações existem boas condições para que a nova meta M12 seja atendida, e que possam continuar os esforços para atingir o PF. A estação Congonhas apresentou valor médio anual de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

As estações consideradas de microescala na RMSP são Cerqueira César, Congonhas, Marg. Tietê-Ponte dos Remédios, Osasco, Paralheiros, Pinheiros e Taboão da Serra. Ou seja, estações geralmente localizadas próximas às vias de tráfego intenso. (CETESB, 2020a).

O fato de algumas estações apresentarem concentrações médias anuais mais altas em comparação a outras está no fato de estarem localizadas próximas a vias de trânsito intenso que aumentam as concentrações de MP, NO_x e SO₂. O maior problema destas emissões na RMSP relacionada aos veículos se dá pela emissão de poluentes pelo escapamento e pela ressuspensão de partículas.

4.1.3.2 Material particulado respirável (MP_{2,5})

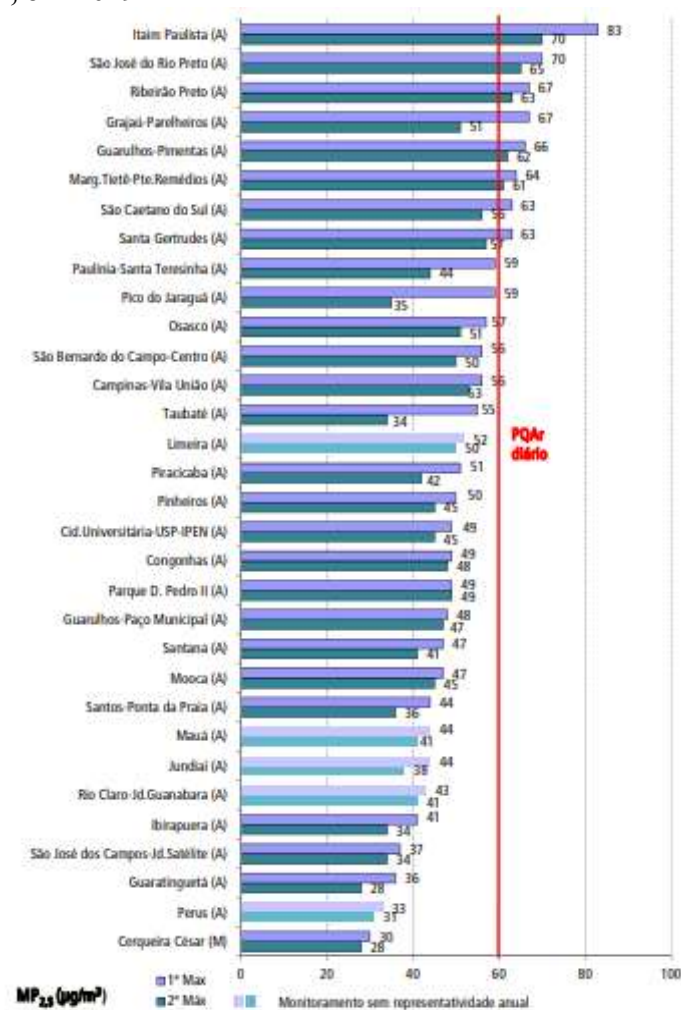
Seguindo a orientação da Organização Mundial da Saúde serão analisados e discutidos os desafios para implementação do Padrão Final 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do Material Particulado MP_{2,5} segundo o Decreto 59.113, de 23 de abril de 2013 que define segundo seu artigo 9 parágrafo IV que:

a) para concentrações médias aritméticas diárias:

1. MI1- 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sessenta microgramas por metro cúbico)
2. MI2- 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (cinquenta microgramas por metro cúbico)
3. MI3- 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (trinta e sete microgramas por metro cúbico)
4. PF - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vinte cinco microgramas por metro cúbico)

Apresenta-se na **Figura 10** a qualidade do ar por MP_{2,5}, com a primeira e segunda concentração máxima diária atingida, observada na RMSP em 2019 nas estações de monitoramento de qualidade do ar.

Figura 10 - MP_{2,5} - Classificação das concentrações máximas diárias - RMSP, Baixada Santista e Interior, em 2019



Fonte: CETESB (2020a)

Observando a **Figura 10** verifica-se que algumas estações estão próximas ao limite de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido como meta MI1 e outras ultrapassaram este limite. Percebe-se que será necessário um esforço considerável para redução do valor de concentração de $\text{MP}_{2,5}$ para que não ocorra ultrapassagem do valor diário em algumas localidades para atender aos limites da meta MI2 de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A estação Congonhas apresentou valores de 49 e $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a 1ª e 2ª máximas diárias, respectivamente.

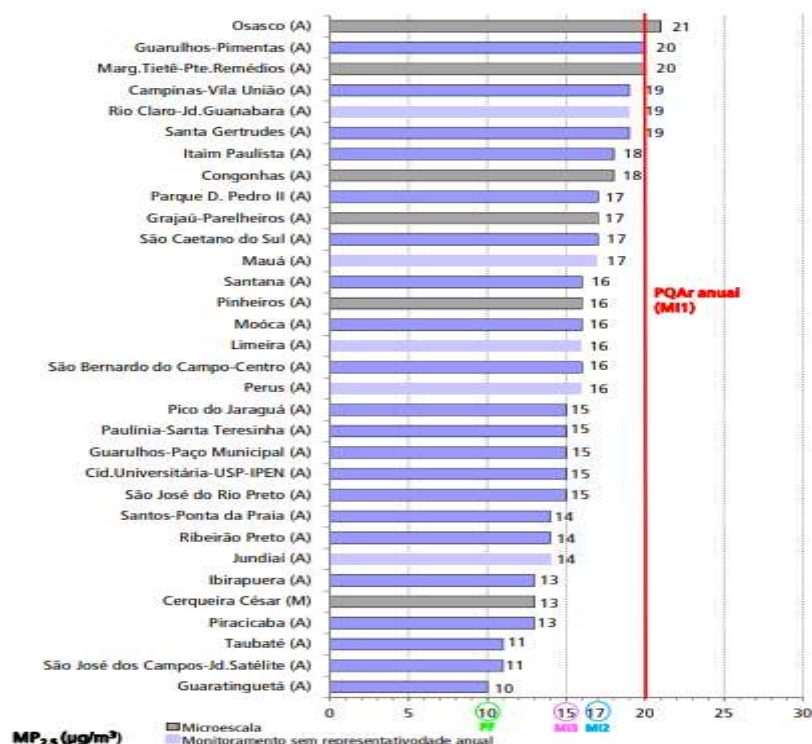
Seguindo a orientação da Organização Mundial da Saúde serão analisados e discutidos os desafios para implementação do Padrão Final $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do Material Particulado $\text{MP}_{2,5}$ segundo o Decreto 59.113, de 23 de abril de 2013 que define, no seu artigo 9 parágrafo IVb, que:

a) para concentrações médias aritméticas anuais:

1. MI1- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vinte microgramas por metro cúbico)
2. MI2- $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dezessete microgramas por metro cúbico)
3. MI3- $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (quinze microgramas por metro cúbico)
4. PF - $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dez microgramas por metro cúbico)

São apresentadas na **Figura 11** as concentrações médias anuais do $\text{MP}_{2,5}$ observadas na RMSP, Baixada Santista e Interior, em 2019, comparadas com as metas do Decreto Estadual 59113/2013.

Figura 11 - $\text{MP}_{2,5}$ - Concentrações médias anuais observadas na RMSP, Baixada Santista e Interior, em 2019



Em relação às concentrações médias anuais, tem sido observado que algumas estações apresentam um valor acima do PF de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e mesmo para atingir a meta MI2 de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ainda são necessários esforços de redução da emissão do poluente. Algumas estações registraram o dobro do valor do padrão final. Medidas serão necessárias para atender os padrões de segurança conforme determinado pela OMS referente ao $\text{MP}_{2,5}$ de acordo com as concentrações médias anuais. A estação Congonhas, com $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atende à meta atual (MI1), mas está longe do valor do PF.

4.2 DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO_2)

O dióxido de nitrogênio faz parte de um grupo de gases conhecidos como óxidos de nitrogênios NO_x . Óxidos de nitrogênio incluem óxido nítrico (NO) e óxido nitroso (N_2O).

Estudos em animais e humanos estabelecem que concentrações acima de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de Nitrogênio (NO_2) causam severos efeitos na saúde. A exposição a concentrações menores em um período de maior exposição ao poluente também causa efeitos adversos (WHO, 2006).

Numerosos estudos têm relacionado o NO_2 como um marcador para misturas de poluentes como aqueles emitidos por fontes de veículos rodoviários. Nesses estudos foram associados com outros poluentes como partículas ultrafinas, óxido de nitrogênio NO_x , MP ou benzeno. Na atmosfera o NO emitido primariamente se oxida para NO_2 que forma uma importante fração de $\text{MP}_{2,5}$ observado na atmosfera (WHO, 2006).

O padrão de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deste poluente é utilizado para proteger a saúde das pessoas. Se o NO_2 é utilizado como um marcador para complexas misturas de poluentes um valor ainda mais baixo deve ser usado (WHO, 2006).

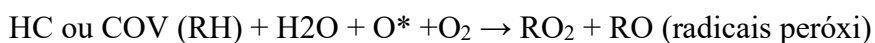
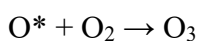
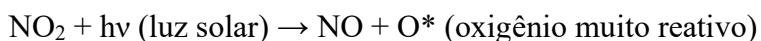
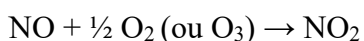
Estudos epidemiológicos demonstraram que efeitos bronquíticos de crianças asmáticas aumentam em associação com concentração anual de NO_2 , e reduziu o crescimento das funções pulmonares (WHO, 2006).

Estudos demonstram que o NO_2 pode ter alta variação espacial com o poluente material particulado do que outros poluentes relacionados ao tráfego. Estes estudos também demonstraram efeitos adversos na saúde em crianças que vivem em áreas metropolitanas caracterizadas por níveis de NO_2 mais elevados, e mesmo em casos de cidades com níveis de NO_2 relativamente mais baixos (WHO, 2006).

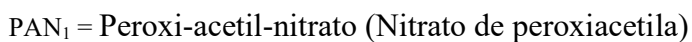
Estudos experimentais relataram efeitos agudos à saúde após exposição de NO_2 por uma hora com concentrações de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Embora os valores para determinar os efeitos agudos serem de $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estudos de resposta brônquica entre asmáticos sugere aumentos na resposta acima de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

A emissão do NO₂ é principalmente da queima de combustível fóssil. O NO₂ se forma a partir de emissões de emissões veiculares, usinas termelétricas e veículos *off road* (fora de estrada) (US.EPA, 2020).

As emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), resultantes da combustão, se constituem principalmente de NO, que se converte, total ou parcialmente na atmosfera, no qual ocorre uma reação por fotólise e forma-se ozônio (O₃). Desta forma ele é considerado como poluente secundário. É uma reação que pode provocar a formação também de outros oxidantes fotoquímicos quando em presença de compostos orgânicos voláteis – COV, que aumentam também a formação inicial de ozônio. Os COV apresentam capacidades diferentes de reagir e formar o ozônio. As reações clássicas de formação de ozônio fotoquimicamente e da dinâmica entre NO e NO₂ são:



Resumidamente tem-se:



Fonte: (ASSUNÇÃO, 2020)

Assim, os óxidos de nitrogênio em presença de compostos orgânicos voláteis, em determinadas condições atmosféricas, como temperaturas elevadas e maior presença da luz solar, podem produzir ozônio e outros oxidantes fotoquímicos. Uma das formas de controle do ozônio e oxidantes fotoquímicos é o controle dos precursores como os NO_x, HC reativos. Em períodos que ocorrem maior circulação de veículos, as emissões dos poluentes formadores de oxidantes fotoquímicos também se elevam, de modo que as maiores fontes desses poluentes são veiculares.

Na **Tabela 2** são apresentados os padrões e valores-guia do NO₂ comparando com a OMS, legislação federal e legislação estadual, onde podem ser observados os valores da fase MII no Estado de São Paulo, PI-1 em âmbito federal e os valores-guia da OMS.

Observa-se que os valores-guia estabelecidos pela OMS são inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/2018 e pelo Decreto Estadual 59113/2013 que tendem a diminuir, quando forem estabelecidas as novas fases previstas das legislações até

atingir o padrão final. O NO₂ causa danos à saúde e ao meio ambiente, dessa forma é importante o seu controle e redução ao longo dos anos.

Como exemplo de efeitos no ambiente causados pelo NO₂ tem-se a formação da chuva ácida, danos a colheita e vegetação (CETESB, 2020a).

Tabela 2 - Padrões e valores-guia do NO₂

Concentração	Tempo de exposição/amostragem	Referência
200 ug/m ³	Valor-guia – média de 1 hora	WHO, 2006
40 ug/m ³	Valor-guia – média anual	
260 ug/m ³	1 hora	Resolução Conama n° 491/2018
60 ug/m ³	Anual	
260 ug/m ³	Padrão – média 1 hora	Decreto Estadual n° 59113/2013
60 ug/m ³	Padrão – MAA ¹	

¹MMA: Média aritmética anual

Fonte: WHO (2006); CONAMA 491(2018); SÃO PAULO (2013)

4.2.1 Limites de NO₂ de acordo com as metas do Decreto 59113/2013

De acordo com o Decreto Estadual 59113/2013, no seu artigo 9, parágrafo VIII serão analisados e discutidos os Padrões vigentes e as metas intermediárias e Padrão Final para NO₂. O padrão final segue a Orientação da Organização Mundial da Saúde.

a) para concentrações médias de 1 (uma) hora:

1. MI1 - 260 µg/m³ (duzentos e sessenta microgramas por metro cúbico);
2. MI2 - 240 µg/m³ (duzentos e quarenta microgramas por metro cúbico);
3. MI3 - 220 µg/m³ (duzentos e vinte microgramas por metro cúbico);
4. PF - 200 µg/m³ (duzentos microgramas por metro cúbico);

b) Para concentrações médias aritméticas anuais:

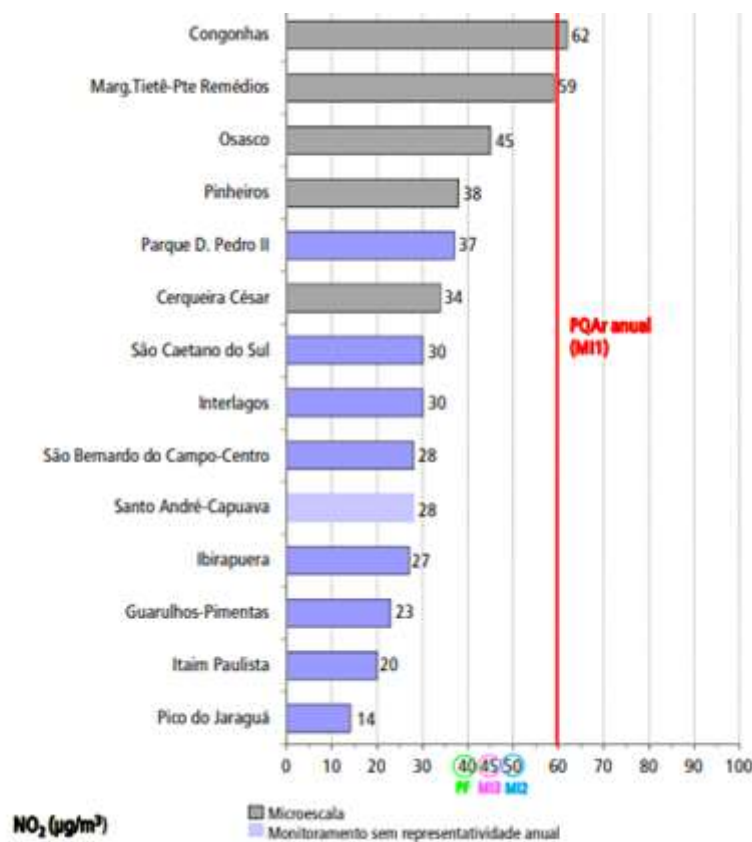
1. MI1 - 60 µg/m³ (sessenta microgramas por metro cúbico);
2. MI2 - 50 µg/m³ (cinquenta microgramas por metro cúbico);
3. MI3 - 45 µg/m³ (quarenta e cinco microgramas por metro cúbico);
4. PF - 40 µg/m³ (quarenta microgramas por metro cúbico);

Apresenta-se na **Figura 12** a classificação das concentrações médias anuais do NO₂ na RMSP onde é possível comparar com as metas do Decreto Estadual 59113/2013.

Observa-se as concentrações médias anuais na RMSP em 2019, que, de acordo com padrão MII onde o limite diário para NO_2 é de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorreu ultrapassagem do valor da meta MII somente na estação Congonhas, objeto deste estudo.

A estação Congonhas é classificada como estação de microescala, que são aquelas localizadas próximas a vias de tráfego intenso. A estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios apresenta valor próximo ao limite estabelecido que, assim como a estação Congonhas, também é classificada como estação de microescala. Várias outras estações apresentaram valores bem abaixo do PF de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e algumas próximas a este limite.

Figura 12 - Classificação das concentrações médias anuais do NO_2

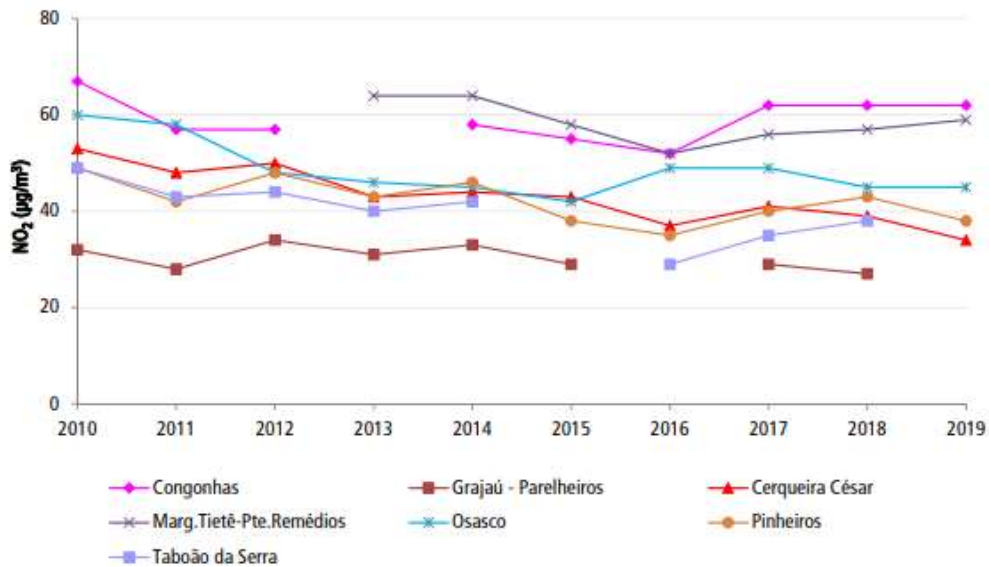


Fonte: CETESB (2020a)

Na **Figura 13** é apresentada a evolução das concentrações de NO_2 em estações selecionadas na RMSP, todas de microescala, no período 2010 – 2019 em que é possível observar as variações das concentrações médias anuais.

Observa-se nesta figura a concentração do NO_2 nas estações de microescala, onde várias delas apresentaram concentrações acima da meta MII ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dentre elas a estação Congonhas. Nesta estação observam-se algumas oscilações nas concentrações dos poluentes ao longo dos anos, como 2011 a 2016, com valores abaixo do MII, e 2017 a 2019 que ultrapassaram este limite. Outras estações eventualmente apresentaram valores abaixo do PF como Pinheiros e Cerqueira César.

Figura 13 - Evolução das concentrações médias anuais de NO₂, em estações de microescala, na RMSP, de 2010 a 2019.



Fonte: CETESB (2020a)

4.3 DIÓXIDO DE ENXOFRE

O dióxido de enxofre (SO₂) é um gás incolor com forte odor pungente. Na presença de umidade, se transforma em trióxido de enxofre (SO₃) e rapidamente a ácido sulfúrico (H₂SO₄). O SO₂ possui utilidade como agente redutor na metalurgia, desinfetante e branqueador, também tem utilidade na conservação de alimentos e vinhos, fumigação entre outras utilidades (CETESB, 2017a).

No ambiente o dióxido de enxofre tem liberação para atmosfera por gases vulcânicos e fontes antropogênicas, como processos que liberam materiais que contém enxofre em sua composição, incluindo combustíveis de termelétricas, produção de fertilizantes, fundição de alumínio e aço, produção de ácido sulfúrico e papel. A queima dos combustíveis nos veículos também promove a emissão de SO₂ (CETESB, 2017a).

O SO₂ presente na atmosfera pode ocasionar a chuva ácida e, é precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis MP₁₀. Os sulfatos na forma de aerossóis contribuem para acidificação dos corpos d'água, corrosão das edificações, monumentos estruturas metálicas e condutores elétricos (CETESB, 2017a).

Na **Figura 14** é apresentada o efeito do ataque de SO₂ e outras substâncias ácidas que, na atmosfera e com a presença de umidade, possuem efeitos corrosivos em objetos e na saúde dos seres vivos. Nesta figura pode ser observado o efeito de substâncias ácidas à obra de arte em mármore. A corrosão causada pelo efeito da poluição ao longo dos anos danifica a obra. Outras instalações também podem ser danificadas pela ação do SO₂ e também pode causar efeitos adversos na saúde das pessoas.

Figura 14 - Ataque às obras de arte em mármore do SO₂ e outras substâncias ácidas presentes na atmosfera, em presença de umidade



Fonte: POLI; SIQUEIRA (2017)

Regiões onde é utilizado o carvão mineral apresentam maior concentração de SO₂, como as que apresentam fontes de emissão dióxido de enxofre de origem industrial pouco controladas (CETESB, 2017a).

A principal via de exposição humana ao SO₂ é a via inalatória; os seus efeitos adversos a alta exposição incluem dificuldade respiratória, alteração na defesa dos pulmões, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares. Causa irritação no nariz, garganta e pulmões causando tosse, falta de ar, chiado no peito, catarro e crises de asma. Algumas pessoas são mais susceptíveis como asmáticos ou aquelas com doenças crônicas de pulmão, coração, além das crianças (CETESB, 2017a).

O dióxido de enxofre pode interagir com partículas de menores dimensões que podem penetrar profundamente nos pulmões causando danos mais severos a saúde como agravamento de doenças respiratórias e do coração preexistente (CETESB, 2017a).

Na prática de atividades físicas os problemas do SO₂ podem se agravar devido ao maior consumo de ar pelos pulmões. Outros estudos associam exposição de curto prazo ao SO₂ ao aumento de visitas a serviços de emergência e de internações hospitalares por doenças respiratórias, principalmente por idosos, asmáticos e crianças (CETESB, 2017a).

Apesar dos grandes malefícios que este composto causa à saúde dos seres humanos ele não é classificável como carcinogênico, pertencendo ao Grupo 3 do IARC (CETESB, 2017a).

Na **Tabela 3** são apresentados os padrões e valores-guia para SO₂, os valores são diferentes na comparação entre OMS, âmbito estadual e federal. Observa-se que o Decreto Estadual apresenta um valor inferior em comparação à Resolução CONAMA 491/2018, mas

seu valor ainda é superior aos valores-guia estabelecidos pela OMS como níveis aceitáveis de segurança para saúde humana.

Tabela 3 - Padrões e valores orientadores do SO₂

Concentração	Comentário	Referência
20 ug/m ³	Valor-guia – média 24 horas	WHO, 2006
500 ug/m ³	Valor-guia – média 10 minutos	
125 ug/m ³	Padrão – média de 24 horas	Resolução CONAMA nº 491/2018
40 ug/m ³	Padrão- média anual	
60 ug/m ³	Padrão – média 24 horas	Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013
40 ug/m ³	Padrão – média anual	

Fonte: WHO (2006); Resolução CONAMA 491 (2018); SÃO PAULO (2013)

O dióxido de enxofre pode também contribuir para formação de MP. Dessa forma se vê a importância da diminuição da emissão deste poluente por ser um precursor na formação do Material Particulado, além dos malefícios à saúde.

4.3.1 Redução do conteúdo de enxofre nos combustíveis

Ao longo dos anos a diminuição do conteúdo de enxofre nos combustíveis vem contribuindo para redução da emissão do dióxido de enxofre na atmosfera. A partir de 2014, ocorreram alterações na gasolina, como a redução do teor máximo de enxofre, de 800mg/kg para 50 mg/kg e também houve redução do teor de hidrocarbonetos olefínicos e aromáticos. Esta redução diminui a emissão de gases mais nocivos à saúde (CETESB, 2020b).

O óleo diesel também teve redução significativa no teor de enxofre máximo admitido: o “diesel B S500” com até 500 mg/kg (S-500) e o diesel S10, com até 10 mg/kg (S-10). O diesel S-10 foi introduzido em 2013 e substituiu o chamado diesel B S-50, com até 50mg/kg (CETESB, 2020b).

Estas reduções no conteúdo de enxofre foram muito importantes para redução da emissão de dióxido de enxofre para a atmosfera pelos veículos automotores.

O diesel comercializado no Brasil possui teores máximos de enxofre de 10 e 500 mg/kg. O diesel com mais baixo teor de enxofre, comumente chamado de S-10, deve obrigatoriamente ser utilizado em todos os veículos fabricados a partir da fase P7 do Programa de controle de emissões veiculares (PROCONVE), implementada a partir de 2012. O uso de combustível com teor de enxofre maior prejudica o controle da

emissão pelo fato de que os compostos formados a partir desse elemento deterioram o catalisador, reduzindo sua eficiência e durabilidade (CETESB, 2020b).

A partir de 2014, o diesel S-1800 foi eliminado para aplicação rodoviária, sendo substituído pelo S-500, em todo o Brasil (CETESB, 2020b).

A partir de janeiro de 2014, a gasolina vendida em todo o Brasil passou a ter o teor máximo de enxofre de 50 mg/kg. No interior do Estado de São Paulo, o diesel comercializado possuía o teor máximo de enxofre de 1800mg/kg (S-1800), que passou para 500mg/kg (S-500) e, nas regiões metropolitanas, possuía até 500 mg/kg que passou para 10mg/kg (S-10). (CETESB, 2020b)

Além da redução do teor enxofre no diesel, a adição de biodiesel também contribui para menores emissões do SO₂ na queima deste combustível.

Nos últimos anos, apesar da redução significativa de enxofre nos combustíveis, ainda há uma parcela a ser diminuída como é apresentado no Relatório de Emissões Veiculares da CETESB, 2020 que no ano de 2019 contabilizou 2.712 t/SO₂ de emissões de dióxido de enxofre no Estado de São Paulo, provenientes de veículos automotores. (CETESB, 2020b)

Observando os anos de 2019 e 2006, fica evidente que houve redução significativa dos poluentes. No ano de 2006, foram emitidos 13851t/SO₂, conforme estimativa da CETESB.

As concentrações de SO₂ na atmosfera no estado de São Paulo têm se mostrado dentro dos limites estabelecidos na legislação, conforme indicam os resultados de medições das estações de monitoramento do órgão ambiental paulista.

4.3.2 Limites de dióxido de enxofre (SO₂) de acordo com o Decreto 59113/2013

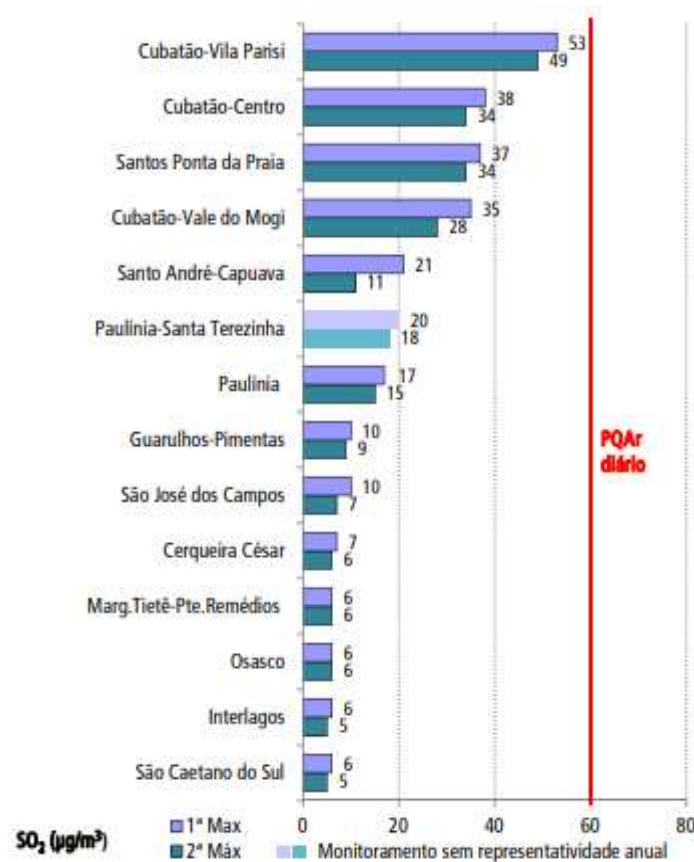
De acordo com o Decreto Estadual 59113/2013, no seu artigo 9, parágrafo I será analisado e discutido o atendimento das metas intermediárias e do padrão final para SO₂. O padrão final segue a Orientação da Organização Mundial da Saúde.

a) para concentrações médias de 24 (vinte e quatro) horas consecutivas:

1. MI1 - 60 µg/m³ (sessenta microgramas por metro cúbico);
2. MI2 - 40 µg/m³ (quarenta microgramas por metro cúbico);
3. MI3 - 30 µg/m³ (trinta microgramas por metro cúbico);
4. PF - 20 µg/m³ (vinte microgramas por metro cúbico);

Na **Figura 15** é apresentada a classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2019, com a primeira e segunda concentração máxima diária atingida, comparada à meta MI1 do Decreto Estadual 59113/2013.

Figura 15 – SO₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2019



Fonte: CETESB (2020a)

Nota:

Período de monitoramento: Paulínia - Santa Terezinha – a partir de 19/02/19

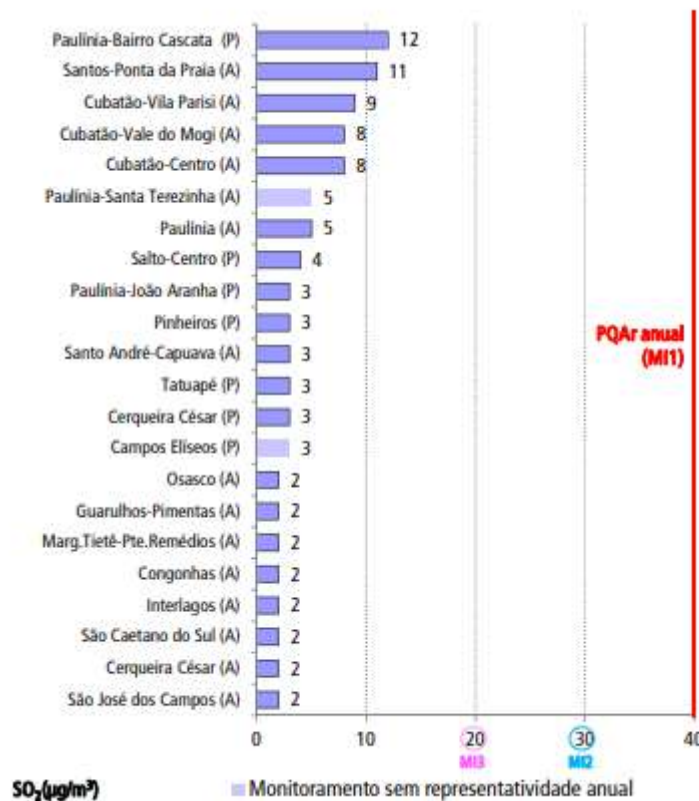
Para concentrações máximas diárias observa-se maiores concentrações nas estações da Baixada Santista em especial nas que estão relacionadas às fontes fixas (Cubatão-Vila Parisi, Cubatão-centro e Cubatão-Valo do Mogi) e mesmo assim abaixo da meta MI1, atual Padrão de Qualidade do Ar no estado. Na RMSP observam-se algumas estações com valores próximos ao PF e a maioria com valores abaixo deste limite.

b) Para concentrações médias aritméticas anuais:

1. MI1 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (quarenta microgramas por metro cúbico);
2. MI2 - 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (trinta microgramas por metro cúbico);
3. MI3 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vinte microgramas por metro cúbico);
4. PF – Não foi estabelecido

Na **Figura 16** são apresentadas as concentrações médias anuais na RMSP, Baixada Santista e Interior para o ano de 2019, comparada a meta MI1 do Decreto Estadual 59113/2013.

Figura 16 – SO₂ – Concentrações médias anuais na RMSP, Baixada Santista e Interior no ano de 2019



Fonte: CETESB (2020a)

Nota:

MI1 = PQAr; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013
 Período de monitoramento: Campos Elíseos – jun a dez/19; Paulínia - Santa Terezinha – a partir de

19/02/19.

Observa-se que todos os valores das concentrações médias anuais de SO₂ na RMSP são inferiores ao limite MI1 atual de 60 µg/m³, e também ao valor da MI3. Isto está relacionado ao controle das emissões das fontes fixas e à redução do teor de enxofre no diesel e na gasolina.

4.4 POLÍTICAS E MEDIDAS ADOTADAS PARA CONTROLE DE EMISSÕES EM ÂMBITOS MUNICIPAL, ESTADUAL E NACIONAL

Ao longo dos anos a busca de melhorias para os veículos a diesel tornaram-se necessárias, visando-se, como consequência, uma menor emissão de poluentes. Pode-se citar como algumas dessas melhorias o avanço das tecnologias veiculares, avanços na legislação, restrições ao trânsito de veículos em determinadas vias dos centros urbanos, melhorias nos combustíveis, entre outras medidas.

4.4.1 Contribuição da emissão de veículos diesel na RMSP

As emissões provenientes da queima de combustíveis apresentam valores diferentes de acordo com o tipo de veículo: a gasolina, a etanol, flex e a diesel. Veículos a diesel em geral apresentam maiores emissões para os poluentes MP, NO_x e SO₂.

Na **Tabela 4** é apresentada a contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP, apresentando em %, a contribuição por tipo de poluente das fontes móveis, fixas e outras. A contribuição da emissão veicular para o material particulado MP₁₀ é de 40% e de 62,47% para NO_x. Fontes fixas, como processos industriais, contribuem com 10% para o MP₁₀ e 37,53% para NO_x. Os óxidos de enxofre (SO_x) têm grande participação de emissões de processos industriais, mas uma parcela significativa está associada aos veículos movidos a diesel.

Tabela 4 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP

	Categoria		Combustível	Contribuição por tipo de poluentes (%)					
				CO	HC	NO _x	MP ₁₀ ¹	SO _x	
M Ó V E I S	Automóveis		Gasolina C	34,08	24,09	7,76	0,86	0,94	
			Etanol Hid.	5,50	3,54	0,75	nd	Nd	
			Flex-Gas. C	8,29	9,62	1,44	0,60	0,70	
			Flex-Et. Hid.	14,05	14,00	1,84	nd	nd	
	Comerciais Leves		Gasolina C.	6,08	5,84	1,08	0,17	0,27	
			Etanol Hid.	0,42	0,34	0,06	nd	Nd	
			Flex-Gas. C	1,21	1,49	0,24	0,08	0,13	
			Flex-Et. Hid.	2,25	2,03	0,31	nd	Nd	
			Diesel	0,56	0,48	4,24	4,49	2,23	
	Caminhões		Semi Leves	Diesel	0,13	0,14	1,19	1,32	0,34
			Leves		0,60	0,59	5,76	5,59	1,66
			Médios		0,39	0,42	3,81	4,41	0,98
			Sempesados		0,99	0,31	4,98	3,35	3,56
			Pesados		0,97	0,81	10,54	6,20	3,54
	Ônibus		Urbanos	Diesel	1,51	1,01	13,12	8,32	0,16
			Rodoviários		0,30	0,27	3,12	2,19	0,90
			Micro-ônibus		0,11	0,08	0,99	0,59	0,01
	Motocicletas		Gasolina C		17,91	7,86	1,13	1,68	0,12
			Flex-Gas. C		0,79	0,35	0,08	0,16	0,02
			Flex Et. Hid.		0,37	0,19	0,03	nd	Nd
% Emissão Veicular				96,52	73,45	62,47	40,00	15,55	
F I X A S	OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (2008)			3,48	16,02	37,53	10,00	83,23	
	BASE DE COMBUSTÍVEL LÍQUIDO (2008)			-	10,53			-	
O U T R A S	RESSUSPENSÃO DE PARTÍCULAS			-			25,00	-	
	AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS			-			25,00	-	
TOTAL				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Nota1: 1 - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis (CETESB, 2002). A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre todos os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis. nd: não disponível. Nota 2: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2018.

Fonte: CETESB (2020a)

Além das restrições paulatinas da legislação do PROCONVE, medidas complementares têm sido adotadas pelo órgão ambiental para diminuição da concentração do MP₁₀ no ar no que se refere a emissão veicular, como por exemplo a fiscalização de fumaça preta de veículos diesel.

Outras medidas poderiam ter sua implementação incentivada como a renovação da frota, considerando o sucateamento de veículos, com planos que permitam aos proprietários dos veículos em más condições a aquisição de veículos novos, além da efetiva inspeção de emissões de veículos em uso.

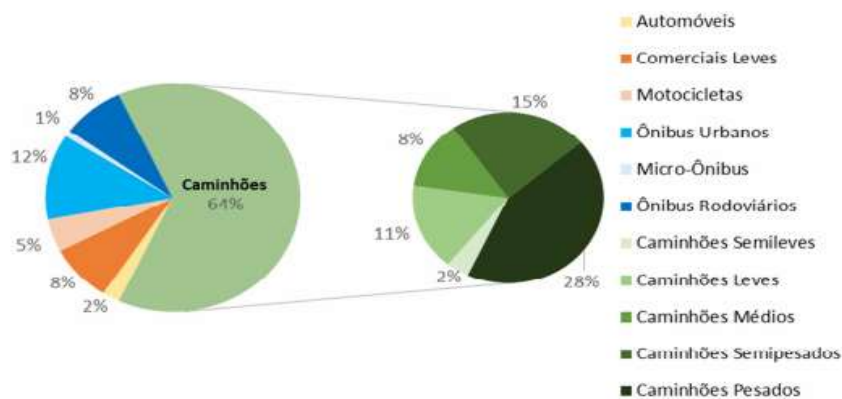
No transporte urbano na RMSP, também poderia ser implementada mais fortemente a substituição de combustíveis fósseis atualmente utilizados no transporte público, como os ônibus, e menor participação do modal de transporte, fortemente ligado ao rodoviário, com a ampliação do modal ferroviário elétrico na RMSP.

4.4.2 Medidas e políticas nacionais para controle de emissões

Na RMSP o maior problema na emissão de material particulado relacionado a fontes móveis provém dos veículos a diesel, como foi apresentado na **Tabela 4**, associado fortemente aos veículos pesados e semipesados.

Na **Figura 17** é apresentada a contribuição de veículos na emissão de MP no Estado de São Paulo, por categoria de veículos. Observa-se que os grandes contribuintes para emissão de material particulado são os caminhões, com 64% e, grande parte é de pesados e semipesados movidos a diesel. Os ônibus urbanos também têm participação considerável de emissão dessa frota, com 12%, os comerciais leves apresentam 8% de contribuição e os automóveis 2%.

Figura 17 - Contribuição das categorias de veículos na emissão de MP no Estado de São Paulo

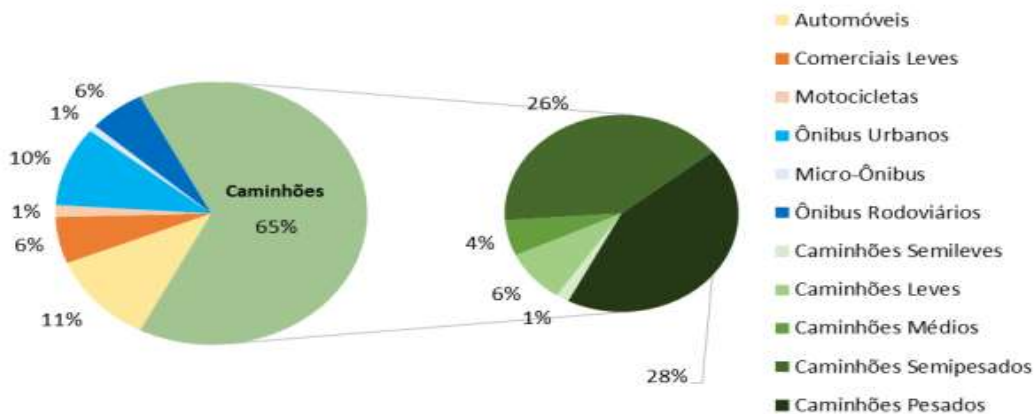


Fonte: CETESB (2020b)

Na **Figura 18** é apresentada a contribuição de veículos na emissão de óxidos de nitrogênio no Estado de São Paulo, em que a maior parte das emissões de NO_x, são associados

a grande frota de caminhões na RMSP, que são as principais fontes de emissões circulando pelas vias da cidade. Observa-se que grande parte dos óxidos de nitrogênio provém dos veículos a diesel, como os caminhões pesados e semipesados. Os ônibus também apresentam contribuição significativa, somando os ônibus urbanos e rodoviários. A manutenção preventiva dos itens relacionados a emissão veicular, contribuem para menores emissões desse poluente.

Figura 18 - Contribuição das categorias de veículos na emissão de óxidos de nitrogênio no Estado de São Paulo

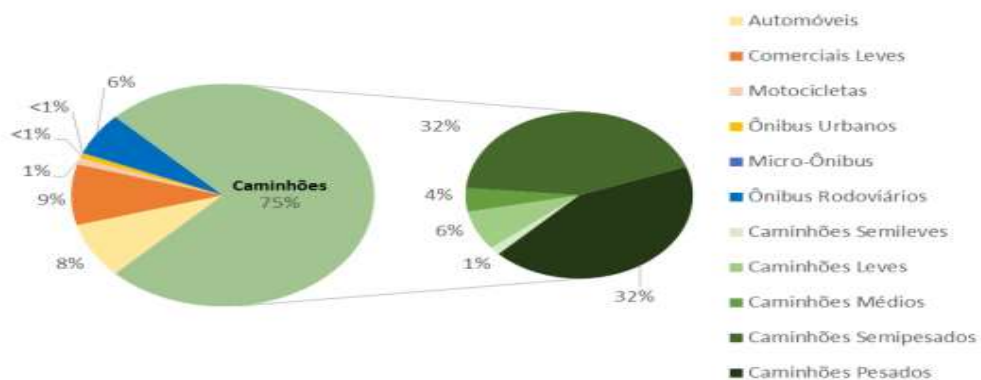


Fonte: CETESB (2020b)

Na **Figura 19** é apresentada a contribuição das categorias de veículos na emissão de dióxido de enxofre no Estado de São Paulo em 2019, fonte de poluente de veículos diesel em especial aos veículos pesados e semipesados, somando-se às emissões de MP e NO_x. Verifica-se que a emissão de dióxido de enxofre relacionada aos caminhões, é de 75%, com maior concentração nos caminhões pesados e semipesados, sendo 32% de cada uma destas categorias na emissão deste poluente.

O uso de novas tecnologias e alternativas de combustíveis para frota demonstram que existem avanços a serem realizados para diminuição da emissão de poluentes.

Figura 19 - Contribuição das categorias de veículos na emissão de dióxido de enxofre no Estado de São Paulo em 2019



Fonte: CETESB (2020b)

Na **Tabela 5** são apresentadas as estimativas da emissão veicular por poluente, em toneladas, de acordo com a categoria de veículo e combustível utilizado, na RMSP, em 2019. Observam-se altos valores para MP, NO_x e SO₂ para os caminhões movidos a diesel. Esforços são exigidos para que se diminua a emissão desses poluentes, como políticas públicas e tecnologias de redução de emissões dessas categorias.

Tabela 5 - Estimativas da emissão veicular na RMSP em 2019

Categoria		Combustível	Emissão por poluente (t)				
			CO	NO _x	MP(1)	SO ₂ (2)	COV
Automóveis		Gasolina C	72014	9607	42	108	14763
		Etanol Hid.	19225	1536	nd	nd	3724
		Flex-Gas. C	25955	2600	41	112	8264
		Flex-Et. Hid.	63184	4861	nd	nd	17092
Comerciais Leves		Gasolina C.	12910	1355	8	29	2482
		Etanol Hid.	1606	142	nd	nd	317
		Flex-Gas. C	4071	467	6	22	1366
		Flex-Et. Hid.	10718	869	nd	nd	2662
		Diesel	1472	6609	288	189	373
Caminhões	Semi Leves	Diesel	367	1960	87	32	113
	Leves		1692	9291	355	157	475
	Médios		1122	6295	294	93	343
	Semipesados		7193	43282	1105	877	1527
	Pesados		7406	46491	1065	877	1720
Ônibus	Urbanos	Diesel	3198	16140	408	20	610
	Rodoviários		1622	9645	270	169	407
	Micro-ônibus		245	1300	31	2	49
Motocicletas		Gasolina C	57881	2028	1,13	20	7318
		Flex-Gas. C	4385	248	0,08	5	549
		Flex Et. Hid.	2853	144	nd	nd	434
Total			299118	164869	4148	2712	64589

Notas: nd – não disponível.

(1) MP calculado para veículos flex-fuel utilizando Gasolina C.

(2) Emissões calculadas pelo método top-down.

Fonte: CETESB (2020b)

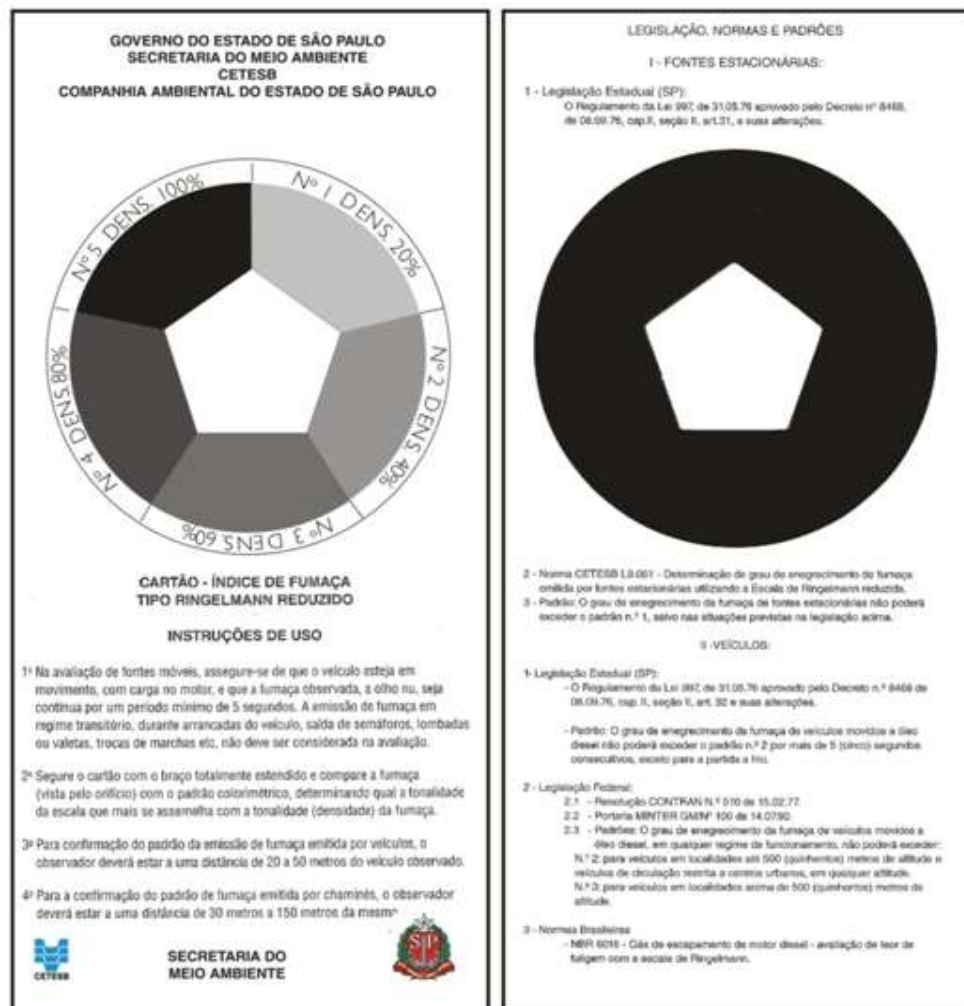
São apresentadas a seguir, exemplos de normas legais que contribuiriam para a redução das emissões veiculares.

Através da Resolução CONTRAN, nº 507, de 30 de outubro de 1976 foi criado uma medida de controle de emissões de gases do cárter do motor. Nesse mesmo ano no Estado de São Paulo foi promulgada a lei 997/76, regulamentada pelo Decreto 8468/76 que valida até hoje a fiscalização do grau de enegrecimento da fumaça emitida pelo tubo de escapamento de descarga de veículos diesel, que quando acima do padrão nº 2 da Escala de Ringelmann o

veículo deve ser autuado com multa no valor de 60 UFESP (Unidade Fiscal do Estado de São Paulo). Atualmente o veículo autuado pode participar do PMMVD (Programa de Manutenção e Melhoria de Veículos a Diesel). Por esse programa, após a primeira autuação, o proprietário do veículo autuado, pode se dirigir a uma oficina credenciada e realizar o teste de opacidade e estando dentro do limite estabelecido pela legislação e aprovado, o proprietário do veículo recebe desconto de 70% no valor da autuação, válido somente para a primeira autuação. Se reincidente no período de um ano, o veículo autuado pode ter o valor aumentado até atingir o valor máximo de 240 UFESP, ou seja, até 4 vezes o valor da primeira autuação.

Na **Figura 20** é apresentada a Escala de Ringelmann que é de fácil aplicação e permite visualizar emissões de fumaça preta acima do estabelecido pela legislação.

Figura 20 - Escala de Ringelmann



Cod.3.3.0279-810.

Fonte: CETESB (2020c)

A Escala de Ringelmann é um instrumento que possui tonalidades variando da cor cinza ao preto dentro das densidades nº 1- 20%, nº 2- 40%, nº 3- 60%, nº 4- 80% e nº 5- 100%. Este instrumento ainda é muito utilizado na fiscalização de emissões de fumaça, permitindo

identificar veículos que emitem fumaça preta acima do padrão estabelecido pela legislação, o que causa danos à saúde da população e ao meio ambiente.

A fiscalização de fumaça preta é de suma importância, visto que os veículos com motores desregulados e desconformes com a legislação Estadual, apresentam-se em grande número nas rodovias e vias de maiores fluxos.

4.4.3 Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989

Em 1989 foi criado o PRONAR - Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar que prevê:

I - Instituir o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do País de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas a:

- a) uma melhoria na qualidade do ar;
- b) o atendimento aos padrões estabelecidos;
- c) o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

O PRONAR tem como objetivo estabelecer diretrizes para gestão da qualidade do ar.

Algumas orientações são apresentadas para que seja estabelecida a melhor condição para cumprimento desta resolução como Classificação das áreas, monitoramento da Qualidade do ar, no qual o item 2.4 da Resolução CONAMA nº5 de 1989 sugere que seja criado uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar a ser implementada a médio prazo. Outras medidas como a continuação do Inventário Nacional de Fontes de Emissões, também seriam relevantes.

Entre os instrumentos do PRONAR para gestão da qualidade do ar, estão:

- Limites máximos de emissão;
- Padrões de Qualidade do Ar;
- PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, criado pela Resolução CONAMA Nº 018/86;
- PRONACOP - Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial;
- Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar;
- Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar
- Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar.

4.4.4 Resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990

Em 28 de junho de 1990 foi estabelecida a resolução CONAMA nº 003, que definiu os padrões de qualidade do ar como valores que, se ultrapassados, podem causar danos à saúde humana, ocasionar danos a flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Na **Tabela 6** são apresentados os padrões de qualidade do ar constantes da resolução CONAMA 03/1990, conforme poluente, tempo de amostragem, padrão primário, padrão secundário e método de medição.

Tabela 6 - Padrões de Qualidade do Ar CONAMA 03/1990

Padrões de Qualidade do Ar CONAMA 03/1990				
Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão	24 horas	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA	80	60	
Fumaça	24 horas	150	100	Refletância
	MGA	60	40	
Partículas Inaláveis	24 horas	150	150	Separação Inercial/filtração
	MGA	50	50	
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	365	100	Pararosalina
	MAA	80	40	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40000 (35 ppm)	40000 (35 ppm)	Infravermelho Não dispersivo
	8 horas	10000 (9ppm)	10000 (9ppm)	
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190	Quimiluminescência
	MAA	100	100	
Ozônio	1 hora	160	160	Quimiluminescência

MGA: concentração média geométrica anual

MAA: média aritmética anual

Padrões Primários: concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população

Padrões Secundários: concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Fonte: CONAMA (1990)

A Resolução CONAMA, 1990 serviu por muitos anos como referência para controle dos poluentes relativos à poluição do ar, e foi revogada pela Resolução CONAMA 491/2018 que estabeleceu padrões mais restritivos para alguns poluentes.

Na **Tabela 7** são apresentados os padrões de qualidade do ar da resolução CONAMA 491/2018, conforme poluente atmosférico, período de referência e as metas estabelecidas com os respectivos valores limites.

Tabela 7 - Padrões de qualidade do ar CONAMA 491/2018

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
Material Particulado - MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP2,5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre – SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio – NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão-PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo – Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

1-média aritmética anual

2- média horária

3-máxima média móvel obtida no dia

4-média geométrica anual

5-medido nas partículas totais em suspensão

Fonte: CONAMA 491 (2018)

Analisando os padrões propostos pela resolução CONAMA 491/2018 tem-se alguns parâmetros que são mais restritivos em relação à resolução CONAMA 03/1990. Pode-se observar que o padrão referente a partículas inaláveis foi substituído pelo MP₁₀ e MP_{2,5} e valores mais restritivos relacionados ao NO₂, e SO₂. Os valores da Resolução CONAMA 491/2018 estão mais próximos aos valores-guia recomendados pela OMS em 2005. Desta forma ocorreu uma evolução no controle de poluição atmosférica nestes anos, com valores mais restritivos dos poluentes de acordo com essa nova legislação.

Em relação aos critérios para episódios agudos de poluição do ar alguns valores permaneceram os mesmos com algumas exceções de novos parâmetros e concentrações como o caso do ozônio na Resolução 491/2018, na qual os limites são menores do que na Resolução CONAMA 03/1990. Esses episódios raramente são atingidos e seria muito prejudicial à saúde caso essas concentrações ocorressem.

4.4.5 PROCONVE

Pela grave situação da qualidade do ar nos anos 1980, principalmente na cidade de São Paulo, foi criado um plano para controle das emissões veiculares. Esse plano proporcionou que elevado número de veículos emitissem menos poluentes para atmosfera, tanto nos grandes centros urbanos quanto em locais com menor frota veicular.

Em 1977 a CETESB inaugurou seu laboratório de emissão veicular, que foi um avanço para o meio ambiente e para saúde pública. Outra ação muito benéfica foi a substituição do álcool ao chumbo tetraetila, mas ainda assim deveriam ser realizados mais esforços em questões de poluição veicular. Um grupo de técnicos da CETESB continuou os trabalhos auxiliados por Michael Walsh, Consultor da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, e redigiu um documento que solicitava avanço nas exigências para controle da emissão de poluentes por veículos (CETESB, 2017b).

Este documento, uma minuta, foi entregue ao governador à época e ao Secretário Especial Paulo Nogueira Neto (Secretaria Especial de Meio Ambiente ligada à Presidência da República), que em seguida encaminhou ao CONAMA, onde foi criada a Resolução CONAMA 18/1986, que estabelecerá medidas e políticas para o controle de emissões veiculares de longo prazo (CETESB, 2017b).

O PROCONVE pertence à esfera federal e a CETESB participa do PROCONVE como agente técnico conveniado do IBAMA na realização de testes de emissões e discussões a respeito da implantação de limites mais restritivos relativos à emissão veicular. Alguns fatores são de suma importância para diminuição das emissões veiculares como qualidade do combustível e tecnologia dos motores.

O PROCONVE, que teve a sua primeira base na Resolução a CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986 atua no controle de emissões de veículos Otto e Diesel, tendo como objetivo manter um programa para diminuição da emissão de poluentes veiculares. Faz parte das atribuições do PROCONVE:

- reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos;
- promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes;
- criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso;
- promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores;

- estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados;
- promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera;

De acordo com esta Resolução, o PROCONVE deverá contar com a participação de vários ministérios, órgãos estaduais e municipais de controle da poluição ambiental, associações legalmente constituídas para defesa dos recursos ambientais, associações representativas dos fabricantes de motores, veículos automotores, equipamentos de controle de emissão e autopeças, bem como outros órgãos e entidades afetos ao programa.

É de grande importância a participação desses órgãos para tomadas de decisões a respeito de novas tecnologias nos combustíveis ou nos veículos e para que sejam empregadas, reduzindo o impacto das emissões veiculares na saúde da população. Com isso, é exigida a modernização das fábricas, para produção de veículos com melhores tecnologias de emissões e, que emitam menos poluentes.

4.4.6 Resolução CONAMA 492/2018

Os esforços continuam para que se diminuam as emissões veiculares e com isso novas resoluções estão sendo aprovadas e implementadas. Em 2018 foi lançada a Resolução 492, que estabelecendo as fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 estabelecendo novos limites de emissões veiculares para minimizar as emissões.

Na **Tabela 8**, são apresentados os níveis de emissão para veículos fase PROCONVE L8, com as respectivas emissões e tipos de veículos.

Nesta tabela são observadas as emissões limites para os veículos serem homologados, levando em conta o total de emissões como será apresentado na Tabela 13, ou seja, se determinada empresa lança um veículo com valores de emissões acima de outro modelo, esta deve compensar com modelos de valores inferiores. Dessa forma, são observados valores mais altos de alguns modelos a ser compensado em outros modelos, como é observado no nível 320, onde o nível de emissão é maior, e o nível 20 onde as emissões são menores, ou até chegar à emissão nula com o nível 0 onde poderia ser implementado o veículo elétrico.

Tabela 8 - Níveis de emissão para veículos fase PROCONVE L8

			NMO G + NOx	MP ⁽¹⁾	CO	Aldeído s ⁽³⁾	NH3 ⁽²⁾	Evaporativ a ⁽³⁾	Emissão de abastecime nto	
			mg/k m	mg/k m	mg/k m	mg/km	ppm	g/ensaio	mg/L	
		Nív el								
Veículo s leves comerci ais diesel	Veículo s leves comerci ais ignição por centelha , acima de 1700 kg de ME (4)	Veículos leves de passagei ros e comerci ais leves até 1700 kg de ME (4)	320	320	20	1000	-	10	0,5	50
			280	280	20	1000	-			
			250	250	20	1000	-			
			220	220	10	1000	-			
			200	200	10	1000	-			
			170	170	9	1000	-			
			140	140	6	1000	15			
			110	110	6	1000	15			
			80	80	6	1000	15			
			70	70	4	600	10			
			60	60	4	600	10			
			50	50	4	600	10			
			40	40	4	500	10			
			30	30	3	500	8			
20	20	2	400	8						
0	nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula	

Fonte:

Fonte: CONAMA 492 (2018)

Na **Tabela 9**, são apresentados os limites máximos de emissão de poluentes corporativo para veículos da Fase PROCONVE L8, de acordo com a data de implantação e nível corporativo dos veículos. São apresentados os limites corporativos, os valores de emissões para os anos de 2025, 2027, 2029 e 2031, que são os valores limites de emissões somados por cada categoria de veículo, que corresponde ao valor total de cada empresa no que refere-se aos limites de emissões. No decorrer dos anos, os limites de emissões se tornam mais restritivos, e é esperado que, até 2031, novos modelos de veículos sejam lançados, viabilizando o aumento de veículos elétricos em circulação, contribuindo para redução das emissões veiculares.

Tabela 9 - Limites máximos de emissão de poluentes corporativo para veículos da Fase PROCONVE L8

Data de Implantação	Nível corporativo Veículos leves comerciais	Nível corporativo Veículos leves de passageiros
01/01/2025	140	50
01/01/2027	110	40
01/01/2029	50	30
01/01/2031	30	30

Fonte:

Fonte: CONAMA 492 (2018)

4.5 LEI DE SUBSTITUIÇÃO DA FROTA DE ÔNIBUS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Em 24 de janeiro de 1991 foi aprovada a Lei municipal 10950 que exigia a substituição paulatina dos ônibus movidos a diesel para gás natural. No entanto, esta lei foi revogada pela Lei 13241/2001 que dispõe sobre a organização dos serviços do sistema de transporte coletivo urbano de passageiros na cidade de São Paulo. Ambas não tiveram seu cumprimento exercido.

Em 2009, em uma nova oportunidade, foi elaborada a lei 14933 que se refere a lei de mudanças climáticas e que também não se cumpriu. Atualmente a lei 16802, de 17 de janeiro de 2018, dispõe sobre o uso de fontes motrizes de energia menos poluentes e menos geradoras de gases do efeito estufa na frota de transporte coletivo urbano do Município de São Paulo com a substituição da frota, de modo gradual, por novos veículos. O artigo 9 dessa lei dispõe que:

Os operadores de serviço de transporte coletivo por ônibus, integrantes do Sistema de Transporte Urbano de Passageiros do Município de São Paulo, empresas que prestam serviços de coleta de lixo no Município de São Paulo, as pessoas jurídicas e físicas que mantenham contratos com a Administração Pública Direta e Indireta, pessoas jurídicas e físicas proprietárias e/ou possuidoras de ônibus fretados e que realizem o transporte de passageiros no âmbito do Município de São Paulo ou que nele adentrem, como também toda a frota de veículos de carga, independentemente de capacidade e modelo, que abasteçam a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP e, finalmente, toda a frota de veículos de transporte intermunicipal de passageiros, independentemente de capacidade e modelo, que adentrem no Município de São Paulo devem observar o disposto nesta lei, inclusive os cronogramas de transição e as metas intermediárias e finais de redução de emissão de gases poluentes a serem definidos pelo Poder Público. § 1º O descumprimento do disposto no "caput" do art. 9º desta lei acarretará ao infrator multa mensal de R\$ 3.000,00 (três mil reais) por cada unidade veicular irregular a ser recolhida em favor do Fundo Municipal de Financiamento do Programa de Substituição e Melhoria Ambiental de Frota (São Paulo, 2018).

Os limites de redução de poluentes estipulados nessa legislação referem-se ao CO₂, MP e NO_x. As reduções desses poluentes representam avanços na questão de saúde e ambiental, resultando em menores impactos.

Na **Tabela 10** são apresentados os valores a serem atingidos para redução do CO₂ de 50% ao final de dez anos e 100% ao final de vinte anos, esses valores são referentes a frota veicular de 2016. Esse monitoramento é importante para que as reduções de emissões continuem nos anos seguintes até emissão nula de CO₂. Essa medida é uma ferramenta para ser aplicada também em outros municípios que se comprometam com a redução de emissões em suas frotas, pois quando adentrarem no município de São Paulo estarão colaborando com menores emissões.

Tabela 10 - Valores a serem atingidos para redução do CO₂

Parâmetro	Ao final de 10 (dez) anos	Ao final de 20 (vinte) anos
CO ₂ de origem fóssil	50%	100%

Fonte: SÃO PAULO (2018)

Na **Tabela 11** são apresentados os valores a serem atingidos para redução do MP ao final de dez anos de 90%, e 95% ao final de vinte anos. Para NO_x deve diminuir 80% ao final de 10 anos, e 95% ao final de vinte anos.

Na **Tabela 11** são apresentados os valores de redução para MP e NO_x, sendo esses parâmetros utilizados por grande parte da frota de veículos pesados e ônibus movidos a diesel principais precursores da emissão destes poluentes. Assim como para CO₂ esses parâmetros são relativos à frota de 2016. Também neste caso, esforços são relevantes no monitoramento constante desses poluentes até a emissão nula.

Tabela 11 - Valores a serem atingidos para redução do Material Particulado e Óxido de Nitrogênio

Parâmetro	Ao final de 10 (dez) anos	Ao final de 20 (vinte) anos
Material Particulado	90%	95%
Óxido de Nitrogênio	80%	95%

Fonte: SÃO PAULO (2018)

Essa lei começou vigorar em janeiro de 2018 e já teve alteração. Algumas entidades percebem um atraso no cumprimento da meta. O IEMA (Instituto de Engenharia e Meio Ambiente) está implantando uma ferramenta para monitorar a implantação da lei e sua velocidade de implantação, bem como se as metas estabelecidas estão distantes ou próximas e no ritmo adequado. Segundo a prefeitura a demora se dá pelo tempo de preparação para se adequar, como os pedidos de editais e a compra de novos equipamentos (GLOBO, 2019).

De acordo com o Decreto nº 58.900, de 01 de agosto de 2019 foi criado um comitê gestor para acompanhamento da substituição da frota por alternativas mais limpas. É importante que haja um acompanhamento nos trabalhos para certificar-se de que agora a lei seja cumprida, diferente do que foi feito anteriormente. De acordo com a Lei de mudanças climáticas 14933/2009, a saúde de milhares de pessoas foi comprometida em razão das emissões da frota a diesel no município de São Paulo e a prorrogação da lei. Por essa razão, é tão importante a utilização de ônibus com baixa emissão de poluentes.

Essa é uma das alternativas de substituição dos veículos mais poluentes por fontes mais limpas. Levando em consideração o custo com as doenças e mortes causadas pelas emissões dos veículos diesel, as medidas se mostram compensatórias devido à economia que será feita no tratamento dessas doenças.

4.6 EXPERIÊNCIAS DE OUTROS PAÍSES

Alguns países e algumas ações adotadas no Brasil apresentam ferramentas de controle de emissões, incluindo políticas e legislações de curto, médio e longo prazo. Essas medidas poderiam ser utilizadas como modelos para implantação de mecanismos que promovam o monitoramento da qualidade do ar e o planejamento das ações atuais e futuras.

As legislações internacionais apresentadas neste capítulo, mostram ações realizadas por outros países para o combate da emissão de poluentes e, que poderiam servir de referência à gestão estadual e nacional para no monitoramento de poluentes no Brasil.

4.6.1 Diretriz Européia 2016/2284

Essa diretiva trata da redução da poluição atmosférica e dos riscos a ela associados. Exigia que, até 1 de abril de 2019, todos os países membros apresentassem um Plano Nacional de Controle de Poluição Atmosférica (PNCPA) que deve ser atualizado regularmente, pelo menos de 4 em 4 anos (UE, 2016).

A diretiva inclui novos compromissos para diminuição da emissão dos poluentes como óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), amônia (NH₃), compostos orgânicos voláteis não metanos (COV-NM) e partículas finas (MP_{2,5}) (UE, 2016).

O Plano Nacional de Controle de Poluição Atmosférica permitiria o planejamento do controle de emissões “devido à capacidade em avaliar e planejar a qualidade do ar nos anos seguintes como projeções da qualidade do ar em determinadas regiões, datas e prazos estipulados dos avanços e desafios para reduzir os poluentes que afetam a qualidade do ar em determinada região da Europa” (UE, 2019).

Os Estados Membros ainda encontram desafios para entrega dos PNCPA e atendimento as emissões da Comissão Européia. No entanto, os PNCPA mostrariam que existe um planejamento para redução nos próximos anos, sem o que estariam sujeitos a sanções.

4.6.1.2 Emissões projetadas e reduções de emissões (cenário com leituras)

Políticas de incentivos podem impactar diretamente as emissões de poluentes. Políticas de tributação podem incentivar o uso de combustível diesel e ocasionar maior emissão de MP_{2,5} e NO_x, regulamentadas pela Diretiva (UE) 2016/2284. Nesse sentido seria recomendável que as políticas para energias limpas tivessem cada vez mais reflexo na melhora da qualidade do ar e na redução das emissões de poluentes (UE, 2019).

4.6.2 Plano de controle de poluição atmosférica da Bélgica

O plano de controle de poluição atmosférica da Bélgica serve como exemplo de monitoramento e eficiência de medidas de redução de emissões.

A Bélgica tem a intenção de até 2050 ter uma qualidade do ar que não faça mal a população, e traga conforto para os moradores. Para que isso ocorra será realizada uma redução drástica nas fontes antropogênicas desse país (NAPCP BELGIUM, 2019).

É muito relevante a política relacionada a mobilidade, e preocupação para que se reduzam as quilometragens percorridas pelos veículos para diminuir a emissão de poluentes e de ruído (NAPCP BELGIUM, 2019).

Ao desenvolver o plano, fatores importantes foram levados em consideração tais como: áreas de clima e energia, mobilidade, ordenamento do território, conservação da natureza, abordagem baseada em programas para o nitrogênio, vida mais saudável, saúde e a política do ambiente interno (NAPCP BELGIUM, 2019).

Para atingir os objetivos do plano foi dada especial atenção ao tráfego rodoviário, devido ao impacto das emissões atmosféricas (NAPCP BELGIUM, 2019).

1. Redução da quilometragem percorrida em estradas para um máximo de 51,6 bilhões de quilômetros-veículos até 2030.
2. A frota de veículos utilizará combustíveis sustentáveis e as cidades terão baixas emissões até 2030.
3. As diferenças entre o desempenho ambiental atual e o pretendido serão reduzidas o mais rápido possível.
4. A qualidade do ar em áreas residenciais será melhorada até 2030, em relação a exposição proveniente do tráfego de veículos.

A política de mobilidade está embasada em aspectos como a quilometragem percorrida por veículo, e um sistema inteligente de mobilidade a fim de utilizar um transporte mais alternativo e suave. Os veículos a diesel também são alvos do Plano Belga e há interesse em reduzir drasticamente a emissões dos veículos que permanecerão em circulação depois de 2030. Também está sendo melhorado o procedimento de acreditação e certificação dos testes veiculares e combatidas as fraudes no que diz respeito a emissões de poluentes dos veículos nas ruas e estradas. Para que isso avance está sendo revista a tributação referente ao tráfego, e realizados novos ensaios referentes a emissões (NAPCP BELGIUM, 2019).

Municípios que pretendem introduzir áreas de baixas emissões ULEZ, contam com incentivos do governo (NAPCP BELGIUM, 2019).

4.6.2.1 Região da Valônia

Essa região também tem interesse em diminuir a quantidade de quilômetros percorridos por viagem e utilizar veículos mais respeitadores do meio ambiente. Algumas medidas incluem (NAPCP BELGIUM, 2019):

- Veículos verdes como os elétricos.
- Restringir o uso de veículos mais poluentes e promover sua eliminação gradativamente de acordo com a norma EURO para veículos entre 2023 e 2030.
- Implantação de zonas de baixa emissão que reduzirá significativamente a emissão de poluentes onde o NO_x poderá reduzir significativamente até 83% entre 2017, 2020 e 2030.

4.6.2.2 Bruxelas

A melhoria da qualidade do ar tem grande importância para região de Bruxelas. Desde 2016 a capital desenvolveu uma política integrada no que se refere a qualidade do ar, mudanças climáticas e energia, aproveitando os mecanismos utilizados nesses três setores, sendo que esses contribuem para os gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos (NAPCP BELGIUM, 2019).

Os veículos mais poluentes serão progressivamente proibidos de circular na cidade de Bruxelas. Em 2018, os veículos a diesel com atendimento à norma Euro 1 ou sem atendimento as normas Euro foram banidos. Em 2019, os veículos a diesel sujeitos à norma Euro 2 e os veículos a gasolina não são sujeitos a nenhuma Euro ou sujeitos à norma Euro 1 também foram proibidos. Estes critérios tornar-se-ão progressivamente mais rigorosos até 2025. A zona de baixa emissões diz respeito a automóveis particulares, vans ≤ 3,5 toneladas e autocarros e ônibus, se registrados na Bélgica ou em outros países (com certas exceções) (NAPCP BELGIUM, 2019).

Além da zona de restrição, o governo de Bruxelas anunciou a proibição total de veículos a diesel na região, a partir de 2030. Será avaliada a diminuição gradual dos veículos a gasolina. Dessa forma o governo concentrou-se no desenvolvimento de veículos menos poluidores, e os já existentes, como os elétricos, híbridos e veículos a gás natural (NAPCP BELGIUM, 2019).

Após a implantação da *Low Emission Zone* (LEZ), foi realizada uma avaliação onde foi constatado que as emissões de NO_x, reduziram a partir da implantação da zona de baixa emissão, diminuindo em 4,7% em seis meses. As emissões descritas nos inventários de emissões de 2016 e 2017 foram semelhantes. No que diz respeito as emissões do transporte rodoviário, baseado em projeções, com o LEZ, as emissões de NO_x na capital Bruxelas diminuiria cerca de 32% até 2020 e 66% até 2025 em relação aos níveis de 2015 (NAPCP BELGIUM, 2019).

4.6.3 Reino Unido

Medidas estão sendo utilizadas para uso do veículo elétrico a fim de reunir as empresas de energia e indústrias automotivas, e planejar a futura incorporação em que a demanda de energia possa responder de forma sustentável e eficiente à necessidade de energia dos veículos elétricos (UK, 2018).

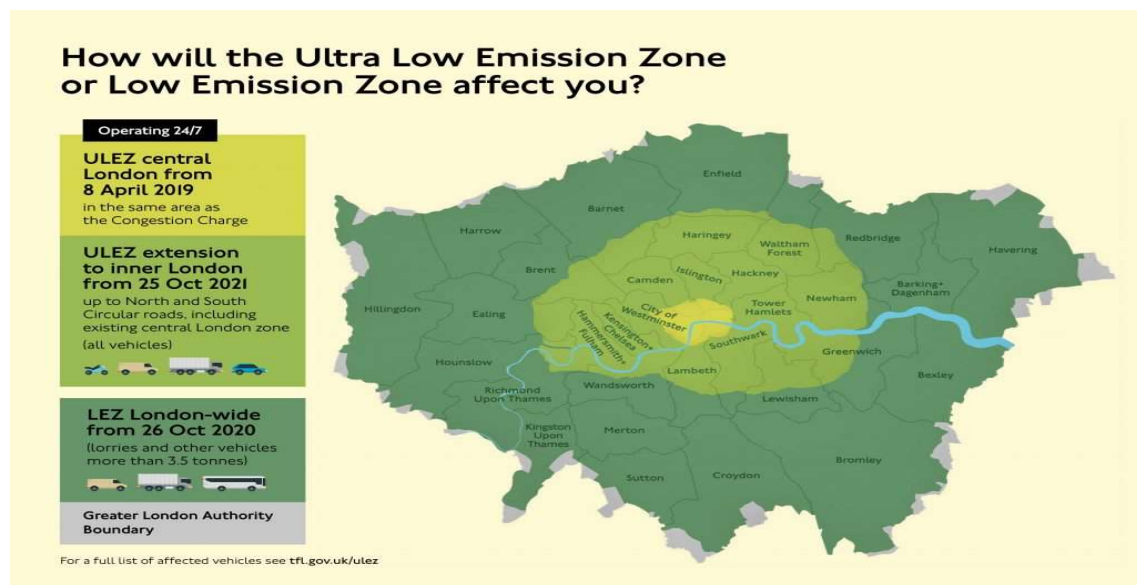
Além do esforço para introdução dos veículos elétricos, serão investidos 40 milhões de libras esterlinas para pesquisa e desenvolvimento para o carregamento de baterias do veículo elétrico sem fio e de baixo custo (UK, 2018).

4.6.3.1 Zonas de restrição

Em Londres foi implantada a Zona de Ultrabaixa Emissão (ULEZ), determinando que os veículos fora do novo padrão de emissões (veículos a gasolina que não atendem aos padrões Euro 4 e veículos a diesel que não atendem aos padrões Euro 6) terão que pagar uma taxa diária. Os veículos a gasolina que atendem aos padrões estão amplamente disponíveis desde 2006. Haverá dois níveis de cobrança da ULEZ: £ 12,50 por dia para carros, vans e motos e £ 100 por dia para caminhões, ônibus (LONDON, 2019).

Na **Figura 21** é apresentada a data de operação e localização das zonas de restrição na cidade de Londres (Grande Londres) apresentando as fases de implantação em 2019, 2020 e 2021 e as datas de ampliação dessas zonas. Essa medida contribuirá significativamente para diminuição dos poluentes nessas áreas, e contribuirá para melhora da saúde das pessoas na cidade.

Figura 21 - Data de operação e localidade das zonas de restrição na cidade de Londres



Fonte: MARBLE-ARCH.LONDON (2019)

4.6.4 Estratégia para plano de implementação do Estado da Califórnia de 2016

A agência da Califórnia, *Air Resources Board (ARB)* formulou estratégia para executar o Plano de Implementação do Estado (*SIP*), elaborado em 2016, nos próximos 15 anos, que tem como o alvo atender aos padrões federais de qualidade do ar que foram estabelecidos baseados em efeitos à saúde, em relação a ozônio e $MP_{2.5}$. Pela legislação estadual o *ARB* é responsável pelas fontes móveis, como carros e caminhões e os distritos pelas fontes estacionárias. Considerando a revisão dos padrões de qualidade do ar federais para níveis mais restritivos, de maior proteção à saúde, reduções substanciais serão necessárias nas emissões tanto de fontes móveis como das estacionárias atender a estes novos padrões. Isto exigirá ações abrangentes de

transformação de tecnologias e alteração dos combustíveis que são utilizados, o *design* das comunidades e a forma como são transportadas pessoas e mercadorias em todo o Estado. (ARB, 2016)

Conforme *ARB*, já se obteve enorme sucesso no controle de emissões de NO_x de fontes móveis. A continuidade da implementação dos programas em curso resultará em mais reduções substanciais até 2031 e será uma ação significativa para o cumprimento das normas de qualidade do ar. Mesmo assim, mais reduções serão necessárias. Avaliações da tecnologia identificaram a próxima geração tanto de tecnologias como de combustíveis que estão se tornando disponíveis para a transição da Califórnia para um sistema de transporte mais limpo e eficiente.

O estado da Califórnia tem programa de verificação de veículos em uso denominado *Smog Check* que é uma parte importante dos esforços para melhorar o ar. Este programa visa identificar veículos com excesso de emissões para que devem ser reparados adequadamente. O Programa reduziu muito a poluição do ar proveniente de milhões de carros que rodam na Califórnia. (BAR, 2019)

4.6.4.1 Maior implantação de tecnologias limpas: veículos leves comerciais

As medidas destinam-se a propor novas ações para redução de emissões para a Califórnia e a Costa Sul, sendo necessárias ações como: aumento da eficiência no transporte com veículos autônomos e, veículos com emissões nulas ou quase nulas. As reduções de emissões serão alcançadas através de uma combinação de ações a empreender tanto pela *ARB* como pela Costa Sul (ARB, 2016).

Expandir e melhorar os incentivos existentes e outros programas de financiamento inovadores para os veículos comerciais leves, a fim de acelerar a substituição dos veículos mais antigos por veículos que atendam um nível de emissões LEV III (*Low Emission Vehicle Program*) ou superior (ARB, 2016).

Outras medidas se colocam necessárias frente a redução ao VMT (milhas percorridas por veículo), minimizando as emissões de poluentes pela diminuição de menores circulações de veículos em trânsito, de acordo com a (ARB, 2016) bem como sistemas de transportes inteligentes. Após 2023 outras ações são necessárias para reduzir novas emissões e o financiamento de incentivos poderia colaborar para essa redução, tais como:

- Reduzir o crescimento de milhas percorridas por passageiros e oferecer melhor mobilidade com oferta de alternativas de transportes e foco no crescimento dentro dos limites urbanos existentes.

- Lei de proteção às comunidades e ao clima;

- O desenvolvimento de veículos autônomos e conectados poderia oferecer mudanças nas estradas, poderia contribuir para redução de VMT, congestionamento e uso do petróleo. Essas tecnologias são emergentes e devem ser analisadas suas experiências de uso, mas também oferece a sinergia para transição de veículos com zero emissões.

- Mudança no funcionamento de veículos leves rodoviários que reduzam a quilometragem percorrida por viagens, congestionamento e uso de combustíveis fósseis e sinergias para substituição de veículos com emissão zero.

- Para essas ações a *ARB* desenvolveria ações para detectar possíveis falhas no motor dos veículos, incluindo:

- Emendas às atuais inspeções periódicas de fumaça e serviço pesado da *ARB*;
- Programas de inspeção e revisão do limite de opacidade atual dos veículos e benfeitorias no programa;
- Melhorias às disposições de garantia e vida útil;
- Alterações às disposições de demonstrações de durabilidade no âmbito de certificação aplicáveis aos motores pesados;
- Alterações nos ensaios para motores pesados a diesel;
- Inspeção e manutenção exaustivas dos veículos pesados.

4.7 SISTEMAS RETROFIT PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE VEÍCULOS DIESEL EM USO

Apesar do motor diesel apresentar vantagens como a utilização em trabalhos que utilizam movimento de cargas mais elevadas, como ônibus, caminhões de pequeno e grande portes, as emissões de NO_x , MP e SO_2 ainda são preocupantes e segundo a literatura científica, estão relacionadas a problemas de saúde pública.

Embora a legislação tenha avançado em relação aos veículos diesel, com introdução de tecnologias de redução de emissões, ainda há grande quantidade de veículos antigos emitindo concentrações elevadas de poluentes na atmosfera. Algumas tecnologias ou dispositivos existem para redução da emissão como é o caso dos conversores catalíticos de oxidação e os filtros de partículas. Mas para que isso ocorra, na forma de retrofit, de forma eficaz, é necessário a adoção de procedimentos técnicos de verificação das tecnologias disponíveis.

Sistemas “Retrofit” podem ser definidos como ações ou equipamentos que podem ser aplicados em motores ou veículos já em uso e que possibilita a sua utilização tecnológica para emissão de poluentes. Representa uma maneira rápida de reduzir significativamente as emissões de uma dada frota de veículos, uma vez que não dependem, necessariamente, do sucateamento e substituição dessa frota. São uma forma custo-efetiva de acelerar a introdução das tecnologias modernas e promover a extensão da vida útil de veículos com benefícios ambientais significativos (BRANCO, 2007).

Os sistemas de retrofit não oferecem uma mudança completa de tecnologia nos veículos, e não há necessidade de atender aos valores determinados pelo PROCONVE, para veículos novos. De toda forma, quando instalados, os sistemas retrofit promovem uma mudança significativa relacionada a emissão de poluentes (BRANCO, 2007).

A instalação dos sistemas retrofit apresenta algumas desvantagens como o seu alto custo. Isso implica em dificuldade para os veículos mais antigos, onde justamente seriam mais úteis, mas que são de propriedade de indivíduos e empresas de menor renda. Há uma competição de recursos pois o ideal é sempre a renovação da frota, com a aquisição de novos modelos. Alterar configurações originais de veículos também podem trazer outros prejuízos, especialmente em veículos que já contam com sistemas de controle que podem ser danificados, ou mesmo introduzir modificações que comprometam requisitos de segurança dos veículos.

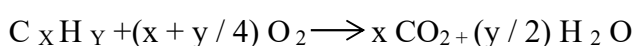
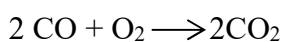
Alguns sistemas de pós-tratamento de gases de exaustão de motores diesel, de acordo com suas características são apresentados a seguir, alguns desses sistemas utilizam-se também em projetos de veículo novas convencionais como o DOC - (*Diesel Oxidation Catalyst*) DPF (*Diesel Particulate Filter*), SCR (*Selective Catalytic Reduction*) e o EGR (*Exhaust Gas Recirculation*).

4.7.1 DOC conversor catalítico de oxidação diesel (*diesel oxidation catalyst*)

Aplicáveis para redução da emissão de CO, HC e partículas, com teores de enxofre no combustível até 500 ppm. Esse sistema queima a fração orgânica solúvel (HCs adsorvidos) das partículas no gás de escapamento e podem reduzir a massa de material particulado entre 25% e até 50%, dependendo da sua composição, os odores emitidos pelo gás de escapamento também podem ser eliminados. Dependendo de suas características podem reduzir em mais de 90% as emissões de CO, de HC tóxicos e de aldeídos no gás de escapamento. É aceito até 500 ppm de enxofre no combustível, mas como o teor de enxofre tem relação direta com a formação de material particulado, quanto menor for o teor de enxofre menor será a emissão de MP (BRANCO, 2007).

Esses sistemas são utilizados desde 1991 nos veículos de passageiros na Europa e, também foram utilizados nos EUA em determinado período (UMICORE, 2020).

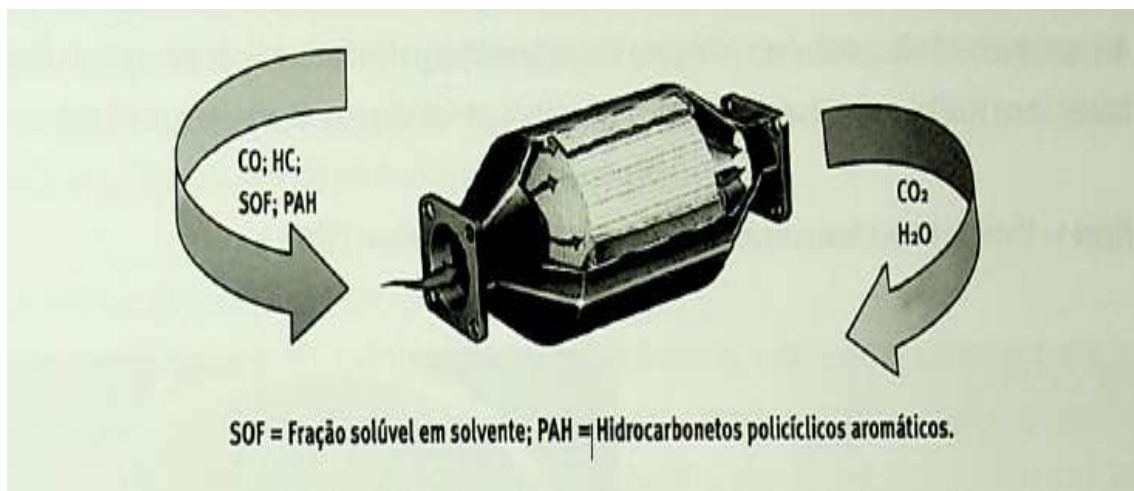
A redução da quantidade de poluentes, segundo a reação é apresentada a seguir com temperatura acima de 100°C



Hidrocarbonetos de cadeia longa são adsorvidos nas partículas. Esses hidrocarbonetos de cadeia longa são resultados de combustível não queimado e óleo lubrificante, geralmente considerados com fração orgânica solúvel (SOF). Os DOCs são capazes de oxidar NO a NO₂, que são úteis nos sistemas de pós-tratamento de DOC e SCR, permitindo uma rápida redução de NO_x pelo NH₃ nas tecnologias SCR (UMICORE, 2020).

Na **Figura 22** é apresentada a operação do conversor catalítico de oxidação para diesel. Observa-se que os poluentes CO, HC, SOF e PAH (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) passam pelo conversor catalítico, onde ocorre a reação que tem como produto CO₂ e H₂O. Este tipo de conversor é muito útil para reduzir as emissões, seu uso reduz a emissão de grandes quantidades de poluentes na atmosfera. É importante que esse sistema esteja em conformidade com o estabelecido pelo fabricante e que respeite sua vida útil realizando a troca no período necessário.

Figura 22 - Operação do conversor catalítico de oxidação para diesel



Fonte:

Fonte: BRANCO (2007)

4.7.2 DPF: Filtro de partículas (*Diesel Particulate Filter*)

O filtro de partículas de fluxo total são aplicáveis com teores de enxofre no combustível até 50 ppm (BRANCO, 2007).

Desde 2005 o filtro de partículas diesel tem sido empregado nos modernos motores diesel, reduzindo as partículas emitidas (UMICORE, 2020).

O material particulado é removido dos gases de escape por filtração física usando uma estrutura alveolar semelhante a um substrato do catalisador de emissões, mas com canais bloqueados nas extremidades alternativas. Sendo assim o gás passa pelo caminho alternativo e os canais bloqueados, onde o material particulado fica depositado. Esses filtros são feitos de materiais cerâmicos em formato de favo de mel (cordierita, carboneto de silício ou titanato de

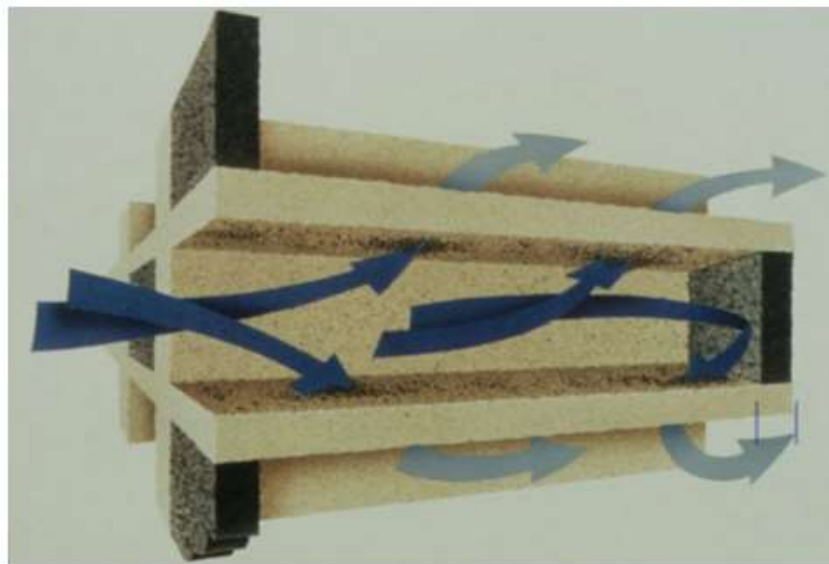
alumínio). Como o material particulado fica depositado no filtro, é necessário sua regeneração que é realizada a altas temperaturas a fim de queimar as partículas presentes (UMICORE, 2020).

A técnica de regeneração automática com reação química com oxidantes, utiliza catalisadores para reduzir a temperatura de ignição da fuligem, muito aplicado aos veículos sujeitos a congestionamentos, pois reduzem a temperatura dos gases. O agente catalisador pode ser impregnado no próprio filtro ou um DOC é associado ao DPF para transformar o NO emitido pelo motor em NO₂ que oxida continuamente a fuligem coletada, sendo o sistema conhecida como CRT (*continuous regeneration technology*) (BRANCO, 2007)

Este revestimento atua para redução de CO e HC devido à oxidação e, também pode formar NO₂ para ser aplicado a um catalisador SCR (UMICORE, 2020).

Na **Figura 23** é apresentado o filtro cerâmico para particulado diesel que faz a retenção das partículas de diesel. Pode ser observado o fluxo dos gases de escape através da parede cerâmica. As partículas ficam retidas nas paredes impedindo que sejam emitidas para a atmosfera. É importante que a regeneração do filtro seja eficiente para que atenda a legislação referente a emissões veiculares.

Figura 23 - Filtro cerâmico para particulado diesel



Fonte: UMICORE (2020)

4.7.3 SCR: Sistema de Redução Catalítica Seletiva (*Selective Catalytic Reduction*)

Aplicáveis para a redução de NO_x, o SCR é livre de metais preciosos e é operado com excesso de oxigênio com amônia através do aditivo ARLA32, que consiste em uma solução de água desmineralizada com ureia técnica de alta pureza. Essa ureia em decomposição forma amônia que é dosada no tubo de escape acima do catalisador SCR (UMICORE, 2020).

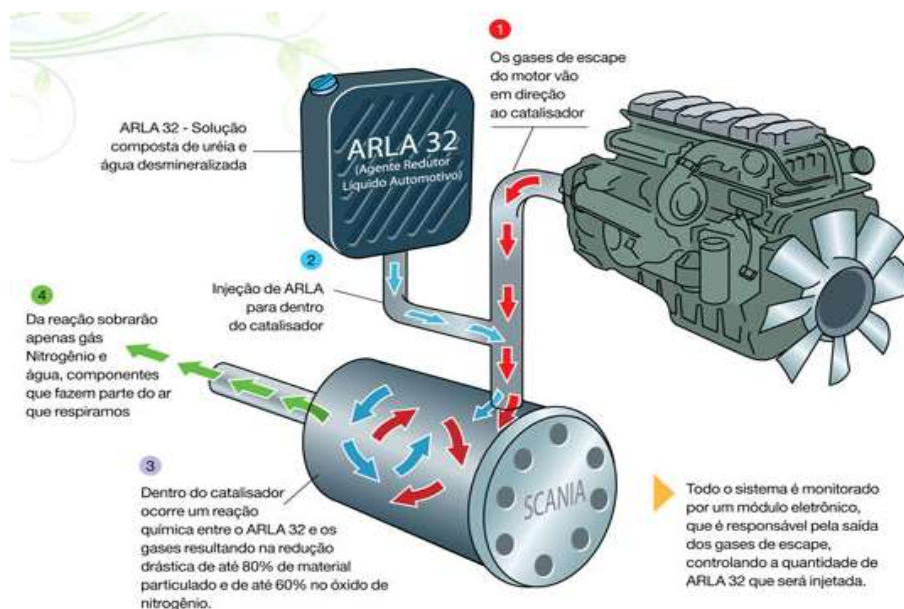
Um sistema eletrônico controle a dosagem de uréia no sistema, é necessário que a reação ocorra em temperatura mínima de exaustão de 160°C (UMICORE, 2020).

No sistema SCR a amônia reage com os óxidos de nitrogênio nos gases de escape para formar nitrogênio e água. Para a redução de NO_x, é necessária uma reação equilibrada para formar amônia nos gases de escape e, portanto, se faz importante a dosagem adequada do ARLA32 (UMICORE, 2020).

Uma vez que, os dispositivos para redução de NO_x são utilizados, os fabricantes ajustam os motores para menor emissão de MP sendo que a relação MP e NO_x causa muita dificuldade em diminuir um poluente sem aumentar outro, devido a relação ar/combustível. Quando se aumenta a quantidade de combustível, diminui a formação de NO_x e aumenta a concentração de MP. Quando ocorre o aumento de ar, devido ao nitrogênio presentes na atmosfera, diminui a concentração de MP e aumenta a concentração de NO_x.

Na **Figura 24** é apresentado o sistema de funcionamento do SCR em que ocorre a reação de ARLA 32 com os gases de escapamento. Observa-se a solução de ARLA 32 entrando em contato com os gases de escape do motor. Dentro do catalisador ocorre uma reação química que reduz os poluentes. O sistema em condições ideais, com ARLA produzido com água desmineralizada e ureia técnica de alta pureza, tem como produto da reação, o gás nitrogênio e água.

Figura 24 - Sistema de funcionamento do SCR



Fonte: COBO (2018) *apud* MEVEPI (2017)

4.7.3.1 Fiscalização em sistema SCR

Alguns veículos utilizam ARLA 32 produzidos com água imprópria como água mineral e uréia de uso industrial, com presença de minerais, sendo que a água ideal deve ser água desmineralizada e uréia técnica de alta pureza. A produção de ARLA 32 dessa forma compromete todo sistema catalítico ao qual o caminhão foi projetado e podem resultar em danos custosos ao proprietário do caminhão ou ao frotista, e o proprietário do caminhão está sujeito a multas referentes a utilização de ARLA32 adulterado e, que é fiscalizado pelos órgãos competentes.

A fiscalização é realizada pela análise de presença de íons na água sendo que a água, de acordo com a legislação, é isenta de íons, apresenta uma coloração azul na presença de reagente indicador negro de eriocromo T. Na presença de íons, a água apresenta coloração rósea ou avermelhada e o veículo é autuado. Além da fiscalização na água, é realizado o teste da concentração de uréia presente na solução, utilizando um equipamento denominado refratômetro é realizado o teste de concentração de uréia, sendo que a tolerância é de 30 a 35%, acima ou abaixo desse intervalo o veículo é autuado.

4.7.4 EGR: Sistema de Recirculação dos Gases de Escapamento (*Exhaust Gas Recirculation*)

Este sistema requer uma estreita interligação com o gerenciamento eletrônico do motor porque interfere no seu funcionamento, sendo desejável baixo teor de enxofre no combustível. Esse sistema reduz a formação de NO_x em 25% até 40% por meio da reintrodução de gás de exaustão no motor para abaixar a temperatura máxima e o teor de oxigênio na combustão. É muito importante observar o projeto do motor, para que não ocorra consumo de combustível elevado (BRANCO, 2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No item 5.1 são apresentados e discutidos os resultados em relação aos dados coletados na pesquisa; serão apresentados os gráficos da média de volume/hora de caminhões em cada ano, com base nos dias de medição da CET, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes, seus respectivos sentidos e períodos do dia, segundo número de eixos, no período 2005-2015.

A evolução das concentrações médias horárias dos poluentes no período 2005-2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas da CETESB para os poluentes de interesse deste estudo será apresentada no item 5.2, assim como a variação das concentrações médias horárias dos poluentes segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas no período 2005 a 2015 no item 5.3.

No item 5.4 serão apresentados os gráficos de regressão linear da média do volume/hora de tráfego de caminhões e respectiva média horária de concentração de poluentes com seus respectivos sentidos e períodos do dia.

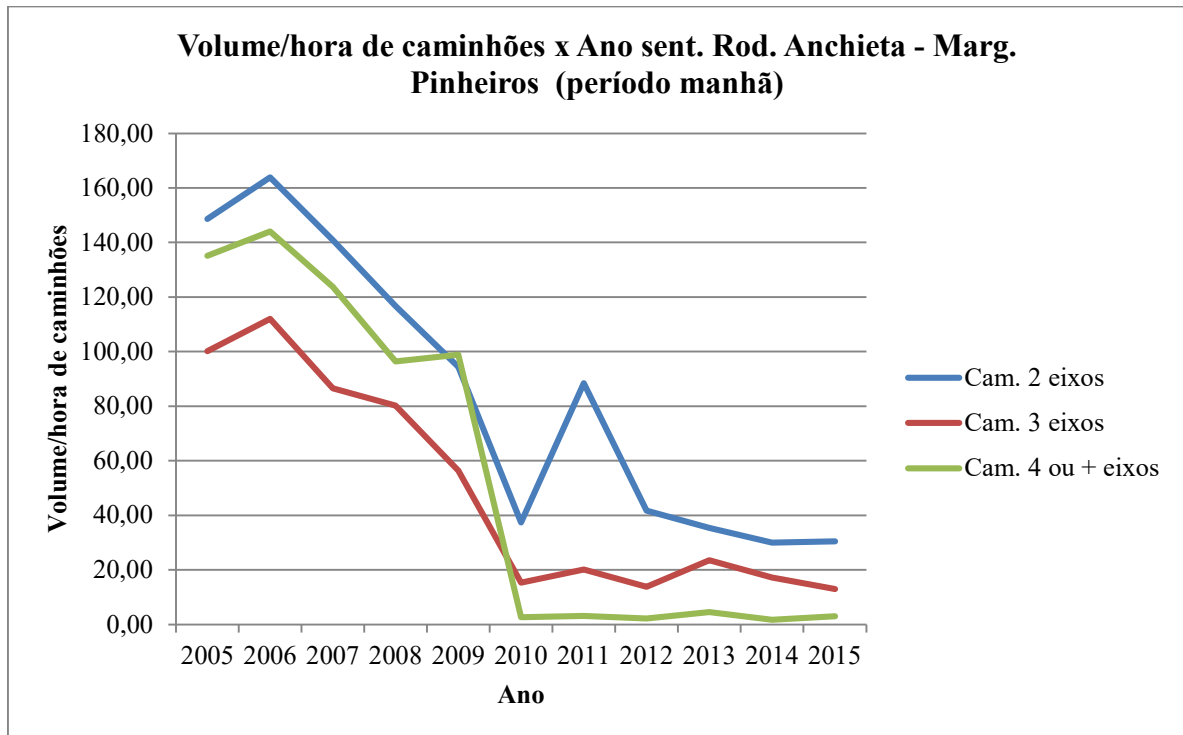
5.1 MÉDIA DE VOLUME ANUAL DE CAMINHÕES NA AV. DOS BANDEIRANTES, NO PERÍODO 2005-2015

No período de 2005-2015 foi realizado o levantamento do volume/hora de caminhões de acordo com os anos de interesse na pesquisa, obtendo o gráfico em que pode ser observada a curva do volume/hora de caminhões (2 eixos, 3 eixos e 4 ou + eixos) x Ano.

Os gráficos gerados permitem melhor visualização do volume/hora de caminhões nos anos referentes à pesquisa, relacionando o aumento ou queda do número de caminhões na Av. dos Bandeirantes no período de estudo.

Na **Figura 25** é apresentado o gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano, dos dias de pesquisa, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, (período manhã das 07h00 às 10h00), segundo número de eixos, no período de 2005-2015.

Figura 25 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, (período da manhã das 07h00 às 10h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015



Fonte: Fonte: (Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016)

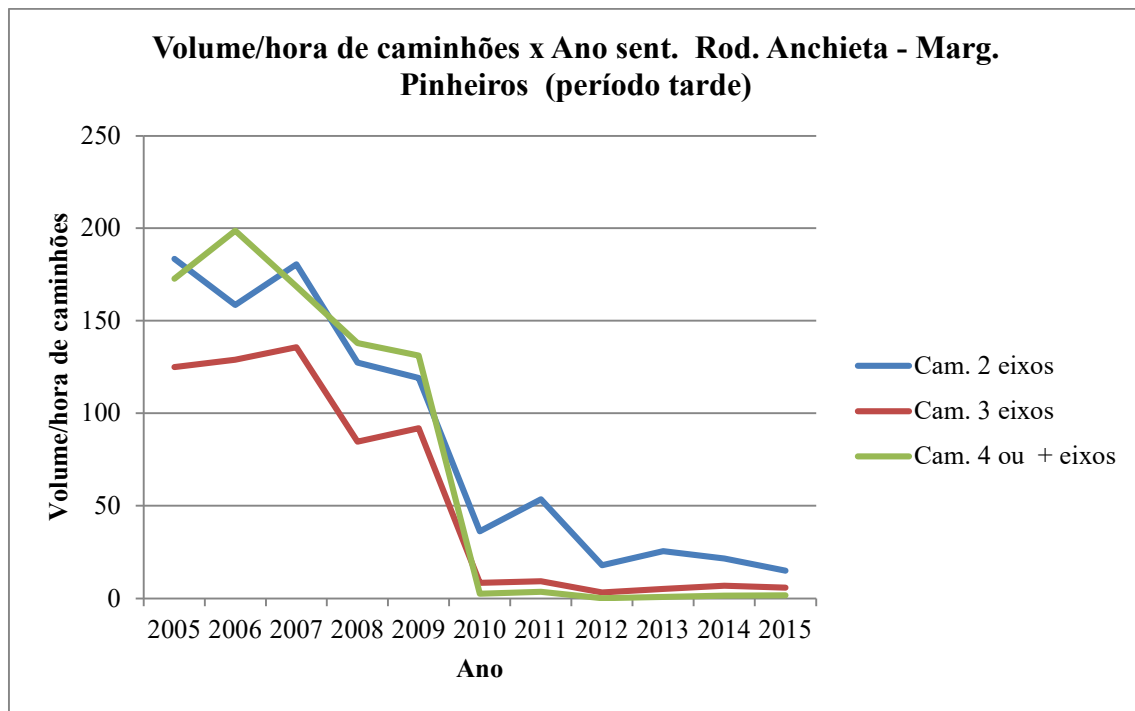
Observa-se aumento do volume/hora de caminhões de 2005 a 2006 com queda acentuada para os caminhões de 2 eixos, até 2010, quando volta a subir em 2011 e apresenta queda nos anos seguintes e depois leve crescimento em 2015. Para os caminhões de 3 eixos observa-se aumento de 2005 a 2006, apresentando queda de 2006 a 2010 e leves oscilações até 2012, quando teve leve crescimento. Após 2013 registra discreta queda. Para os caminhões de 4 ou + eixos observa-se aumento de 2005 a 2006 e queda até 2008, com ligeiro aumento em 2009, e depois queda acentuada em 2009 até 2010, a partir daí apresenta leves oscilações.

Observa-se que as restrições ao trânsito de caminhões na Av. dos Bandeirantes diminuiu significativamente o volume/hora de caminhões nos anos pós 2010, no sentido Rod. Anchieta – Marg. Pinheiros. A diminuição no volume/hora de caminhões reduz a emissão de poluentes e colabora para que o trânsito flua melhor. Opções como a construção do trecho Sul do Rodoanel favoreceram o desvio desses caminhões por outras rotas, além de outras medidas de restrição à circulação de caminhões no período 2005 a 2010 que tiveram repercussão na av. Bandeirantes.

Na **Figura 26** é apresentado gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano dos dias de pesquisa, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa

horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde das 17h00 às 20h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015.

Figura 26 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, (período da tarde das 17h00 às 20h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015



Fonte:

Fonte: (Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016)

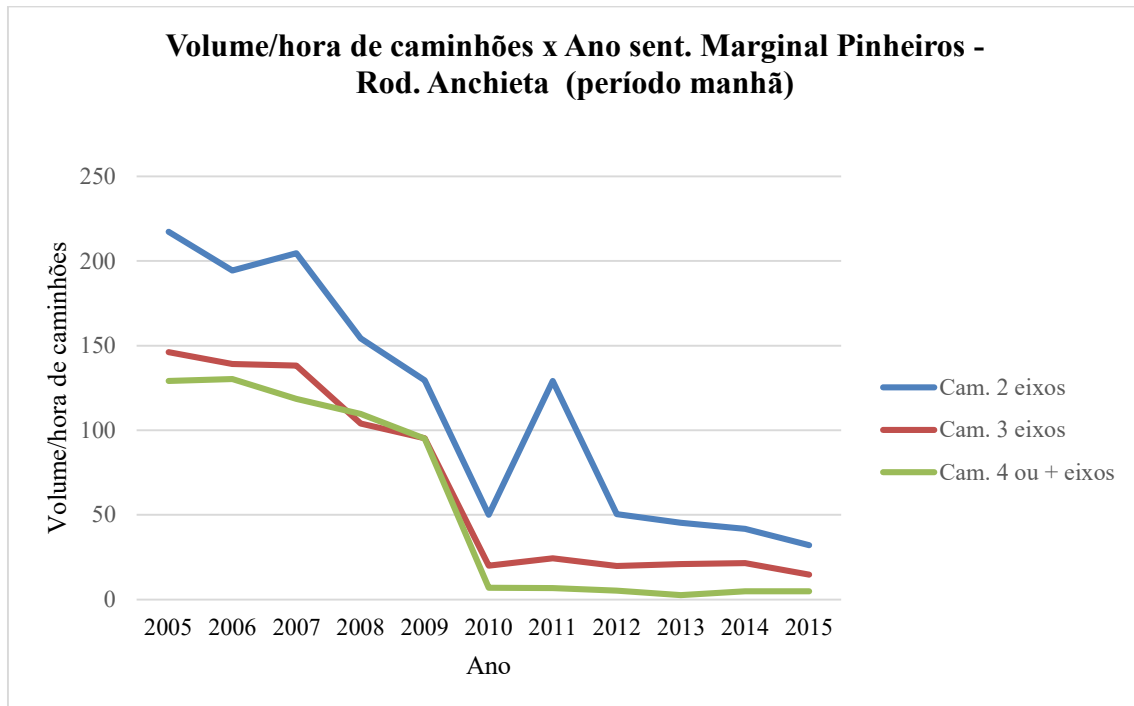
Observa-se na **Figura 26** oscilações no aumento do volume/hora de caminhões de 2 eixos em 2007, com queda significativa em 2010, e aumento do volume/hora em 2011, com leves oscilações nos anos seguintes. Para os caminhões de 3 eixos observa-se queda de 2005 a 2010 com ligeiro aumento em 2007 e 2009 e queda acentuada em 2010, com leves oscilações de 2010 a 2015. Para os caminhões de 4 ou + eixos observa-se pequeno aumento no volume/hora em 2006, e queda acentuada até 2010, com leves oscilações nos anos seguintes.

Observa-se queda brusca de caminhões na Av. dos Bandeirantes a partir de 2010.

A restrição de veículos pesados nas vias da cidade é benéfica para o município e apresenta alternativas para o trânsito de caminhões, desviando os veículos do centro da cidade.

Na **Figura 27** é observado o gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano dos dias de pesquisa, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã das 07h00 às 10h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015.

Figura 27 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, (período da manhã das 07h00 às 10h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015



Fonte:

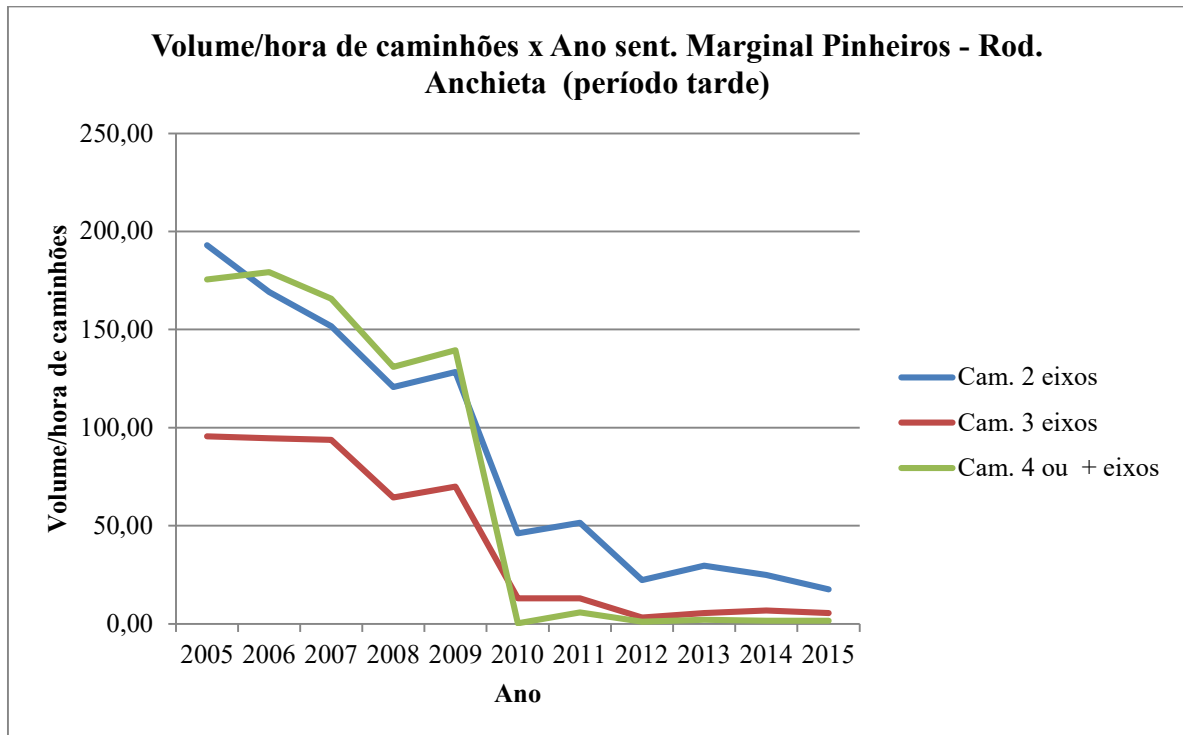
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016)

Na **Figura 27** observa-se queda no volume/hora de caminhões de 2005 a 2010 e aumento no volume/hora de caminhões de 2 eixos em 2011, que de acordo com o Decreto municipal 48338/2007 permitiu o fluxo de caminhões do tipo Veículo Urbano de Carga (VUC), que tendem a ser mais novos e menos emissores de poluentes. Essa permissão deve ter estimulado a utilização dos caminhões de 2 eixos como os VUCs, após o período de restrição dos veículos de 3 eixos e 4 ou + eixos de acordo com a Portaria SMT 84/2010.

Algumas vias apresentam grande circulação de caminhões como a Av. Salim Farah Maluf e a Marginal Tietê. A ocorrência de desvio das rotas desses caminhões para outras vias, mais distantes de áreas residenciais, beneficiariam a saúde da população e contribuiriam para fluidez do trânsito. A construção do trecho norte do Rodoanel serviria como alternativa de interligação das rodovias no município de São Paulo, promovendo estímulo para caminhões de outras regiões, circularem pelas áreas marginais da RMSP.

Na **Figura 28** é apresentado o Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano dos dias de pesquisa, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde das 17h00 às 20h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015.

Figura 28 - Gráfico do Volume/hora de caminhões x Ano na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, (período da tarde das 17h00 às 20h00), segundo número de eixos, no período 2005-2015



Fonte: Fonte: (Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016)

Nesta **Figura 28** observa-se queda no volume/hora de caminhões de 2005 a 2008 com leve aumento em 2009, e queda acentuada até 2010, com aumento em 2011 e queda no ano seguinte com leves oscilações nos anos posteriores. Assim como nos outros sentidos e períodos a diminuição do volume/hora, de 2005 a 2010, foi acentuada, resultando nas consequências anteriormente citadas.

Algumas restrições legais podem ter impactado o volume/hora na Avenida Bandeirantes no período 2005 a 2010 até entrar em vigor a Portaria SMT 84/2010.

Um exemplo é o Plano Diretor Estratégico, Lei nº 13.430, de 13 de setembro de 2002 complementado pela Lei nº 13385, de 25 de agosto de 2004, que estabeleceu restrição a caminhões nas ZER's (Zonas Exclusivamente Residenciais). Esta lei pode ter causado menor trânsito de caminhões na Av. dos Bandeirantes por ter restringido o acesso por vias com menores fluxos. Eventualmente pode ter concentrado o fluxo nas vias que suportam maior fluxo.

Outro exemplo é o Decreto municipal de São Paulo nº 48338 de 10 de maio de 2007 estabeleceu normas para o trânsito de caminhões e para operações de carga e descarga em estabelecimentos situados no município de São Paulo, introduzindo a figura do VUC, de menor porte e com exigência de atendimento a fases mais recentes do PROCONVE, e as Zonas de

Máxima Restrição à Circulação - ZMRC. Este decreto pode ter impactado a circulação de caminhões mais pesados e mais poluentes na Av. dos Bandeirantes ocasionando menor fluxo deles. O horário estabelecido para restrição foi de segunda a sexta-feira das 10h00 às 20h00 e aos sábados das 10h00 às 14h00. As operações de carga e descarga foram limitadas a horários reduzidos, podendo ser realizadas somente das 0h00 às 6h00 e das 22h00 às 24h00, de segunda a sexta-feira, aos sábados das 0h00 às 6h00 e das 14h00 às 24h00, sendo proibidas aos domingos e feriados.

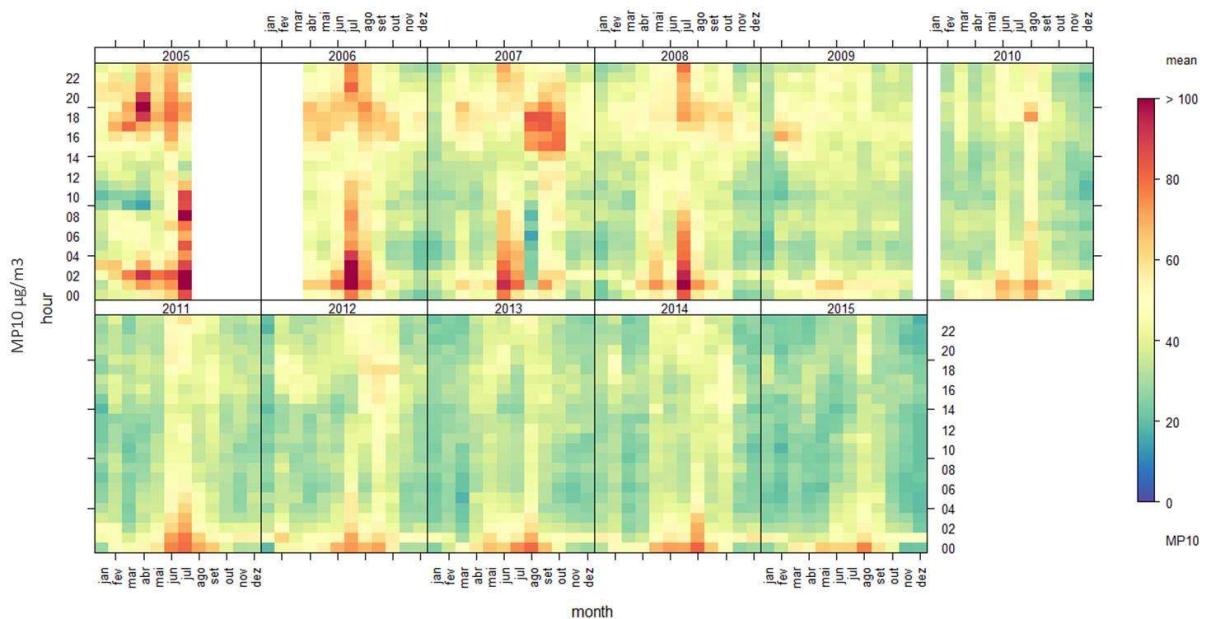
5.2 EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS HORÁRIAS DOS POLUENTES NO PERÍODO 2005-2015, NA ESTAÇÃO CONGONHAS

Durante os anos de pesquisa, a estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas permitiu observar a evolução dos níveis de concentrações médias horárias de poluentes no período anterior e posterior à restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes, bem como o período do ano, dia e horários em que ocorrem as maiores concentrações de poluentes.

Os dados foram extraídos do sistema QUALAR da CETESB (<https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>), campo consulta, exportar dados avançados, estação Congonhas. A princípio foram selecionados três parâmetros máximos permitidos MP_{10} , $MP_{2,5}$ e NO_x do dia 1º do mês de janeiro ao dia 31 do mês de dezembro dos anos de 2005 a 2015. Após exportar os dados destes poluentes, em seguida foi exportado para o parâmetro SO_2 no mesmo período.

Na **Figura 29** é apresentada a evolução das concentrações médias horárias do poluente MP_{10} no período 2005-2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas e onde se observa menores concentrações de poluentes após 2010.

Figura 29 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente MP₁₀ no período 2005 – 2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas



Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

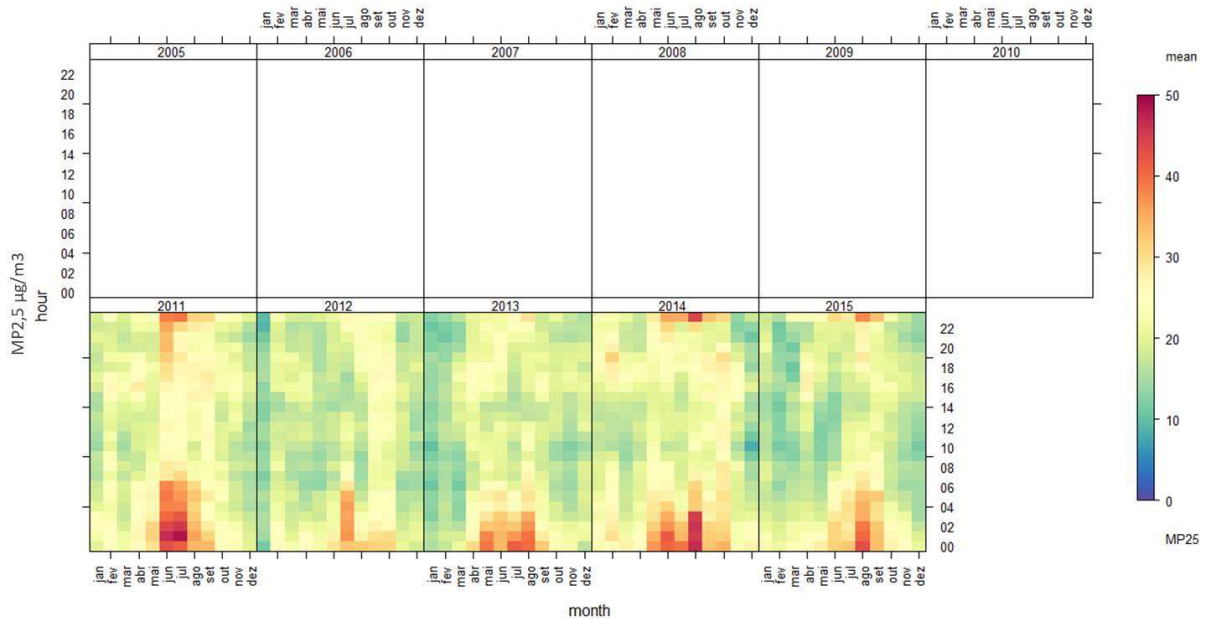
Na **Figura 29** observa-se maior concentração de MP₁₀ nos anos de 2005, 2006, 2007 e 2008. Também é possível observar concentrações maiores nos meses de inverno, quando a concentração do poluente é mais intensa. Pode-se observar no período anterior a restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes, que há concentrações elevadas do MP₁₀ no período de tráfego intenso, assim como no período noturnos como das 0h às 6h00 horas, quando a concentração de poluentes também se mostra maior se comparada a outros horários, como próximo das 12h00, período com menor concentração de MP₁₀.

Nos anos seguintes a partir de 2009 a concentração do poluente passa a ser inferior aos anos anteriores, conforme há redução de caminhões na via, o que ocorre de forma mais acentuada a partir de 2009.

O período de julho de 2005 a abril de 2006 não apresentou dados no sistema QUALAR, impossibilitando a ilustração da concentração de poluentes neste período.

Na **Figura 30** é apresentada a evolução das concentrações médias horárias do poluente MP_{2,5} na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, a partir de 2011, ano em que se iniciou o monitoramento do MP_{2,5} nessa estação.

Figura 30 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente MP_{2,5} no período 2005 - 2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas

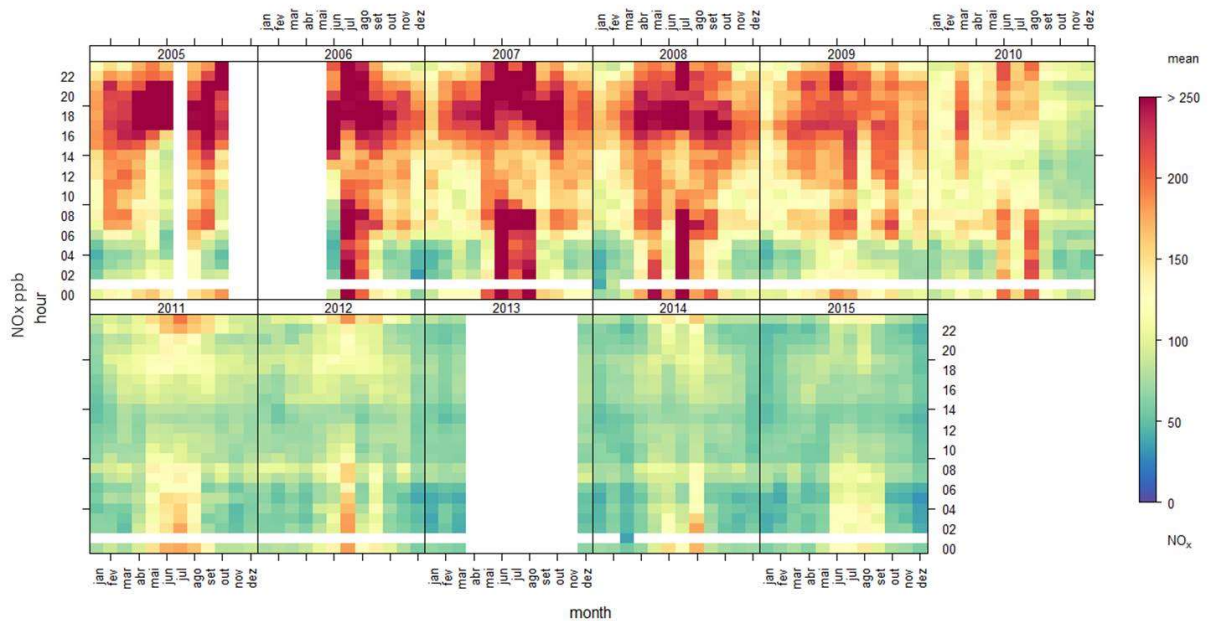


Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

Na **Figura 30** observa-se que a concentração se apresentou maior nos meses de inverno, devido a condições mais estáveis da atmosfera e menor volume de chuvas. O MP_{2,5} está relacionado com as emissões dos veículos diesel. Observam-se maiores concentrações no período entre 23h00 e 6h00 com menores concentrações desse poluente no período da tarde.

Na **Figura 31** é apresentada a evolução das concentrações médias horárias do poluente NO_x no período 2005-2015, na estação de monitoramento de qualidade do ar Congonhas mostrando grande diferença do período de restrição de caminhões com período pós restrição pela Portaria SMT 84/2010.

Figura 31 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente NO_x no período 2005 - 2015, na estação de monitoramento de qualidade do ar Congonhas



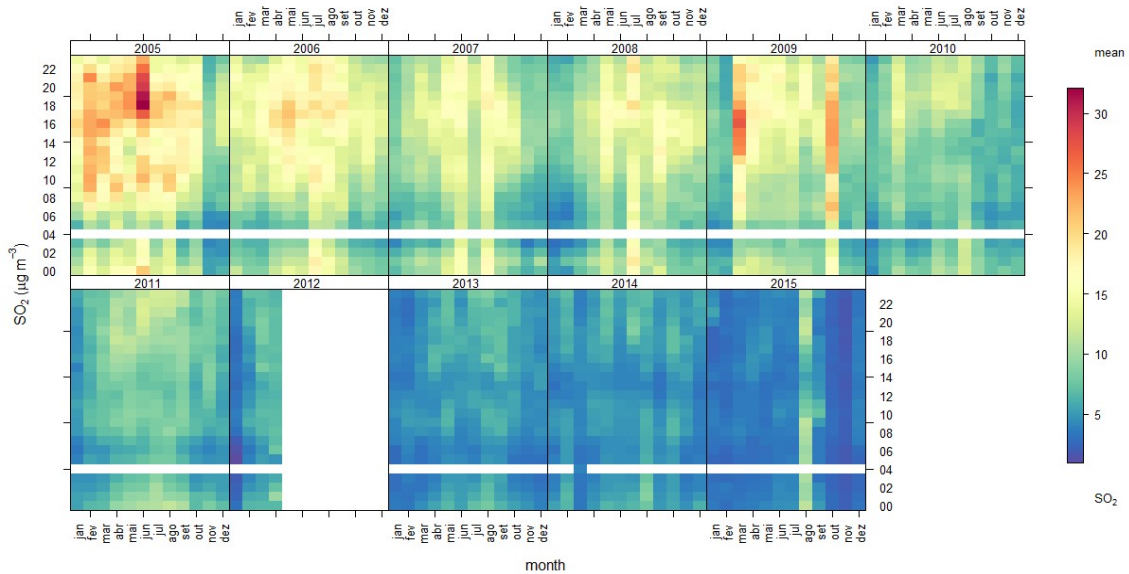
Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

Na **Figura 31** é possível observar claramente a grande concentração do poluente NO_x, nos anos de 2005 a 2009, e a queda da concentração em 2010, apesar da ocorrência, de significativa presença do poluente. A partir de 2011 até 2015, é possível observar menor concentração de NO_x e que coincide com o início do período de restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes pela Portaria SMT 84/2010.

O período de outubro de 2005 a maio de 2006 e abril de 2013 a novembro de 2013 não apresentou dados no sistema QUALAR, impossibilitando a ilustração da concentração de poluentes neste período. No horário da 01h00 também não houve registro de dados devido à realização de calibração do equipamento.

Na **Figura 32** é apresentada a evolução das concentrações médias horárias do poluente SO₂ no período 2005-2015 na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas. É possível observar que, com a restrição à circulação de caminhões na via, pela Portaria SMT 84/2010, a concentração de poluentes provenientes de veículos diesel diminuiu significativamente.

Figura 32 - Evolução das concentrações médias horárias do poluente SO₂ no período 2005 - 2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas

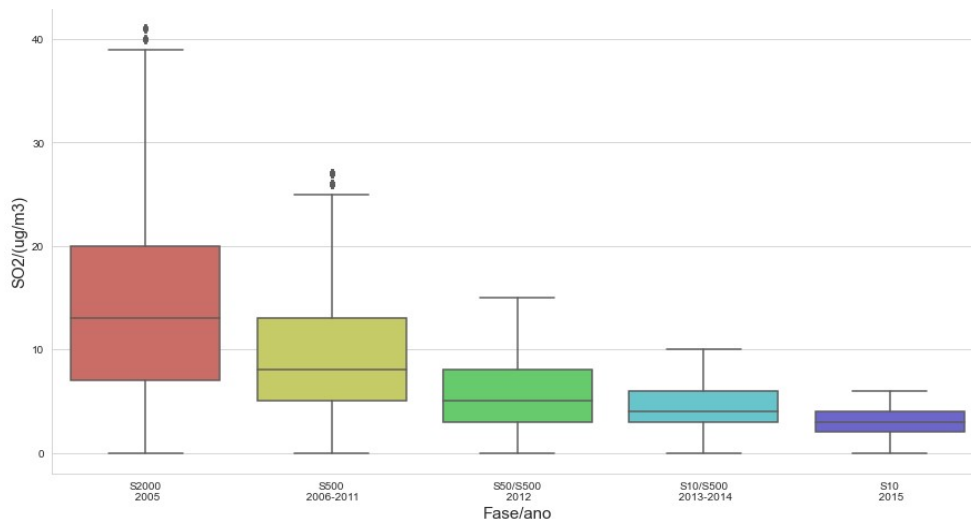


Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

Na **Figura 32** observa-se a concentração do poluente SO₂ no período de 2005 a 2010, com maiores concentrações desse poluente e queda a partir de 2010, com a restrição dos caminhões pela Portaria SMT 84/2010. A diminuição do teor de enxofre no óleo diesel também contribuiu para que ocorressem menores emissões desse poluente. No período de abril de 2006 a dezembro de 2006 não houve registro dos dados, assim como as 04h00 período em que ocorre a calibração do equipamento de leitura da concentração dos gases.

Na **Figura 33** é apresentado o gráfico de acordo com os teores de enxofre no diesel no período de estudo de 2005 a 2015.

Figura 33 - Evolução das concentrações SO₂ no ar no período 2005-2015 e correspondente conteúdo de enxofre no óleo diesel



Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB (2020b) / CETESB QUALAR)

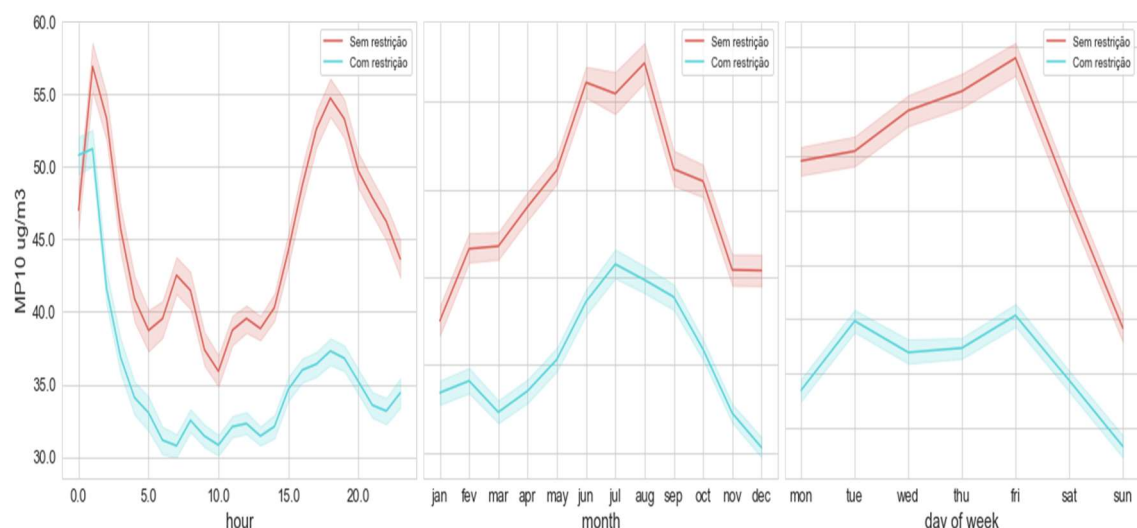
Na **Figura 33** é observado que a concentração do teor de enxofre para o diesel metropolitano colabora para queda da concentração do poluente SO₂ nas médias horárias da estação de monitoramento de qualidade do ar Congonhas. Observa-se que a utilização do diesel com maiores concentrações de enxofre, como em 2005 quando era utilizado o S500, apresenta maior concentração deste poluente, nos anos seguintes menores concentrações de enxofre foram registradas, como em 2015 que é apresentado menores concentrações do poluente que impacta em melhores condições de qualidade do ar. Soma-se a isto o efeito de restrições à circulação de caminhões nesta via, ou em outras vias com impacto nela.

5.3 VARIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DOS POLUENTES SEGUNDO DIA DA SEMANA, HORA E MÊS, NA ESTAÇÃO CONGONHAS

A variação das concentrações médias horárias dos poluentes conforme dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, permite visualizar os dias da semana, o horário e os meses com maiores concentrações de poluentes no ano.

Na **Figura 34** é apresentada a variação das concentrações médias horárias de MP₁₀ na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas no período 2005-2015, que pode ser observada maior concentração de acordo com os períodos sem restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes.

Figura 34 - Variação das concentrações médias horárias de MP₁₀ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005 - 2015



Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

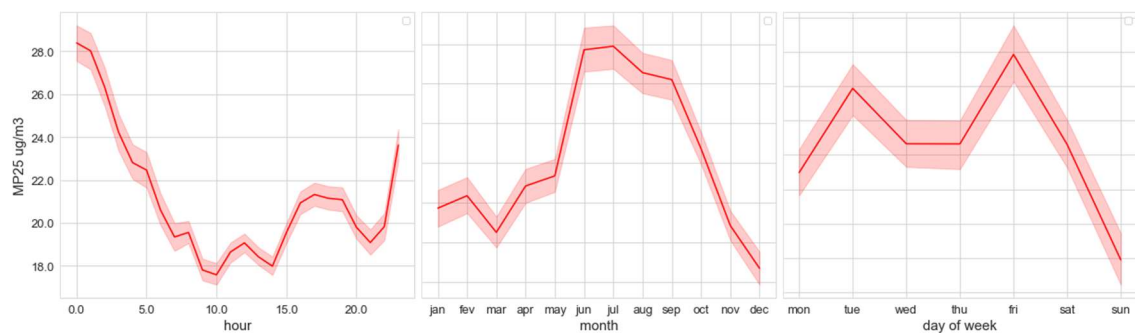
Na **Figura 34** observa-se o pico de concentração do poluente no período noturno próximo as 0h00 que tende a diminuir nos horários posteriores, apresentando crescimento no período da manhã e oscilando nos horários posteriores, apresentando pico acentuado no início da noite e queda nos horários posteriores, voltando a subir até atingir o pico próximo as 0h00.

Em relação à sazonalidade, o período de inverno apresentou maiores concentrações, devido à menor dispersão dos poluentes e menor umidade, tendo a concentração reduzida nos períodos de maior umidade melhor condição de dispersão de poluentes, como o verão, com maior ocorrência de chuvas.

Na distribuição de poluentes pelos dias da semana e horários, observa-se que entre terça-feira e sexta-feira a concentração de poluentes se apresenta maior do que sábado e domingo, aumentando na segunda-feira e voltando a apresentar maiores concentrações de terça-feira a sexta-feira. Isso está associado ao maior fluxo de veículos durante a semana que tende a diminuir aos fins de semana.

Na **Figura 35** é apresentada a variação das concentrações médias horárias de $MP_{2,5}$ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2011-2015, onde podem ser observados períodos de maior ocorrência da concentração de poluentes.

Figura 35 - Variação das concentrações médias horárias de $MP_{2,5}$ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2011 - 2015



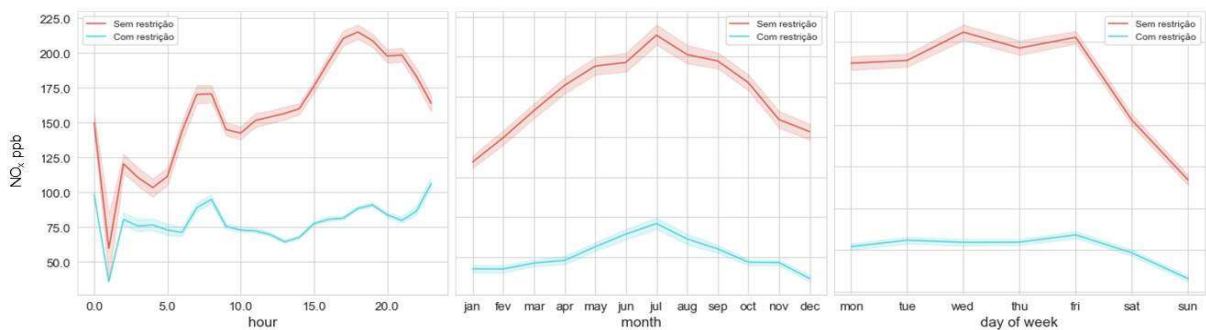
Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

Nesta **Figura 35** observa-se a concentração de $MP_{2,5}$ mais elevada no período noturno assim como ocorre para o MP_{10} , apresentando queda após as 0h00, quando volta a subir após as 10h00 oscilando no período da tarde, voltando a subir no período noturno, a restrição de veículos pesados durante o dia e a permissão da circulação durante a noite pode ter aumentado as concentrações de $MP_{2,5}$ no período da madrugada. Referente aos meses do ano, o $MP_{2,5}$ apresenta maior concentração nos meses de inverno período em que as condições de dispersão de poluentes são piores e os dias são menos chuvosos, apresentando menor concentração de poluentes nos meses mais chuvosos. Sobre os dias da semana apresenta-se com menores concentrações aos finais de semana, dias estes com menor volume de tráfego de veículos.

Na **Figura 36** é apresentada a variação das concentrações médias horárias de NO_x segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar

Congonhas, no período 2005-2015, onde pode ser observado a ocorrência da concentração de poluentes de acordo com os períodos sem restrição de veículos pesados e com restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, pela Portaria SMT 84/2010.

Figura 36 - Variação das concentrações médias horárias de NO_x segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005 - 2015



Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

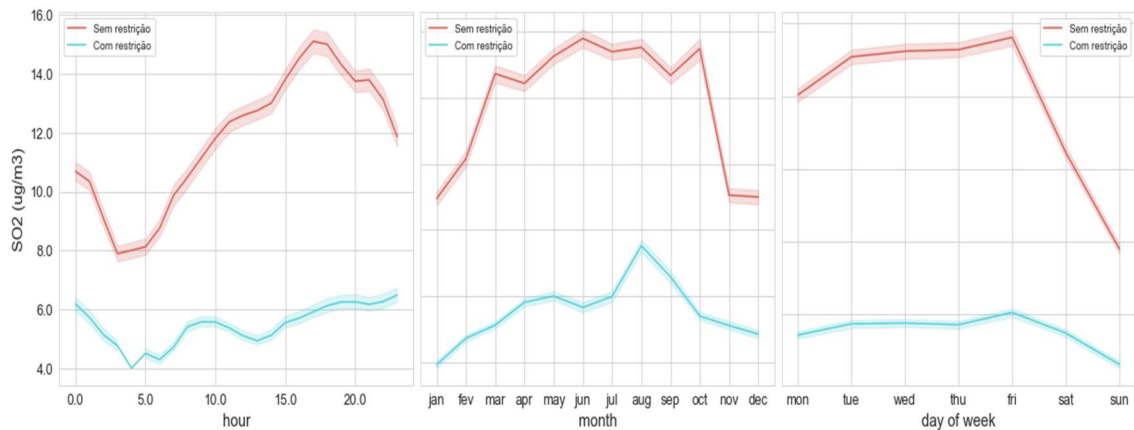
Na **Figura 36** observa-se a concentração de NO_x, no período sem restrição e com restrição. No período sem restrição de veículos pesados pela Portaria SMT 84/2010 apresenta picos de concentração no período da manhã e no final da tarde. No período com a restrição em referência observa-se pico no período da manhã e menor pico de concentração de poluentes no final da tarde, comparado ao período a sem restrição em referência.

Assim como ocorre com o MP₁₀ a maior concentração do poluente no ano se dá nos meses de inverno devido a menor dispersão atmosférica e baixa umidade.

Durante os dias da semana ocorrem maiores concentrações dos poluentes de terça-feira a sexta-feira, diminuindo aos fins de semana que volta a subir às segundas-feiras. Assim como o MP₁₀ isso se dá pela maior circulação de veículos durante a semana do que nos fins de semana.

Na **Figura 37** é apresentada a variação das concentrações médias horárias de SO₂ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005-2015, que pode ser observado maior ocorrência da concentração de acordo com os períodos, sem restrição de veículos pesados e com restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes.

Figura 37 - Variação das concentrações médias horárias de SO₂ segundo dia da semana, hora e mês, na estação Congonhas, no período 2005 - 2015



Fonte: (Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR)

O pico de concentração de SO₂ ocorre no final da tarde, observa-se que a concentração começa apresentar queda no início da noite até o início da manhã, voltando a subir durante o dia.

Na **Figura 37** observa-se a variação das concentrações de SO₂ de acordo com os dias da semana. As concentrações apresentaram crescimento de segunda-feira a sexta-feira e menores concentrações nos finais de semana, associadas à menor circulação de veículos nesses dias.

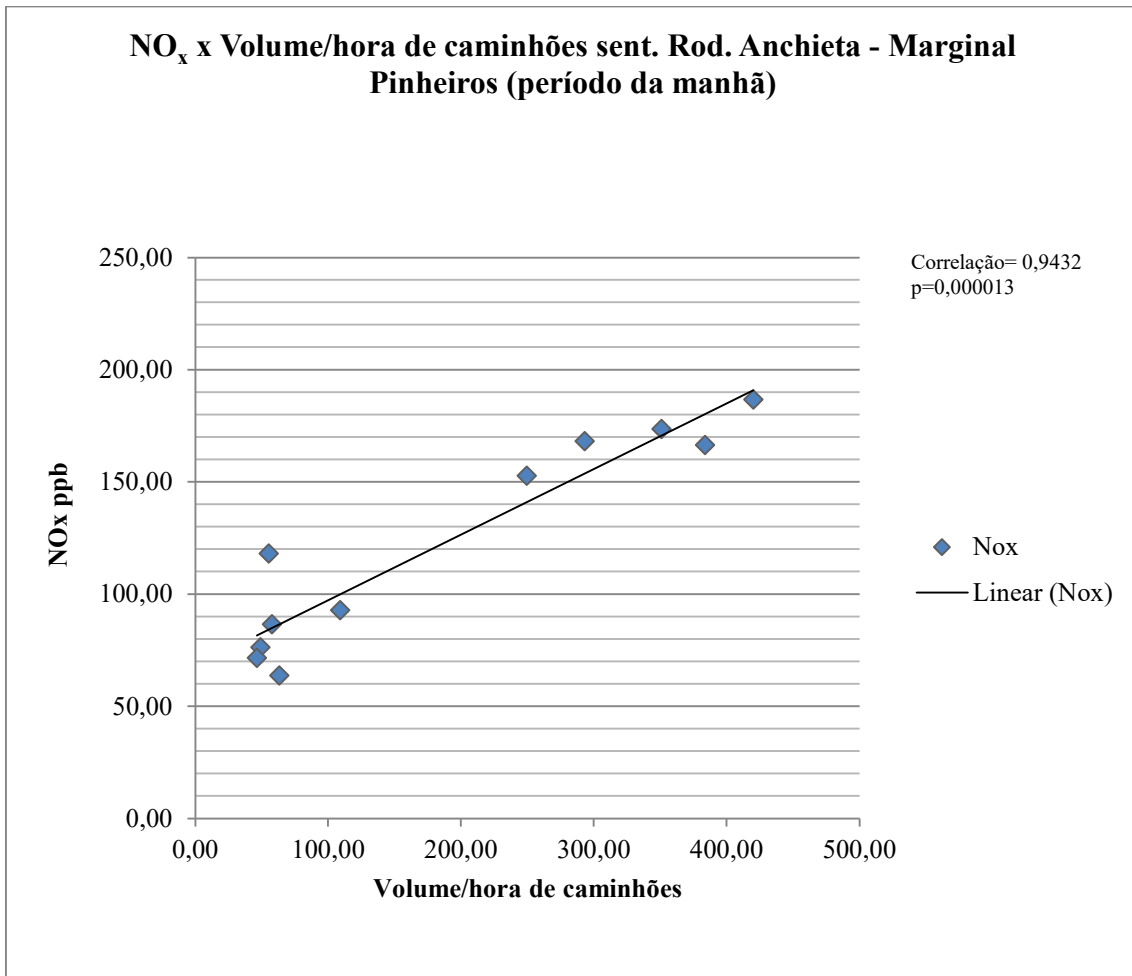
Durante o ano observa-se que as concentrações de SO₂ são maiores nos meses de inverno, período que ocorrem piores condições de dispersão de poluentes, tendo seu pico em agosto para o período com restrição pela Portaria SMT 84/2010. Para o período sem restrição foram observadas maiores concentrações nos meses de inverno e em outubro. Nos meses de verão as concentrações são menores devido ao período de chuvas e melhores condições de dispersão de poluentes.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O gráfico de regressão linear da média do volume/hora de caminhões (eixo X) e média horária da respectiva concentração de poluentes (eixo Y) permite avaliar o comportamento destas duas variáveis. O valor do coeficiente de correlação de Pearson (r) e respectivo valor p permite avaliar se há significância estatística na correlação. Foi adotado o nível de confiança de 95%.

Na **Figura 38** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã).

Figura 38 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã)



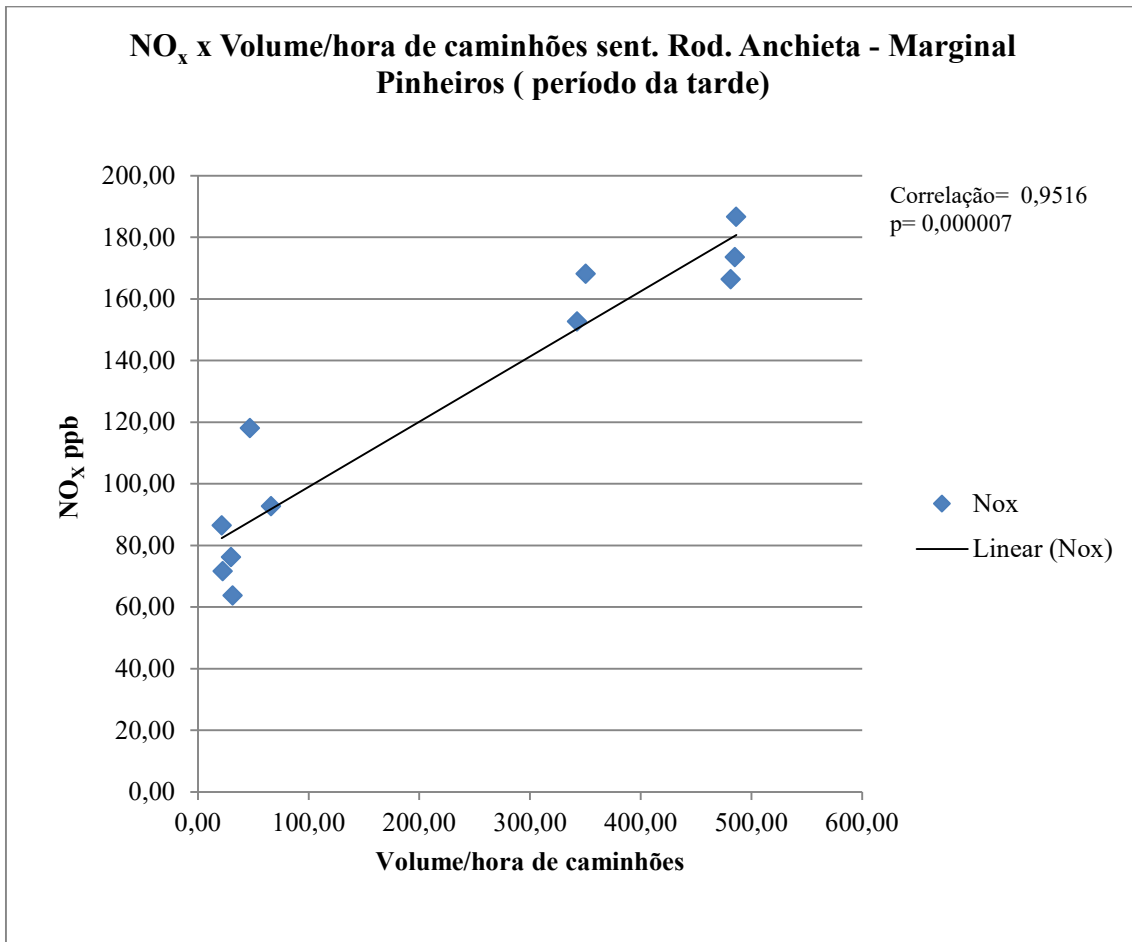
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 38** observa-se uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9432$, e valor $p = 0,000013$ apresentando significância estatística.

Observa-se que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente NO_x, mostrando que a diminuição do volume caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 39** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde).

Figura 39 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde)



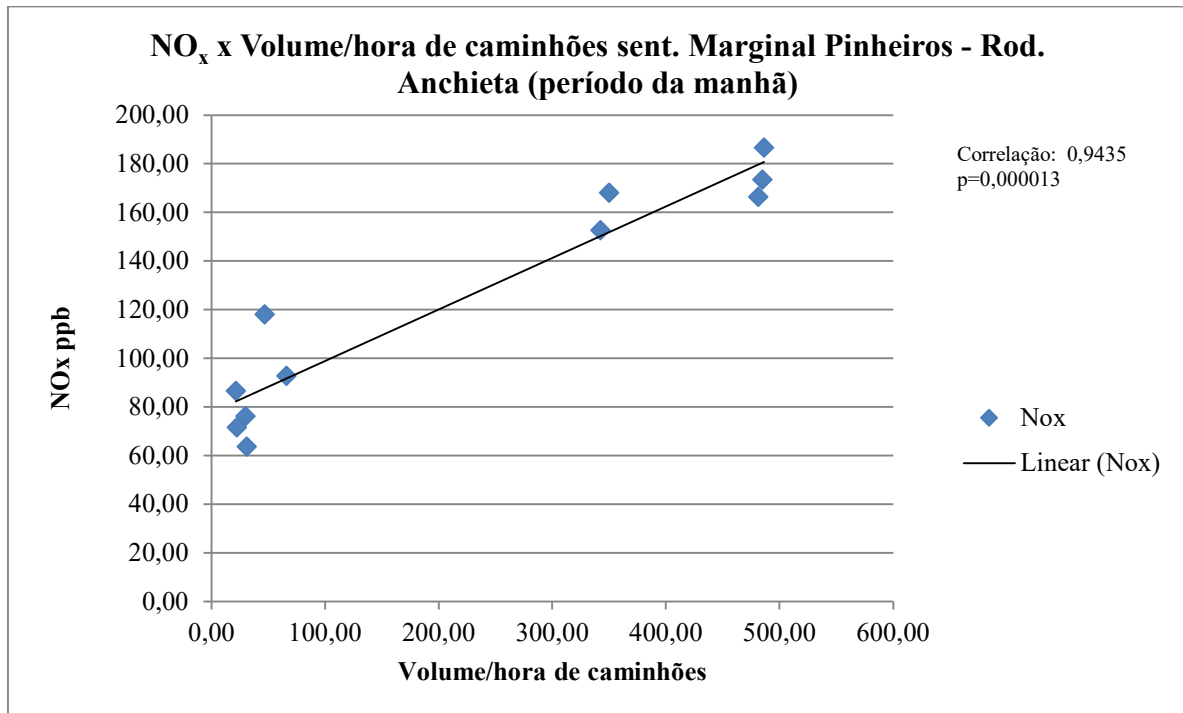
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 39** observa-se também neste caso uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9516$, e valor $p = 0,000007$ apresentando significância estatística.

Observa-se, da mesma forma que no período da manhã, que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente NO_x, mostrando que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente no período da tarde.

Na **Figura 40** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã).

Figura 40 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã)



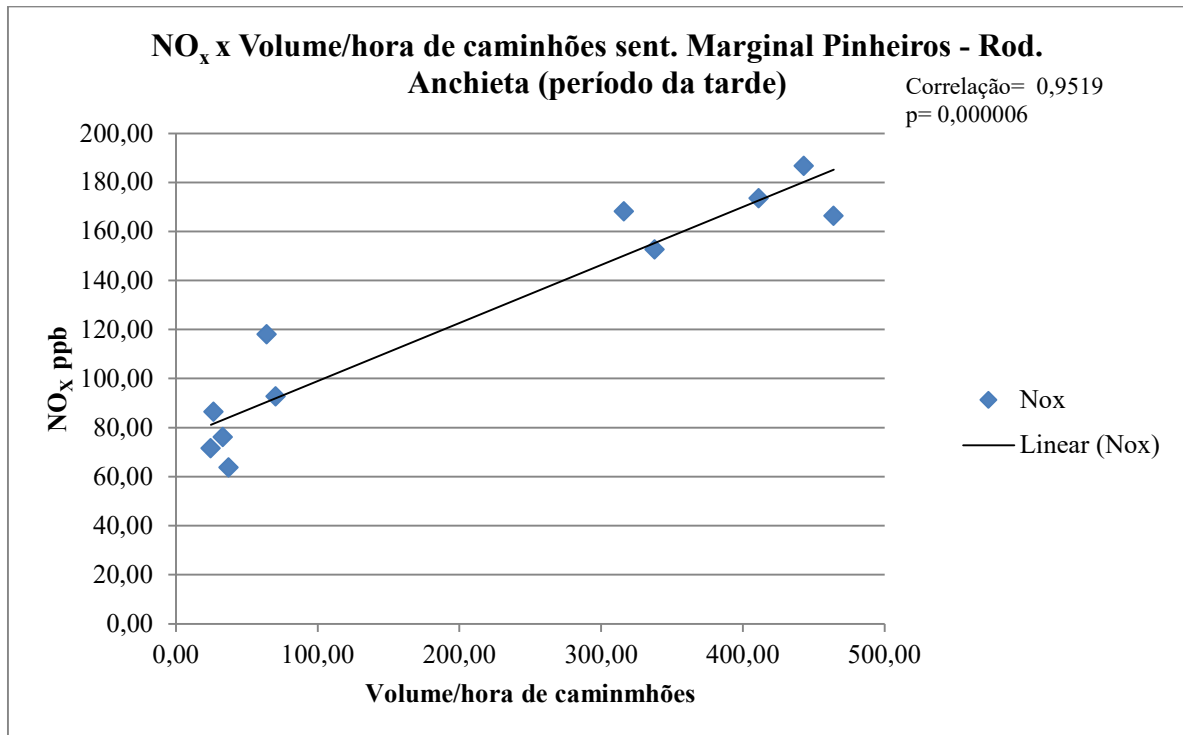
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Observa-se aqui também uma correlação forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9435$, e valor $p = 0,000013$ apresentando significância estatística.

A mesma conclusão é válida aqui de que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente NO_x, mostrando mais uma vez que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 41** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde).

Figura 41 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde)



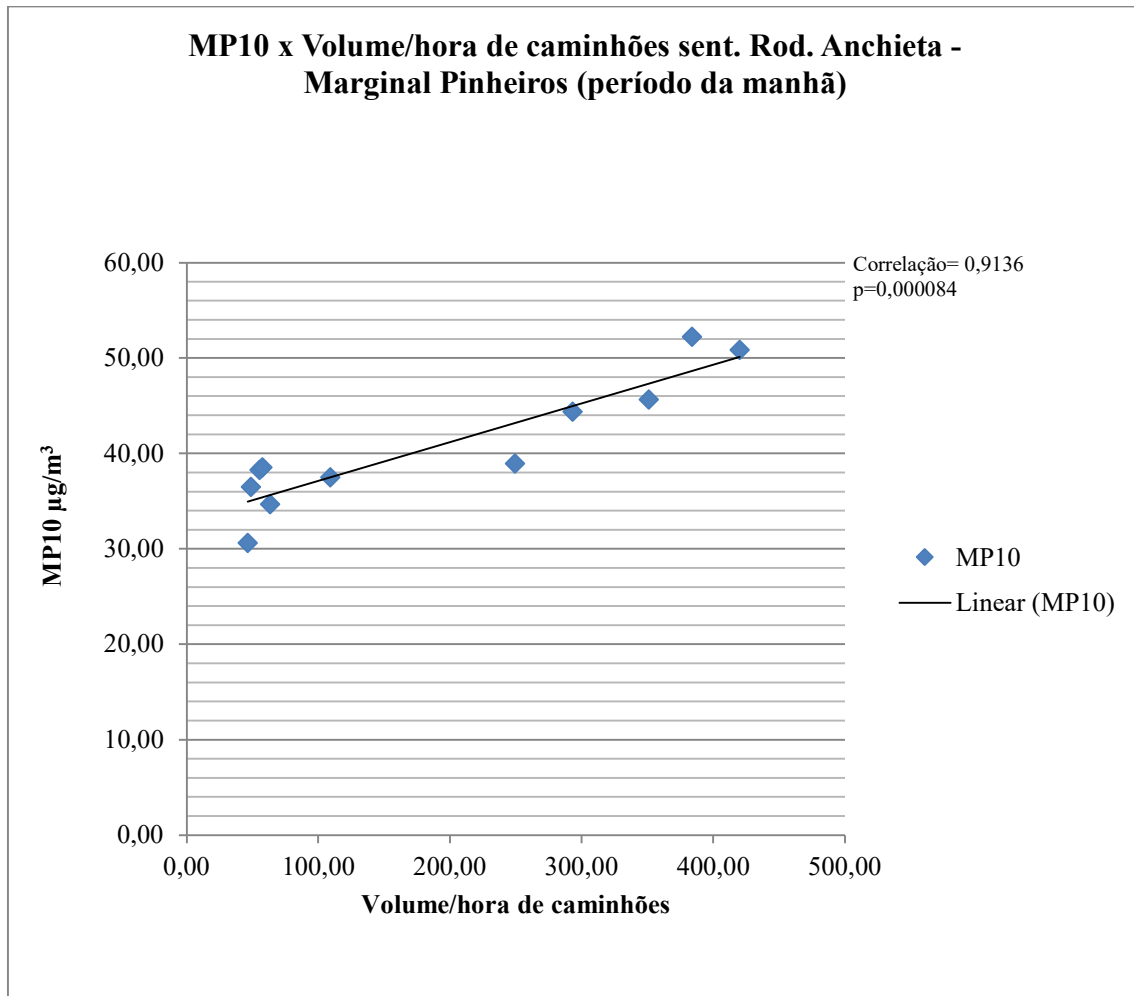
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Observa-se mais uma vez uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9519$, e valor $p = 0,000006$ apresentando significância estatística.

Também neste caso a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente NO_x, reforçando a conclusão de que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente, em todas as situações analisadas.

Na **Figura 42** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP₁₀ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã).

Figura 42 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã)



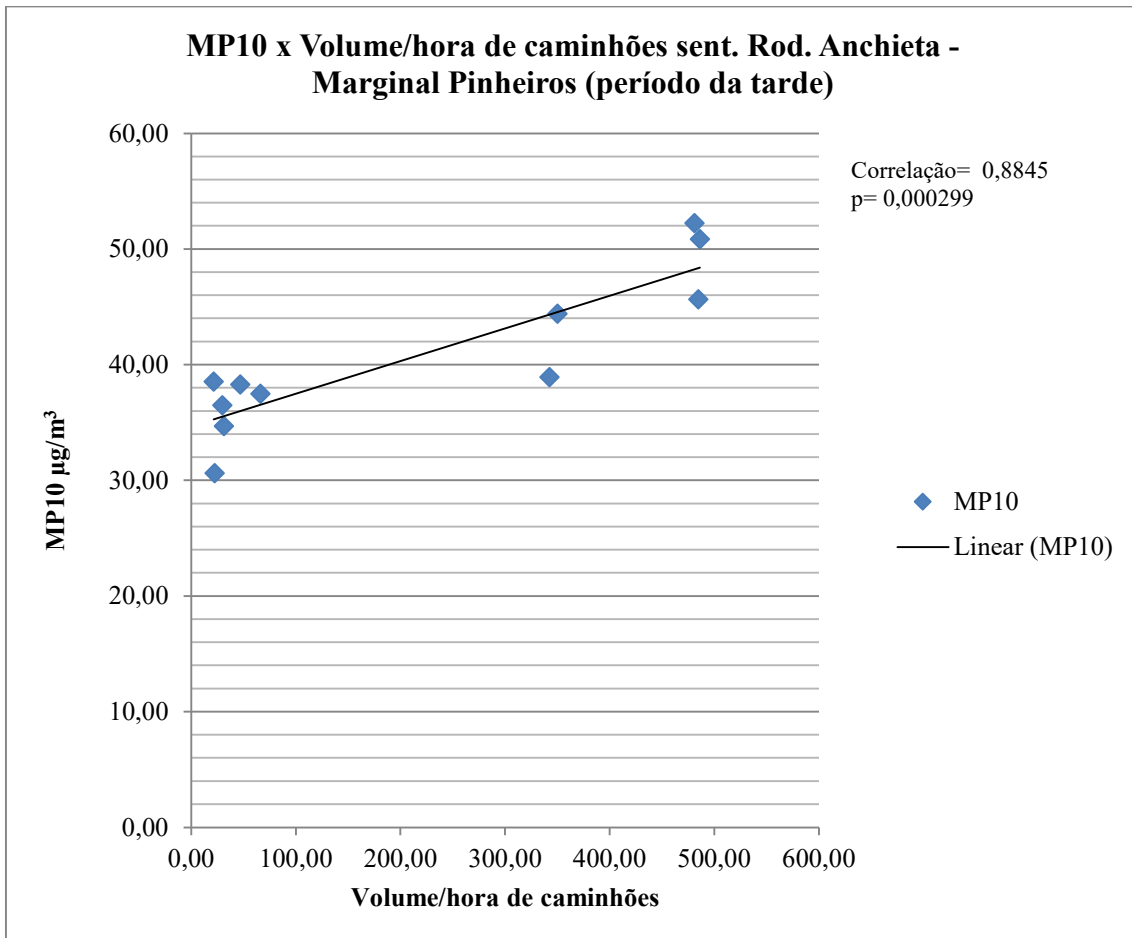
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Observa-se também neste caso uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente MP₁₀ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9136$, e valor $p = 0,000084$ apresentando significância estatística.

Este resultado também mostra que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente MP₁₀, ou seja, a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 43** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP₁₀ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde).

Figura 43 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde)



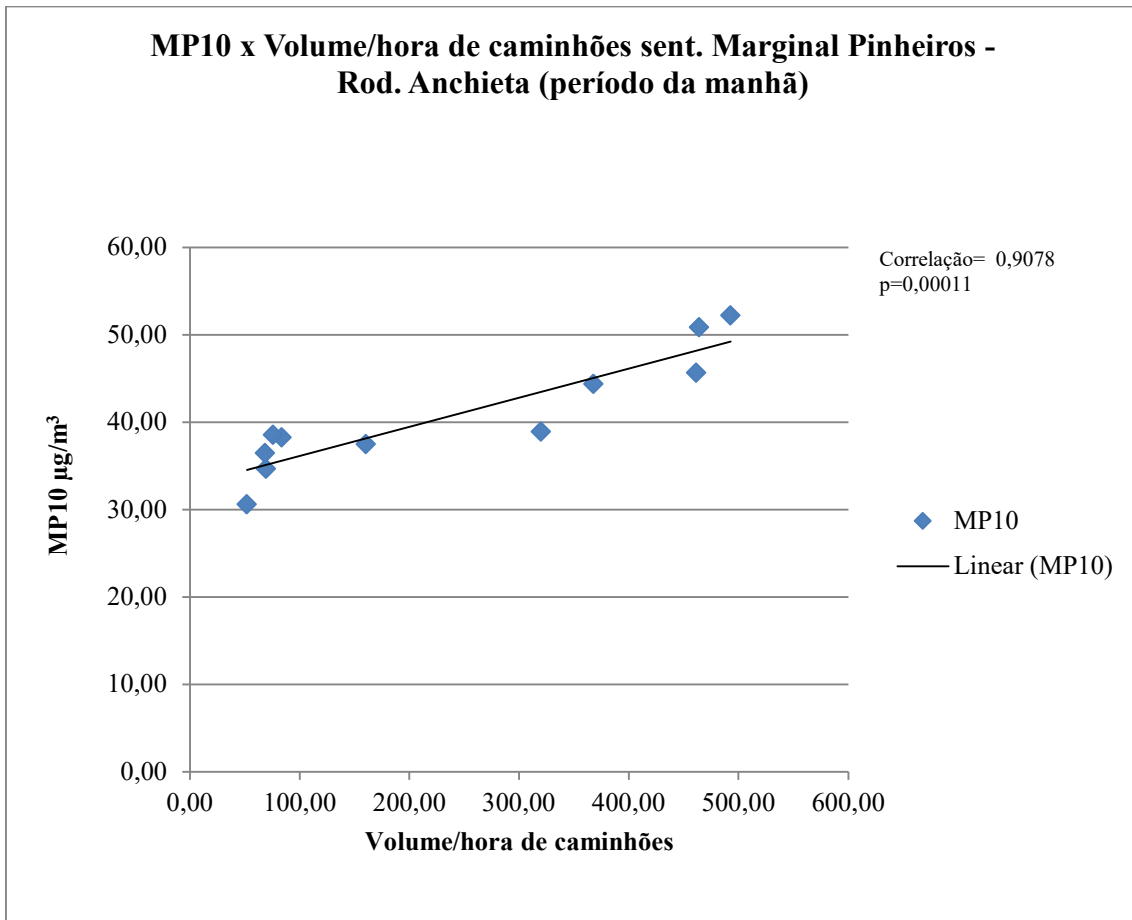
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 43** observa-se uma correlação forte entre a média horária de concentração do poluente MP₁₀ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,8845$, e valor $p = 0,000299$ apresentando significância estatística.

Observa-se que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente MP₁₀, mostrando que a diminuição do volume caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 44** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de MP₁₀ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã).

Figura 44 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã)



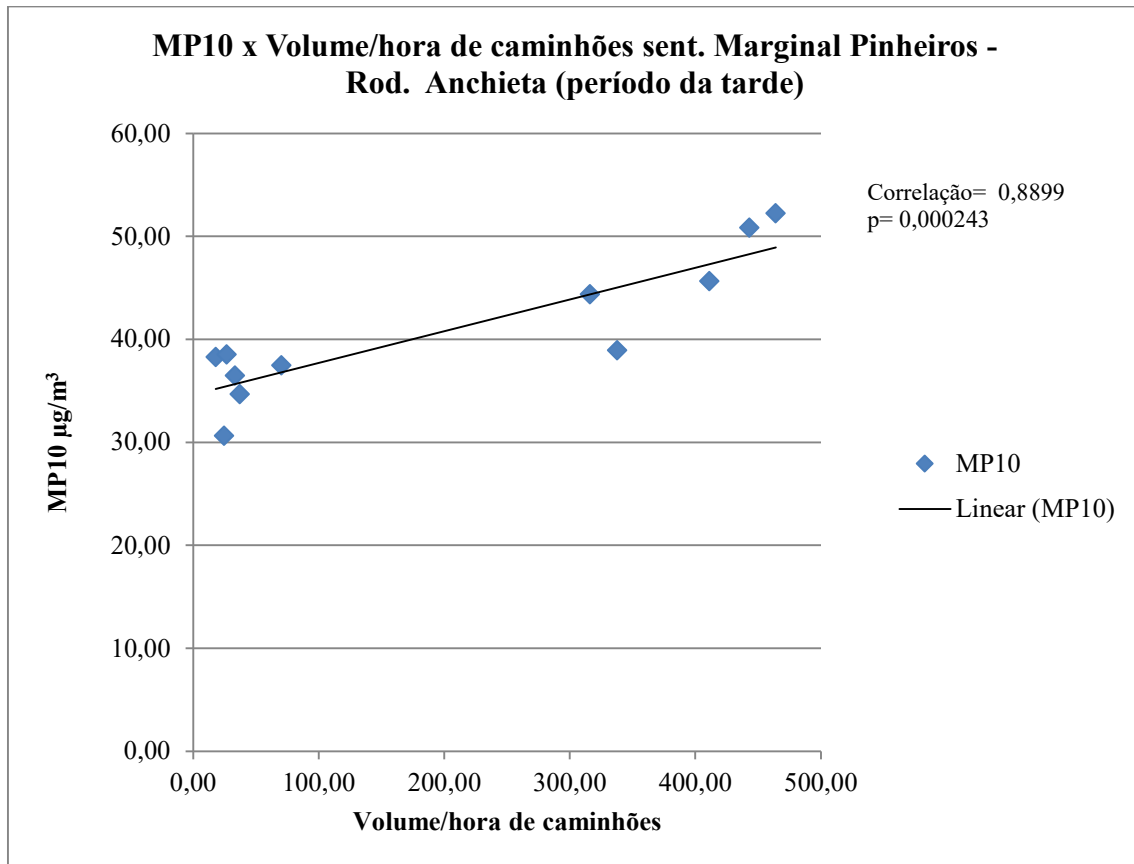
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 44** observa-se uma correlação forte entre a média horária da concentração do poluente MP₁₀ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9078$, e valor $p = 0,00011$ apresentando significância estatística.

Novamente observa-se que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente MP₁₀, mostrando que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 45** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de MP₁₀ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde).

Figura 45 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP₁₀ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde)



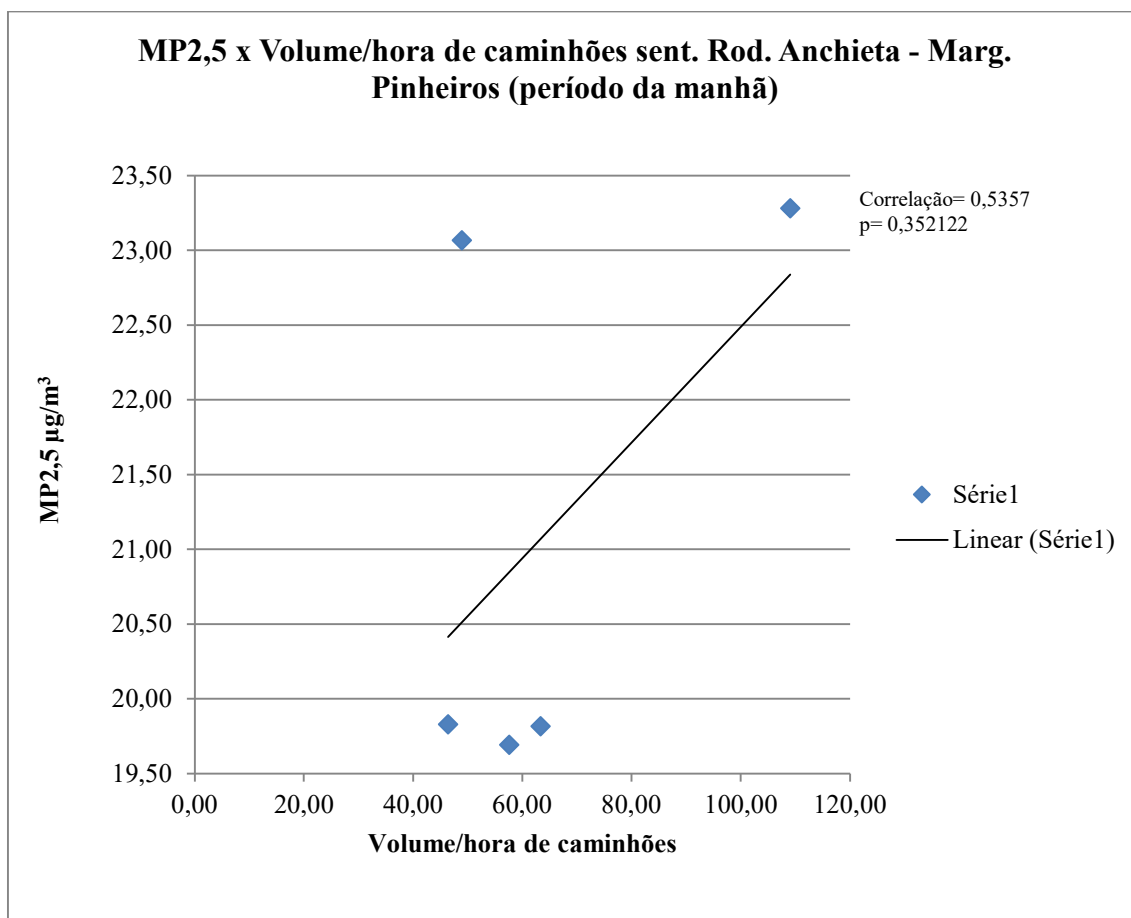
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 45** observa-se uma correlação forte entre a média horária da concentração do poluente MP₁₀ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,8899$, e valor $p = 0,000243$ apresentando significância estatística.

Isto reforça a conclusão de que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente MP₁₀, em todas estas situações, mostrando que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 46** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de MP_{2,5} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã). Neste caso os dados se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010 por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela.

Figura 46 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP_{2,5} na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã)

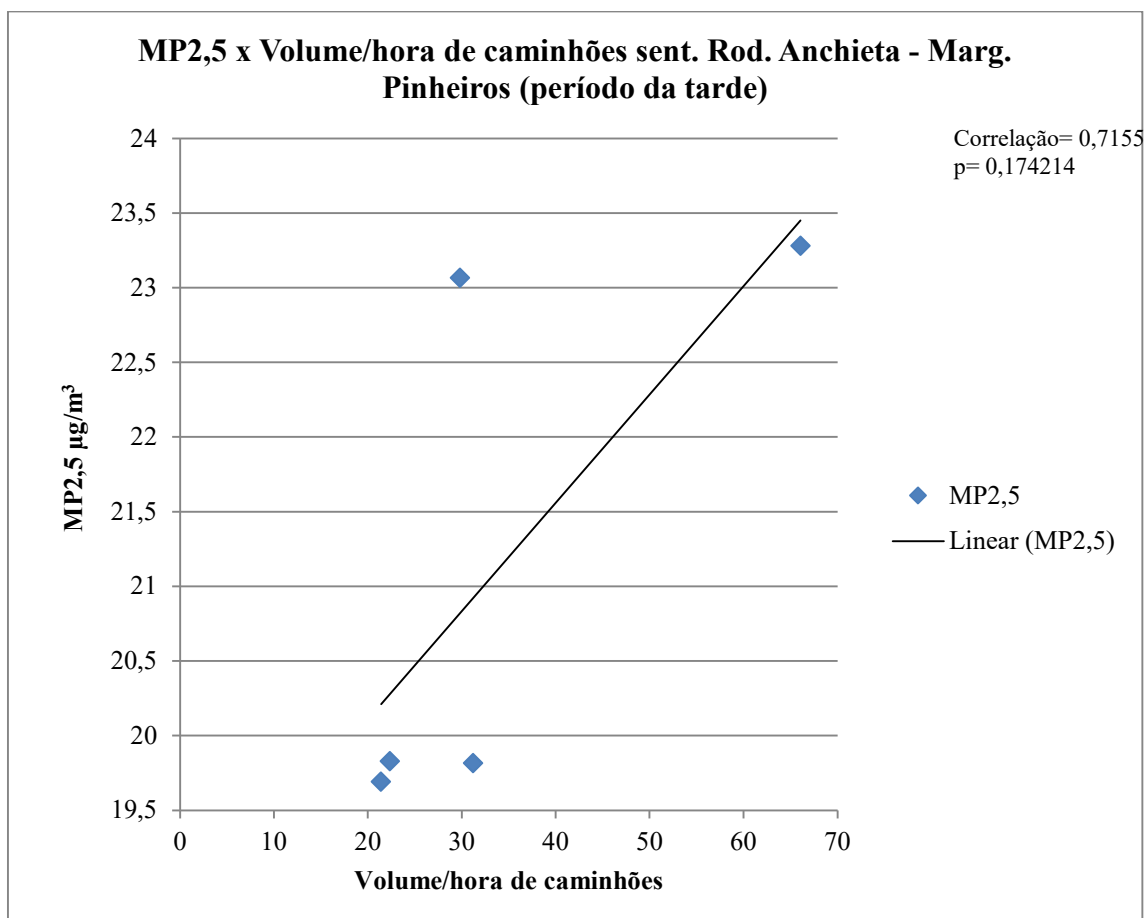


Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 46** observa-se uma correlação moderada entre a média horária da concentração do poluente MP_{2,5} e o volume/hora, com $r = 0,5357$, e valor $p = 0,352122$ acima de 0,05 que mostra que correlação não é estatisticamente significativa.

Na **Figura 47** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de MP_{2,5} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde). Neste caso os dados se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010 por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela.

Figura 47 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP_{2,5} na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde)

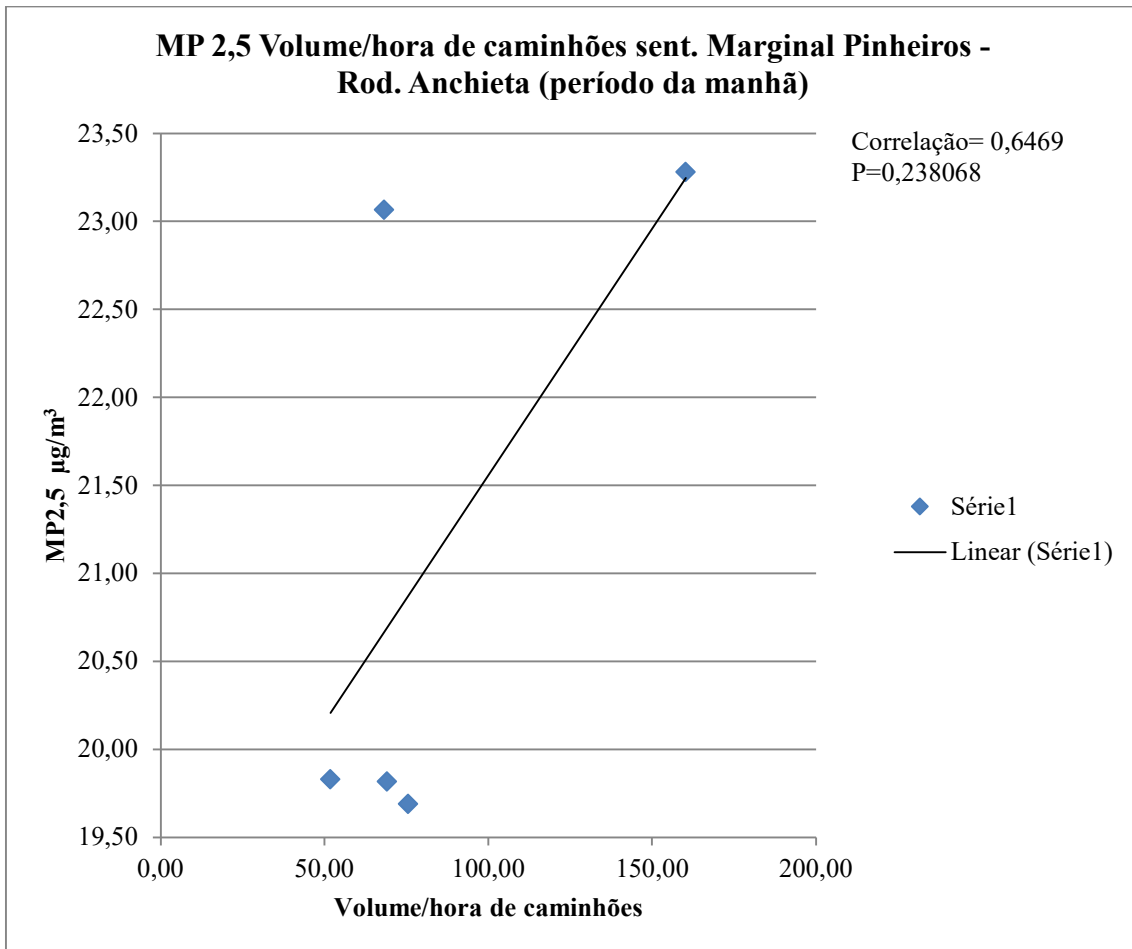


Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 47** observa-se uma correlação forte entre a média horária da concentração do poluente MP_{2,5} e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,7155$, e valor $p = 0,174214$ acima de 0,05 que mostra que correlação não é estatisticamente significativa.

Na **Figura 48** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de MP_{2,5} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã). Neste caso os dados se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010 por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela.

Figura 48 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP_{2,5} na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã)

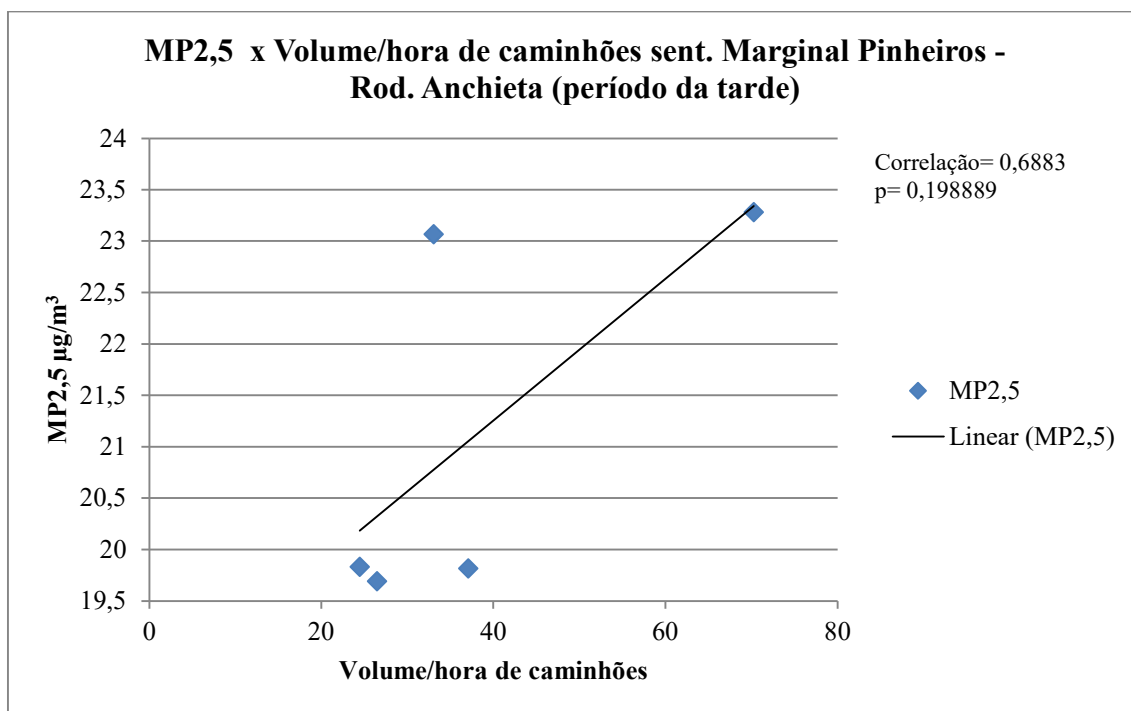


Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 48** observa-se uma correlação moderada entre a média horária da concentração do poluente MP_{2,5} e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,6469$, e valor $p = 0,238068$ acima de $0,05$ que mostra que a correlação não é estatisticamente significativa.

Na **Figura 49** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de MP_{2,5} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde). Neste caso os dados se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010 por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela.

Figura 49 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP_{2,5} na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde)



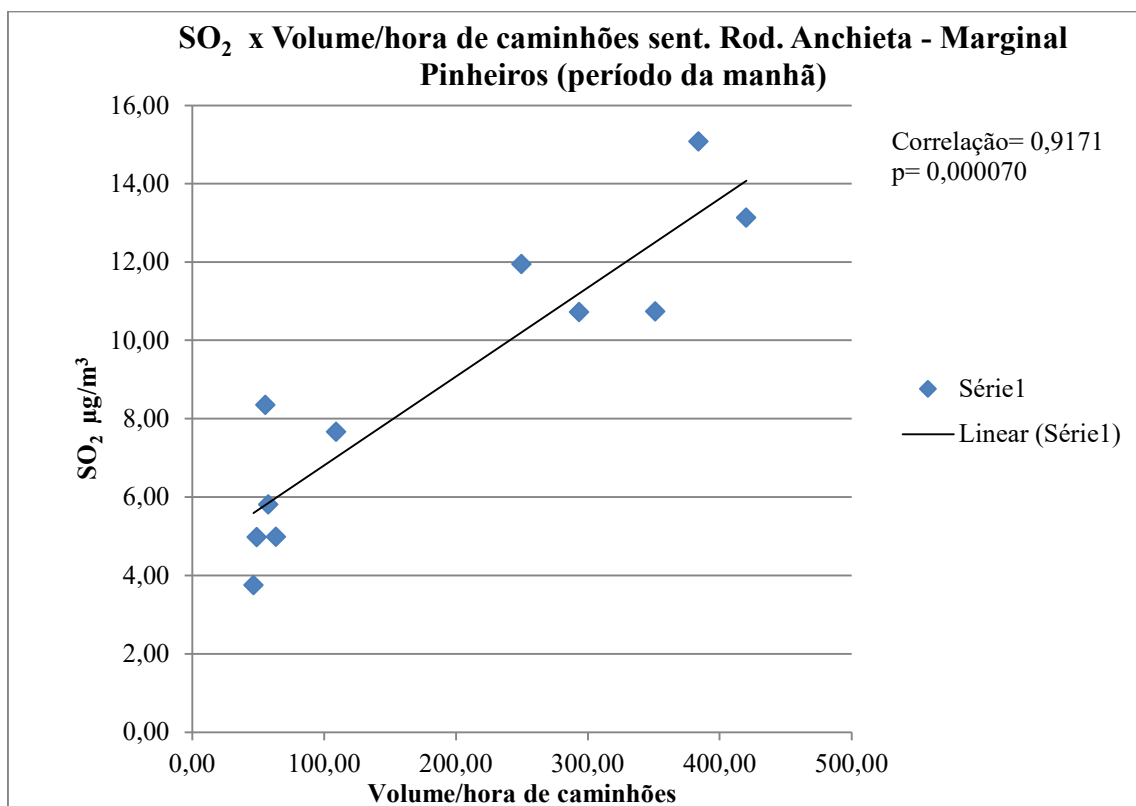
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 49** observa-se uma correlação moderada entre a média horária da concentração do poluente MP_{2,5} e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,6883$, e valor $p = 0,198889$ acima de 0,05 que mostra que a correlação não é estatisticamente significativa.

Os valores utilizados para cálculo de regressão linear da média do volume/hora de caminhões e respectiva concentração de MP_{2,5} foram utilizados a partir de 2011, período que já havia a restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes, apresentando diferença na quantidade de dados média horária da respectiva concentração de MP_{2,5} comparados a média horária das concentrações dos poluentes MP₁₀, NO_x e SO₂, que foram coletados em período anterior e posterior ao início da restrição de caminhões na via pela Portaria SMT 84/2010.

Na **Figura 50** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO₂ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã).

Figura 50 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da manhã)



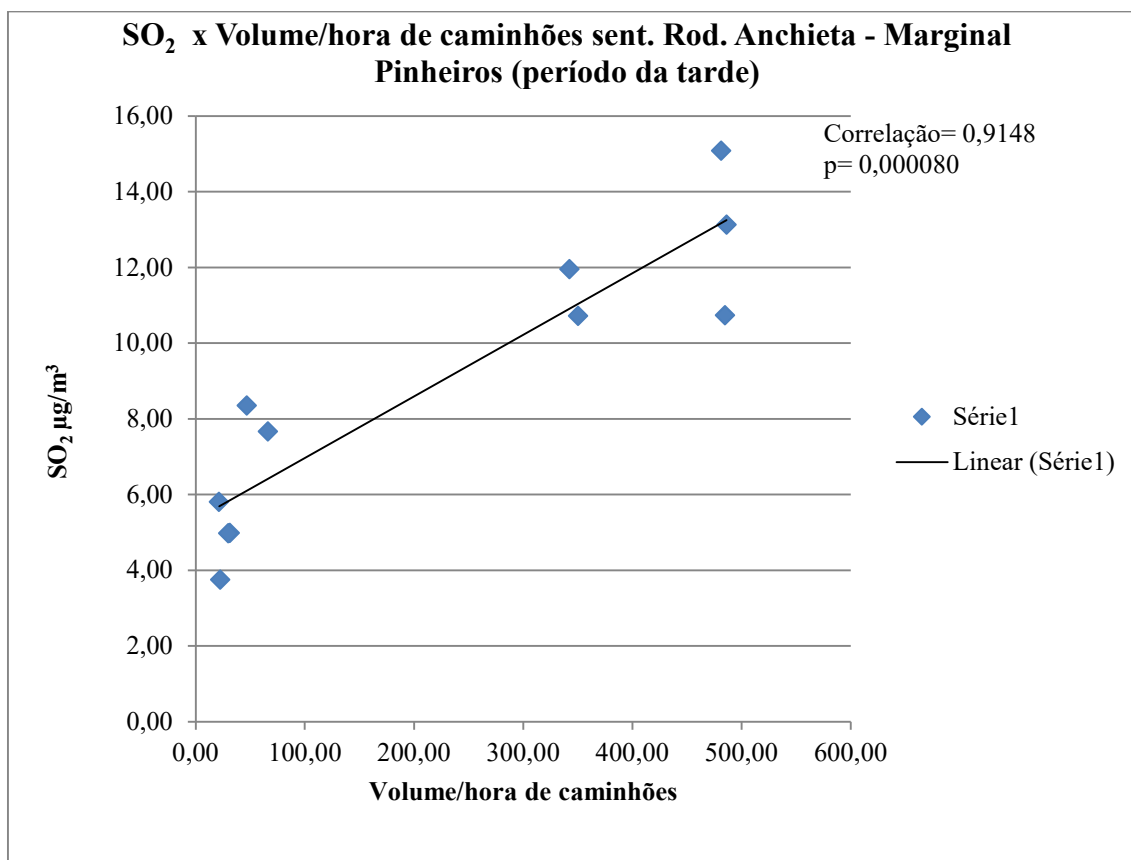
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 50** observa-se uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO₂ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9171$, e valor $p = 0,000070$ apresentando significância estatística.

Observa-se que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente SO₂, mostrando que a diminuição do volume/hora caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 51** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO₂ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde).

Figura 51 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros (período da tarde)



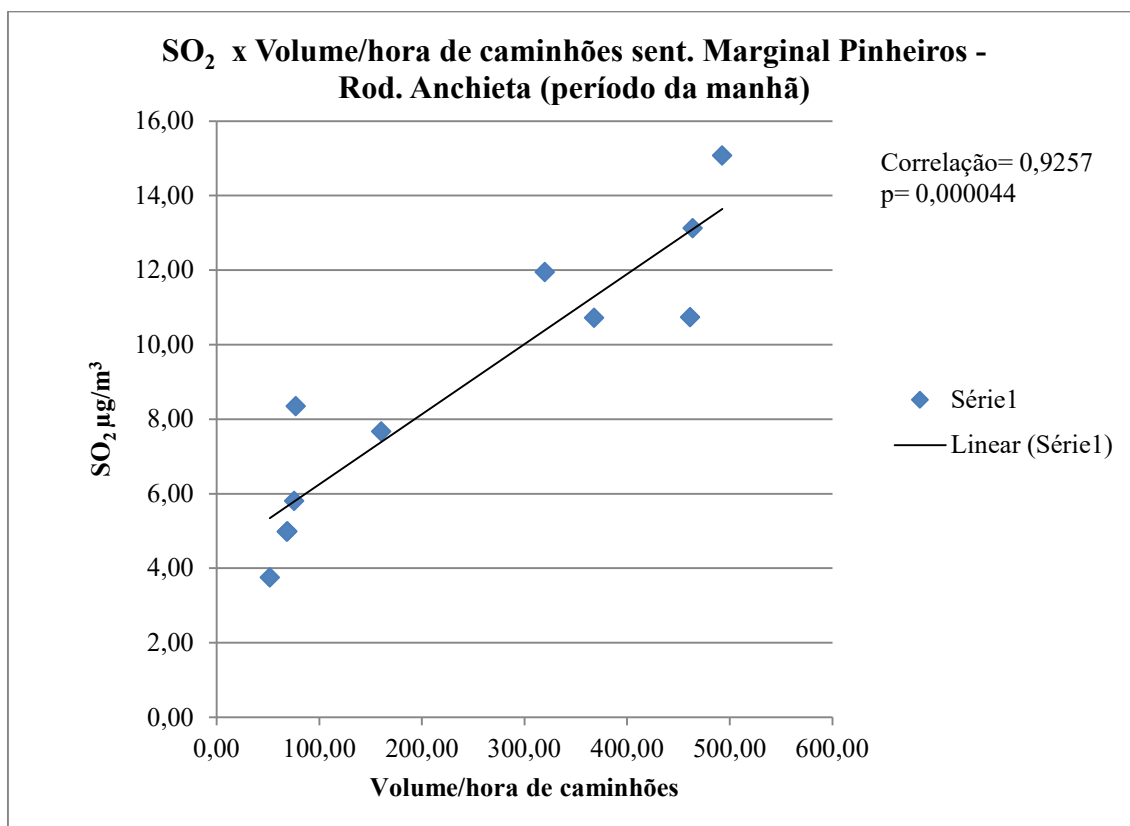
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 51** observa-se uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO₂ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9148$, e valor $p = 0,000080$ apresentando significância estatística.

Observa-se mais uma vez que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente SO₂, mostrando que a diminuição do volume/hora caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 52** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO₂ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã).

Figura 52 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da manhã)



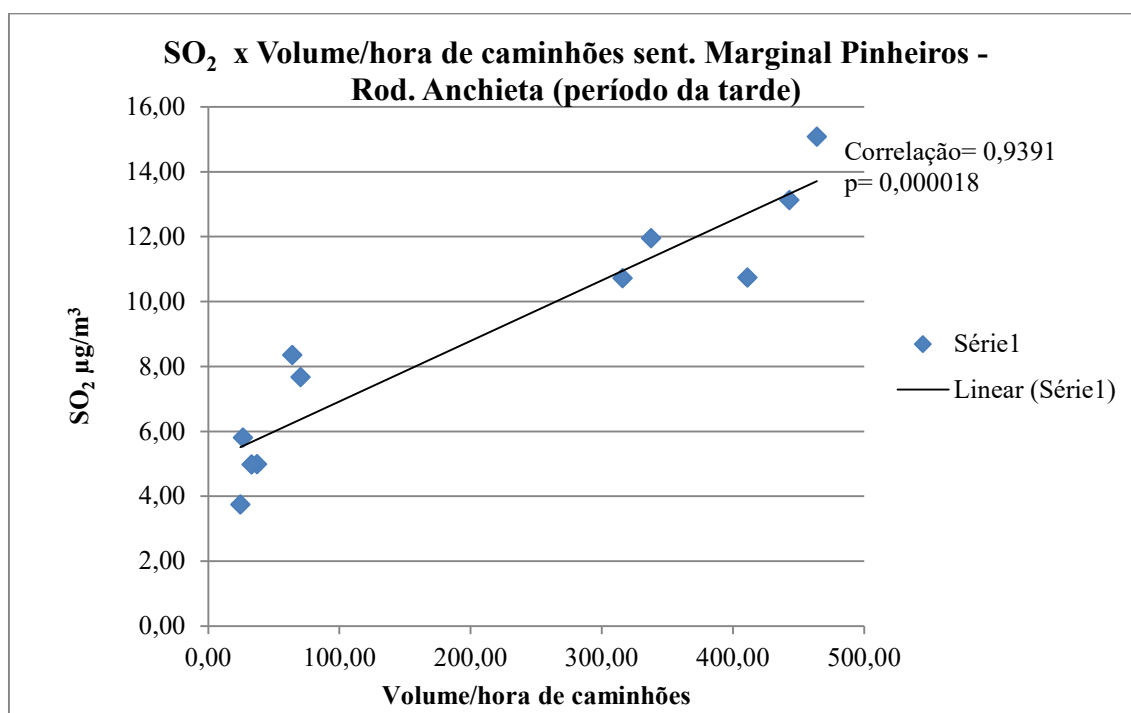
Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 52** observa-se uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO₂ e o volume/hora de caminhões, com $r = 0,9257$, e valor $p = 0,000044$ apresentando significância estatística.

Novamente observa-se que a queda do volume/hora de caminhões se relaciona com a queda de concentrações do poluente SO₂, mostrando que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

Na **Figura 53** é apresentado o gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO₂ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde).

Figura 53 - Gráfico de regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de SO₂ na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta (período da tarde)



Fonte: (Elaboração própria com dados da CET e QUALAR/CETESB)

Na **Figura 53** observa-se uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO₂ e a queda do volume/hora de caminhões, com $r = 0,9391$, e valor $p = 0,000018$ apresentando significância estatística.

Observa-se em conclusão que a queda do volume/hora de caminhões se relacionou com a queda da média horária das concentrações do poluente SO₂, em todas as situações mostradas, reforçando que a diminuição do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes contribui para diminuição desse poluente.

De acordo com as correlações e significância obtidas entre o volume/hora de caminhões e as concentrações dos poluentes NO_x, SO₂ e MP₁₀, observa-se que quanto maior o número de caminhões trafegando maior a concentração destes poluentes, com correlação estatisticamente significativa. O mesmo resultado foi obtido no estudo de Zhang (2019), que realizou análise de correlação espacial de emissões de NO_x, PM e SO₂, de caminhões pesados a diesel em 200 distritos de Pequim-Tianjin-Hebei, na China. O estudo mostrou que houve correlações positivas para os veículos pesados a diesel nos 200 distritos estudados da região.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Medidas de restrição à circulação de caminhões em vias do município de São Paulo se mostram favoráveis à menor emissão de poluentes. Após a restrição ao tráfego de veículos pesados (caminhões) na Av. dos Bandeirantes, em agosto de 2010, observou-se diminuição da concentração dos poluentes analisados, MP_{10} , NO_x e SO_2 , de acordo com os dados obtidos no período anterior e posterior a restrição dos veículos pesados na via, o que mostra que a política pública de restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes também foi eficaz na redução da poluição do ar provocada pela diminuição de emissões de veículos diesel.

Observou-se que a concentração de poluentes diminuiu aos fins de semana quando ocorre menor circulação de veículos na via, como era esperado.

De acordo com os resultados da análise estatística, a correlação da média do volume/hora de caminhões e concentração dos poluentes NO_x , MP_{10} e SO_2 , obtidos no período anterior e após a restrição ao tráfego de caminhões na Av. dos Bandeirantes, apresentou alta confiabilidade, mostrando correlação positiva estatisticamente significativa, com maior concentração de poluentes relacionado com maior número de caminhões trafegando na via. Isso mostra que, quanto maior o volume de caminhões circulando em determinadas vias da cidade, maior deverá ser o impacto à saúde da população da região referente às emissões de MP_{10} , NO_x e SO_2 dos veículos diesel.

Em relação ao $MP_{2,5}$ não foram obtidas correlações com significância estatística, provavelmente devido ao menor período de coleta dos dados pela CETESB em relação aos outros poluentes deste estudo e ser posterior ao início da restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, imposta pela Portaria SMT 84/2010. Desta forma, não é possível afirmar que o poluente $MP_{2,5}$ apresenta o mesmo impacto que os outros poluentes estudados. No entanto, o $MP_{2,5}$ é parte do MP_{10} e existe relação entre as concentrações destes dois poluentes, conforme (WHO, 2006) e assim, pode-se esperar correlação semelhante à obtida para MP_{10} se os períodos de dados fossem iguais.

Com este estudo conclui-se que algumas medidas de restrição de tráfego são relevantes para diminuição da concentração de poluentes dos veículos diesel em vias da cidade de São Paulo.

Os poluentes do ar provenientes de emissões veiculares, em especial os provenientes das emissões de veículos diesel, como o MP , NO_x e SO_2 causam efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente.

Medidas complementares para melhorar a eficácia de políticas públicas de restrição à circulação de veículos em relação à poluição do ar são benéficas, como metas mais restritivas, atendendo o Decreto Estadual 59113/2013, relacionadas a concentração de poluentes atmosféricos, para diminuir os impactos dos poluentes na saúde da população.

Manutenção preventiva periódica e eficaz dos veículos em uso e combustíveis de melhor qualidade, servem como alternativa para minimização da concentração de poluentes na atmosfera.

Políticas municipais e estaduais para minimização da emissão de poluentes, e o programa PROCONVE, atuando na tecnologia veicular e legislações para regulação da emissão de poluentes, se apresentam como essenciais para melhoria da qualidade do ar.

A renovação da frota e incentivos para financiamentos de novos veículos e retirada de circulação de veículos com grande emissão de poluentes surgem como alternativas para circulação de veículos com melhores tecnologias e, por consequência, menores emissões de poluentes.

A fiscalização de emissão veicular de veículos em uso, movidos a diesel, apresenta-se como uma forma de combate ao excesso de emissão veicular e a penalidade deveria ser ampliado aos veículos de todos os Estados da Federação, uma vez que rodovias importantes do país atravessam a RMS e veículos de outros estados também por aqui transitam.

A ampliação de outros modais de transporte como ferrovias podem beneficiar menores emissões de veículos diesel, substituindo transporte rodoviário com criação de zonas industriais e comerciais próximos a centros de distribuição abastecidos pela rede ferroviária a fim de diminuir os quilômetros percorridos por veículos diesel.

Alternativas de rotas para os veículos que atravessam o município de São Paulo poderiam ser utilizadas como o Rodoanel, que teve seus trechos ampliados nos últimos anos favorecendo o fluxo de veículos pesados, sem passar pelas áreas mais centrais da cidade.

A implementação de outras áreas de restrição de caminhões no município de São Paulo, em vias próximas a áreas residenciais que comportam grande fluxo de caminhões como Av. Salim Farah Maluf, corredor de acesso direto da Rodovia Presidente Dutra com a Rodovia Anchieta, se mostra relevante na diminuição do impacto das emissões de veículos pesados na qualidade do ar da cidade.

Pode ser sugerido por exemplo que de acordo com o ano-modelo de fabricação e fases do PROCONVE os veículos com menores emissões de poluentes teriam acesso a áreas restritas, denominadas de zonas de baixa emissões de poluentes, enquanto os veículos com maiores emissões teriam restrição de circulação nessas áreas.

Utilização de veículos que atendam menores emissões de poluentes, com combustíveis alternativos ao diesel, cumprindo a legislação municipal de São Paulo, surge também como boa alternativa na diminuição de emissões e consequente melhoria da qualidade do ar na região.

Todas essas medidas contribuem para menor impacto na saúde da população e promoção do desenvolvimento sustentável.

Finalmente, algumas limitações referentes ao estudo devem ser ressaltadas: vários fatores além daquele tido como base, influenciam na concentração de poluentes devido a variáveis como condições meteorológicas que impactam na concentração dos poluentes na atmosfera. Outros fatores também podem impactar a emissão de poluentes no período estudado, como renovação da frota com novas fases de controle estabelecidas pelo PROCONVE que apresentam menor emissão de poluentes e redução do enxofre nos combustíveis que diminui a concentração de MP. Veículos leves podem contribuir para aumento de emissão de poluentes como o NO_x , que pode ter sido influenciado pelo aumento do volume de tráfego após a restrição de veículos pesados. Por não se tratar de um experimento controlado não é possível isolar as variáveis a fim de que seja direcionado apenas aos elementos estudados no trabalho.

7. REFERENCIAS

ARB. Air Resources Board. **Estratégia para o plano de implementação do Estado da Califórnia**. California Environmental Protection Agency. 2016 Disponível em: <https://ww3.arb.ca.gov/planning/sip/2016sip/2016statesip.pdf>. Data de acesso: 04/09/2019

ASSUNÇÃO, J.V. de. **Poluição do Ar - Alguns Conceitos**. Departamento de Saúde Ambiental Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, março de 2020. São Paulo. [Apostila]

AZEVEDO, A. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: Rima, 2003. 340 p.

BAR – Bureau of Automotive Repair. **California Smog Check Program**. Bureau of Automotive Repair. PDE_18-354, revised 01/2019. Disponível em: https://www.bar.ca.gov/pdf/Smog_Check_Brochure.pdf. Data de acesso: 04/09/2019

BRANCO, G. M. **Sistemas “Retrofit” para redução de emissões diesel de veículos em uso**. ANTP/BNDES, AP/COPEL, Série Cadernos Técnicos, volume 6, julho de 2007. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15422?&locale=pt_BR. Data de acesso: 03/07/2020

CARSLAW, DC; ROPKINS, K. Openair, um pacote R para análise de dados de qualidade do ar (software). **Jornal Modelagem Ambiental e Software**, volume 27-28, nº0, p. 52-61, ano 2012, ISSN=1364-8152.

CARVALHO, A. D.; ROSA, H. A.; JUNIOR, J. P. Marinho. **Avaliação da Intensidade de emissão de fumaça preta pelo transporte coletivo na cidade de Campinas**. Revista Ciências do Ambiente on-line, agosto de 2007 volume 3, número 2. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/viewFile/98/72> . Data de acesso: 18/08/2019

CELLI, C. E. **Monitoramento do material particulado respirável suspenso na atmosfera no centro da cidade de São Carlos**. São Carlos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. São Carlos, 1999. Universidade Federal de São Carlos/DEQ, 1999.

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez**. Desempenho do sistema viário. Volumes 2005. Novembro/2006. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228079/2005%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez**. Desempenho do sistema viário. Volumes 2006. Outubro/2007. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228076/2006%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez**. Desempenho do sistema viário. Volumes 2007. Setembro/2008. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228073/2007%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez.** Desempenho do sistema viário. Dados de volume e velocidades 2008. Março/2009. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228070/2008%20%20volumes%20e%20velocidades%20e%20an%C3%A1lise%20de%20dados.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez.** Desempenho do sistema viário. Volume e velocidades 2009. Março/2010. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228067/2009%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez.** Desempenho do sistema viário. Volume e velocidades 2010. Março/2011. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228064/2010%20%20volumes%20e%20velocidades%20e%20an%C3%A1lise%20de%20dados.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez.** Desempenho do sistema viário. 2011. Agosto/2012. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228061/2011%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez.** Desempenho do sistema viário. Volume e velocidade 2012. Março/2013. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/228058/2012%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez.** Desempenho do sistema viário principal. Volume e velocidade 2013. Maio/2014. Disponível em: http://www.cetsp.com.br/media/334435/relatorio_dsvp2013b.pdf. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da mobilidade.** Mobilidade no sistema viário principal. Volume e velocidade 2014. Agosto/2015. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/409155/msvp-2014-volume-e-velocidade.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da mobilidade.** Mobilidade no sistema viário principal. Volume e velocidades 2015. Setembro/2016. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/499255/2015.pdf>. Data de acesso: 15/10/2020

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da mobilidade.** Mobilidade no sistema viário principal. Volume e velocidade 2016. Junho/2017. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/574933/2016volumevelocidade.pdf>. Data de acesso: 12/09/2021

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Dióxido de Enxofre.** Ficha de Informações Toxicológicas maio/2017(a). Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Dioxido-de-enxofre.pdf>. Data de acesso: 10/07/2020

CETESB. **PROCONVE 30 anos**. Evolução e Futuro do PROCONVE. História e resultado dos 30 anos de política de controle das emissões dos veículos no Brasil. Ano 2017(b)

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apresentação do treinamento de operadores do Programa de Melhoria da Manutenção de Veículos a Diesel (PMMVD) 2020(c)**. Setor de Controle de Emissões de Veículos em uso (ETHF). São Paulo. SP.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade do Ar**, série relatórios, 2019. São Paulo, 2020 (a). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>. Data de acesso: 04/07/2020

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo**, série relatórios, 2019. São Paulo, 2020(b). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>. Data de acesso: 23/06/2020

CETESB. Qualidade do Ar. Poluentes. Material Particulado. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Data de acesso: 02/07/2021

COBO, E. D. **A emissão de fumaça preta de veículos diesel e a saúde: Índice de eficiência de fiscalização por localidade**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Escola Superior da CETESB como requisito para obtenção do título de Especialista em Conformidade Ambiental. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2018/10/Evandro-Davi-Cobo-TCC-2018-T1.pdf>. Data de acesso: 27/05/2019

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986**. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE- Publicada no DOU, de 17 de junho de 1986, Seção 1, páginas 8792-8795

_____. **Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.- Data da legislação: 25/08/1989 - Publicada no DOU, de 25 de agosto de 1989, Seção 1, páginas 14713-14714

_____. **Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR- Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939. Complementa a Resolução no 5/89

_____. **Resolução CONAMA no 491 de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. - Data da legislação: 19/11/2018 - Publicação DOU nº 223, de 21/11/2018, Seção 01, Página 155-156 (Revoga a Resolução Conama nº 03/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 05/1989) **CONAMA 03/1990**

_____. **Resolução CONAMA no 492 de 20 de dezembro de 2018**– Estabelece as Fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário, altera a Resolução CONAMA nº 15/1995 e dá outras providências – Data da legislação: 20/12/2018 – Publicação DOU Nº 246, DE 24/12/2018, Seção 01, Página 141.

CONTRAN. **Resolução 507/76. Estabelece requisitos de controle de emissão de gases do cârter de motores veiculares, movidos a gasolina.** Conselho Nacional de Trânsito, usando das atribuições que lhe confere o inciso XIV, do artigo 5º, da Lei nº 5.108 de 21 de setembro de 1966 (Código Nacional de Trânsito) com a redação que lhe deu o Decreto-Lei nº 237, de 28 de fevereiro de 1967, considerando a decisão proferida pelo colegiado em sua reunião do dia 13 de julho de 1976, conforme consta no processo nº 277/75 – CONTRAN.

ESTEVES, R. T.; BARBOSA, S. R. C. S.; SILVA, E P.; ARAÚJO, P. D. **Estimativa dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo.** NIPE/FEM/Unicamp. Campinas, 2004 Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT12/ghesa_roberta.pdf. Data de acesso 05/08/2019.

GLOBO. **Dia de combate a poluição.** SP1. 2019. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/7842205/programa/>. Data de acesso: 14/08/2019

GENC, S.; ZADEOGLULARI, Z.; FUSS S. H.; GENC K.. The Adverse Effects of Air Pollution on the Nervous System. **Journal of Toxicology.** Volume 2012 (2012), Article ID 782462, 23 pages. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jt/2012/782462/>. Data de acesso: 14/02/2021.

GODISH, Thad. **Air quality.** 4ª edição. Lewis Publishers, 2004

GOOGLE, INC. Google Maps. **Localização da estação de qualidade do ar da CETESB Congonhas.** 2021. Disponível em: https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1M2poSt_YI5Iw9EECs5EUi_IZZk74FgzN&hl=pt-BR&ll=-23.61580602639087%2C-46.664117350401305&z=18. Data de acesso: 31/01/2021

GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química.** Ano, 2011, 3 (5), 434- 445. ISSN 1984-6835. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v3n5a08.pdf>. Data de acesso: 02/05/2019

IARC. **Diesel Engine Exhaust Carcinogenic.** International Agency for Research on Cancer. WHO, 2012. Disponível em: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf. Data de acesso: 07/10/2019

LONDON. **The Mayor's Ultra Low Emission Zone for London.** 2019. Disponível em: <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality/mayors-ultra-low-emission-zone-london>. Data de acesso: 06/08/2019

MANAHAN, S.E. **Environmental chemistry.** 6. ed. Boca Raton: CRC Press, 1994. 843 p.

MARBLE-ARCH.LONDON. **Ultra Low Emission Zone (ULEZ) begins 8 April. Are you ready?** 2019. Disponível em: <https://marble-arch.london/news/ulez-are-you-ready/>. Data de acesso: 04/08/2019

MICROSOFT EXCEL. **Microsoft excel 2010.** Computer software. [S.l.]: 2010.

MMA. **Padrões da Qualidade do Ar.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/padroes-de-qualidade-do-ar.html>. Data de acesso: 06/05/2019

NAPCP BELGIUM. **Plano Nacional de Controle de Poluição do Ar.** Comitê de Coordenação para Política Ambiental Internacional- Grupo de Trabalho em Atmosfera. Governo Federal, Flemish Region, Walloon Region, Brussels Capital Region. 2019. 27/03/2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/reduction_napcp/Belgium%20Final%20NAPCP%20EN%20Annex%20w%20cover.pdf. Data de acesso: 04/08/2019

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respiram ar poluído.** 2019. 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. Data de acesso: 16/05/2019

OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde. **Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respiram ar poluído.** 2018. 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. Data de acesso: 09/05/2019

PEREIRA, J. L. G.; FORTES, J. D. N.; MARTINS, E. M. Poluição do ar por material particulado em área intraurbana no Rio de Janeiro: aspectos metodológicos, 2015. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil.** Volume 10, nº3, 53-67. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/32901/19497>. Data de acesso: 19/08/2019

POLI, M.C.; SIQUEIRA, L.C.G. **Poluição do Ar: Gerenciamento e Controle de Fontes.** São Paulo. Curso de Pós Graduação de Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais. Escola Superior da CETESB, 2017. [Apostila]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2017/11/Apostila-Polui%C3%A7%C3%A3o-do-Ar-Gerenciamento-e-Controle-de-Fontes.pdf>. Data de acesso: 10/07/2020

QUALAR. **Qualidade do Ar.** CETESB. Disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/home.do>. Data de acesso: 15/11/2020

RODRIGUES, C. G.; VORMITTAG, E. M. P. A.; SALDIVA P. H. N. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis a poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. **Revista Brasileira de Estudos da População.** Rio de Janeiro, v.32, nº3, p.489-509, set./dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v32n3/0102-3098-rbepop-32-03-0489.pdf>. Data de acesso: 19/08/2019

ROQUE, Antonio. **Significância do Coeficiente de Correlação. Estatística II – Aula 15.** Disponível em: <http://sisne.org/Disciplinas/Grad/ProbEstat2/aula15.pdf>. Data de acesso: 05/01/2021

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 997, de 31/05/1976. **Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente.** Diário oficial – Executivo, 01/06/1976, p.1

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8468 DE 08/09/1976. **Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.** Diário Oficial - Executivo, 09/09/1976, p.4

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. **Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas.** Diário Oficial do Estado de São Paulo. DOE-I 25/04/2013, p. 3.

SÃO PAULO (município). Lei nº 10950 de 24 de janeiro de 1991. **Dispõe sobre o uso de gás natural como combustível dos ônibus urbanos e dá outras providências.** Diário Oficial da Cidade de 25/01/1991, p.1. Revogada pela Lei 13241 de 12 de dezembro de 2001

SÃO PAULO (município). Lei nº 13241 de 12 dezembro de 2001. **Dispõe sobre a organização dos serviços do Sistema de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros na Cidade de São Paulo, autoriza o Poder Público a delegar a sua execução, e dá outras providências.** Diário Oficial da Cidade de 13/12/2001, p.1

SÃO PAULO (município). Lei nº 13430 de 13 setembro de 2002. **Plano Diretor Estratégico.** Diário oficial da cidade de 14/09/2002, p.1

SÃO PAULO (município). Lei nº 13385 de 25 agosto de 2004. **Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo.** Diário oficial da cidade de 06/10/2004, p.1

SÃO PAULO (município). Decreto nº 48338 de 10 de maio de 2007. **Estabelece normas para o trânsito de caminhões e para operações de carga e descarga em estabelecimentos situados no Município de São Paulo.** Diário oficial da cidade de 11/05/2007, p.1

SÃO PAULO (município). Lei nº 14933, de 5 de junho de 2009. **Institui a política de mudança no clima no município de São Paulo.** Diário oficial da cidade 06/06/2009 p.1

SÃO PAULO (município). Portaria Secretaria Municipal de Transportes – SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010. **Dispõe sobre o trânsito de caminhões em determinadas vias do município e estabelece suas excepcionalidades.** Diário oficial da cidade de 25/08/2010, p.21

SÃO PAULO (município). Lei nº 16802 de 18 de janeiro de 2018. **Dá nova redação ao art. 50 da Lei nº 14.933/2009, que dispõe sobre o uso de fontes motrizes de energia menos poluentes e menos geradoras de gases do efeito estufa na frota de transporte coletivo urbano do Município de São Paulo e dá outras providências.** Diário oficial da cidade de 18/01/2018, p.1

SÃO PAULO, 2018 (município). Portaria Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes- SMT nº 137 de 3 de agosto de 2018. **Padroniza medidas regulamentares referentes às restrições ao trânsito de caminhões.** Diário Oficial da Cidade de 04/08/2018, p.3

SÃO PAULO (município). Decreto 58900 de 01 de agosto de 2019. **Altera o Decreto nº 58.323, de 16 de julho de 2018, que dispõe sobre as competências, a composição e o funcionamento do Comitê Gestor do Programa de Acompanhamento da Substituição de Frota por Alternativas Mais Limpas, instituído pelo artigo 50, § 6º, inciso II da Lei nº**

14.933, de 5 de junho de 2009, que estabelece a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo, na redação conferida pelo artigo 1º da Lei nº 16.802, de 18 de janeiro de 2018. Diário oficial da cidade de 02/08/2019, p.3

SCWARTZ, J. Particulate air pollution and chronic respiratory disease.. **Environmetal Research.**; 62(1), 7-13.; 1993. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935183710832>. Data de acesso: 14/02/2021

SHIMAKURA, Silvia. **Correlação.** In **CE003 - Estatística II.** Paraná. Departamento de Estatística- Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Data de acesso: 09/12/2020

UE, União Européia. **Diretiva (UE) 2016/2284 do parlamento europeu e do conselho de 14 de dezembro de 2016 relativa à redução das emissões nacionais de certos poluentes atmosféricos, que altera a Diretiva 2003/35/CE e revoga a Diretiva 2001/81/CE.** Jornal Oficial da União Européia, 17/12/2016, L344/1 59º ano, ISSN 1977-0774. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=pt> . Data de acesso: 07/10/2019

UE, União Européia. **Orientações para a elaboração de programas nacionais de controle da poluição atmosférica ao abrigo da Diretiva (UE) 2016/2284 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à redução das emissões nacionais de certos poluentes atmosféricos, 2019.** Jornal Oficial da União Européia, C77/1, 01/03/2019, volume 62, ISSN 1977-091X. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0301\(01\)&from=PT](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0301(01)&from=PT). Data de acesso: 25/08/2019

UK. Department for Transport. **The road to zero, 2018.** Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/739460/road-to-zero.pdf . Data de acesso: 22/08/2019

UMICORE. **Umicore Automotive Catalysts. 2020.** Disponível em: <https://ac.umicore.com/en/technologies/diesel-oxidation-catalyst/> . Data de acesso: 30/06/2020
US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US.EPA). **The Particle Pollution Report.** Current Understanding of Air Quality and Emissions through 2003. EPA 454-R-04-002 December 2004. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-11/documents/pp_report_2003.pdf. Data de acesso: 14/02/2021

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US.EPA). **Our Nation's Air – Status and Trends through 2008.** EPA Report 454/R-09-002, EPA -454/R-09-002 February 2010. United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1008KCP.PDF?Dockey=P1008KCP.PDF>. Data de acesso: 07/02/2021

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US.EPA). **Basic Information about NO₂.** 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2> . Data de acesso: 15/07/2020

VIALI, Lory. **Correlação e Regressão, texto V, Enfoque: Exatas. Série Estatística Básica.** PUCRS, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Disponível em:

http://www.mat.ufrgs.br/~giacomo/Livros/Apostilas-Lori/Apostila_5.pdf , Data de acesso: 09/12/2020

WHO. World Health Organization. **Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide**. Report on a WHO Working Group Bonn, Germany 13–15 January 2003. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107478/E79097.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Data de acesso: 02/08/2019

WHO. World Health Organization. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**. Global update 2005. Geneva, 2006. Summary of risk assessment. WHO Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1. Data de acesso: 23/05/2019

ZHANG, B; WU, S; CHENG, S; LU, F.; PENG, P. Spatial Characteristics and Factor Analysis of Pollution Emission from Heavy-Duty Diesel Trucks in the Beijing-Tianjin-Hebei Region China. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 2019, **16(24)**, 4973. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph16244973>

ANEXO A – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes no ano de 2005, no período da manhã

Posto	Data	Hora	volume horário					
			Marginal Tietê / Marginal Pinheiros			Marginal Pinheiros / Marginal Tietê		
			Manhã 07:00 - 10:00			Manhã 07:00-10:00		
			Caminhões			Caminhões		
			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+	2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Pista Central	08/12/2005	07:00 - 08:00	140	109	181	166	119	85
		08:00 - 09:00	127	85	131	152	110	89
		09:00 - 10:00	179	146	163	165	119	111
1 Pista Lateral	08/12/2005	07:00 - 08:00	31	5	4	98	81	73
		08:00 - 09:00	23	12	5	95	70	64
		09:00 - 10:00	22	3	2	121	91	94
2	08/12/2005	07:00 - 08:00	173	121	180	251	193	160
		08:00 - 09:00	137	101	140	240	191	151
		09:00 - 10:00	206	156	177	257	208	192
2	14/12/2005	07:00 - 08:00	128	68	135	246	211	135
		08:00 - 09:00	133	77	140	280	144	161
		09:00 - 10:00	209	139	227	330	186	220
2	Média	07:00 - 08:00	151	95	158	249	202	148
		08:00 - 09:00	135	89	140	260	168	156
		09:00 - 10:00	208	148	202	294	197	206
3	14/12/2005	07:00 - 08:00	193	116	190	250	220	144
		08:00 - 09:00	154	102	154	296	147	167
		09:00 - 10:00	240	162	251	352	179	227
4	08/12/2005	07:00 - 08:00	156	104	91	117	57	33
		08:00 - 09:00	171	132	82	151	90	43
		09:00 - 10:00	204	134	84	192	88	53
Volume/hora			148,57	100,19	135,10	217,24	146,24	129,14

Fonte dos dados: CET (2006)

ANEXO B– Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes no ano de 2005, no período da tarde

Posto	Data	Hora	volume horário					
			Marginal Tietê / Marginal Pinheiros			Marginal Pinheiros / Marginal Tietê		
			Tarde 17:00 - 20:00			Tarde 17:00 - 20:00		
			Caminhões			Caminhões		
			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+	2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Pista Central	08/12/2005	17:00 - 18:00	216	152	226	64	59	68
		18:00 - 19:00	196	127	202	81	39	85
		19:00 - 20:00	183	155	279	70	52	107
1 Pista Lateral	08/12/2005	17:00 - 18:00	57	21	4	128	63	102
		18:00 - 19:00	36	16	6	140	69	102
		19:00 - 20:00	24	15	4	163	65	143
2	08/12/2005	17:00 - 18:00	242	158	227	236	115	181
		18:00 - 19:00	223	157	218	245	123	207
		19:00 - 20:00	171	150	258	262	112	281
2	14/12/2005	17:00 - 18:00	270	190	228	249	128	274
		18:00 - 19:00	208	142	209	219	104	228
		19:00 - 20:00	142	121	211	228	109	275
2	Média	17:00 - 18:00	256	174	228	243	122	228
		18:00 - 19:00	216	150	214	232	114	218
		19:00 - 20:00	157	136	235	245	111	278
3	14/12/2005	17:00 - 18:00	297	195	225	308	163	266
		18:00 - 19:00	192	143	205	254	112	223
		19:00 - 20:00	150	103	223	267	141	265
4	08/12/2005	17:00 - 18:00	231	119	68	195	91	53
		18:00 - 19:00	195	105	68	130	61	55
		19:00 - 20:00	192	97	89	94	54	46
Volume/hora			183,5238	125,0476	172,7143	193	95,57143	175,476

Fonte dos dados: CET (2006)

ANEXO C – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2006, no período da manhã

Posto	Data	Hora	volume horário					
			Marginal Tietê / Marginal Pinheiros			Marginal Pinheiros / Marginal Tietê		
			Manhã 07:00 - 10:00			Manhã 07:00 - 10:00		
			Caminhões			Caminhões		
			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+	2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 central	05/12/2006	07:00 - 08:00	158	98	202	147	97	73
		08:00 - 09:00	163	91	174	138	83	72
		09:00 - 10:00	176	157	243	197	102	137
1* lateral	05/12/2006	07:00 - 08:00	35	3	0	94	60	67
		08:00 - 09:00	13	1	1	79	42	44
		09:00 - 10:00	43	4	1	105	77	97
2	05/12/2006	07:00 - 08:00	130	94	165	221	158	122
		08:00 - 09:00	140	91	123	209	158	143
		09:00 - 10:00	199	138	195	285	181	214
2	06/12/2006	07:00 - 08:00	194	124	187	200	196	168
		08:00 - 09:00	165	104	163	224	176	153
		09:00 - 10:00	254	168	227	250	217	227
2	Média	07:00 - 08:00	162	109	176	211	177	145
		08:00 - 09:00	153	98	143	217	167	148
		09:00 - 10:00	227	153	211	268	199	221
3	06/12/2006	07:00 - 08:00	210	130	201	205	207	184
		08:00 - 09:00	174	207	171	254	169	165
		09:00 - 10:00	226	199	208	309	210	225
4	05/12/2006	07:00 - 08:00	203	145	74	97	54	34
		08:00 - 09:00	169	110	76	165	81	50
		09:00 - 10:00	249	130	85	208	112	47
Volume/hora			163,9524	112,0952	144,0952	194,4286	139,1905	130,2857

Fonte dos dados: CET (2007)

ANEXO D – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2006, no período da tarde

Posto	Data	Hora	volume horário					
			Marginal Tietê / Marginal Pinheiros			Marginal Pinheiros / Marginal Tietê		
			Tarde 17:00 - 20:00			Tarde 17:00 - 20:00		
			Caminhões			Caminhões		
			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+	2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 central	05/12/2006	17:00 - 18:00	263	206	268	98	57	115
		18:00 - 19:00	218	133	281	60	31	91
		19:00 - 20:00	141	90	269	66	57	92
1* lateral	05/12/2006	17:00 - 18:00	28	6	0	124	85	144
		18:00 - 19:00	26	5	3	102	56	127
		19:00 - 20:00	19	5	1	106	68	143
2	05/12/2006	17:00 - 18:00	271	204	295	248	123	242
		18:00 - 19:00	194	144	255	197	112	212
		19:00 - 20:0	124	120	207	179	102	249
2	06/12/2006	17:00 - 18:00	159	162	226	230	136	253
		18:00 - 19:00	158	250	313	162	91	193
		19:00 - 20:00	138	152	262	211	128	282
2	Média	17:00 - 18:00	215	183	261	239	130	248
		18:00 - 19:00	176	197	284	180	102	203
		19:00 - 20:00	131	136	235	195	115	266
3	06/12/2006	17:00 - 18:00	148	125	212	263	135	244
		18:00 - 19:00	196	180	286	203	112	193
		19:00 - 20:00	139	103	264	265	142	309
4	05/12/2006	17:00 - 18:00	273	124	94	160	88	59
		18:00 - 19:00	162	89	67	164	59	51
		19:00 - 20:00	149	95	92	101	58	48
Volume/hora			158,4762	129	198,8095	169,1905	94,61905	179,2381

Fonte dos dados: CET (2007)

**ANEXO E – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos
Bandeirantes do ano de 2007, no período da manhã**

Posto	Data	Hora	volume horário					
			Marginal Tietê / Marginal Pinheiros			Marginal Pinheiros / Marginal Tietê		
			Manhã 07:00 - 10:00			Manhã 07:00 - 10:00		
			Caminhões			Caminhões		
			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+	2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 central	13/12/2007	07:00 - 08:00	162	102	197	184	136	86
		08:00 - 09:00	129	80	159	189	96	99
		09:00 - 10:00	168	141	188	172	126	138
1* lateral	13/12/2007	07:00 - 08:00	25	11	0	89	77	57
		08:00 - 09:00	32	5	1	97	62	77
		09:00 - 10:00	33	8	1	151	86	107
?	13/12/2007	07:00 - 08:00	178	107	188	265	215	132
		08:00 - 09:00	135	88	130	264	174	174
		09:00 - 10:00	182	142	196	262	188	215
?	17/12/2007	07:00 - 08:00	132	95	151	224	183	104
		08:00 - 09:00	89	59	89	164	100	73
		09:00 - 10:00	244	143	207	275	152	188
?	Média	07:00 - 08:00	155	101	170	245	199	118
		08:00 - 09:00	112	74	110	214	137	124
		09:00 - 10:00	213	143	202	269	170	202
?	17/12/2007	07:00 - 08:00	165	104	173	218	174	131
		08:00 - 09:00	122	54	91	159	106	75
		09:00 - 10:00	231	172	227	283	165	192
4	17/12/2007	07:00 - 08:00	99	53	26	186	134	61
		08:00 - 09:00	155	62	36	171	84	58
		09:00 - 10:00	196	74	56	213	139	80
Volume/hora			140,8095	86,57143	123,7143	204,4762	138,2381	118,619

Fonte dos dados: CET (2008)

**ANEXO F – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos
Bandeirantes do ano de 2007, no período da tarde**

Posto	Data	Hora	volume horário					
			Marginal Tietê / Marginal Pinheiros			Marginal Pinheiros / Marginal Tietê		
			Tarde 17:00 as 20:00			Tarde 17:00 as 20:00		
			Caminhões			Caminhões		
			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+	2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 central	13/12/2007	17:00 - 18:00	235	163	235	66	56	82
		18:00 - 19:00	199	153	224	94	46	77
		19:00 - 20:00	202	164	227	62	34	98
1* lateral	13/12/2007	17:00 - 18:00	44	7	4	115	86	137
		18:00 - 19:00	23	5	3	112	68	127
		19:00 - 20:00	22	15	8	95	64	141
2	13/12/2007	17:00 - 18:00	282	230	242	158	89	280
		18:00 - 19:00	245	195	204	167	83	195
		19:00 - 20:00	212	176	254	96	85	200
2	17/12/2007	17:00 - 18:00	284	201	261	228	143	238
		18:00 - 19:00	201	140	169	138	79	189
		19:00 - 20:00	144	149	229	162	120	184
2	Média	17:00 - 18:00	283	216	252	193	116	259
		18:00 - 19:00	223	168	187	153	81	192
		19:00 - 20:00	178	163	242	129	103	192
3	17/12/2007	17:00 - 18:00	258	184	237	280	166	240
		18:00 - 19:00	199	154	210	174	94	175
		19:00 - 20:00	129	126	212	204	138	246
4	17/12/2007	17:00 - 18:00	184	107	64	213	133	95
		18:00 - 19:00	152	82	39	181	71	59
		19:00 - 20:00	91	54	38	165	113	75
Volume/hora			180,48	135,81	168,62	151,67	93,71	165,76

Fonte dos dados: CET (2008)

ANEXO G – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano 2008, sent. Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Central	07:00 - 08:00	136	90	76		17:00 - 18:00	67	15	68
	07:15 - 08:15	129	74	62		17:15 - 18:15	65	18	62
	07:30 - 08:30	140	67	63	17:30 - 18:30	58	20	57	
	07:45 - 08:45	134	74	75	17:45 - 18:45	43	23	50	
	08:00 - 09:00	120	66	70	18:00 - 19:00	33	20	45	
	08:15 - 09:15	130	66	80	18:15 - 19:15	34	23	54	
	08:30 - 09:30	132	74	93	18:30 - 19:30	34	25	53	
	08:45 - 09:45	117	73	96	18:45 - 19:45	30	21	56	
	09:00 - 10:00	117	83	115	19:00 - 20:00	30	24	53	
	Total 3 horas	373	239	261	Total 3 horas	130	59	166	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Lateral	07:00 - 08:00	62	57	63		17:00 - 18:00	96	51	138
	07:15 - 08:15	56	46	60		17:15 - 18:15	84	48	128
	07:30 - 08:30	55	44	68	17:30 - 18:30	72	48	105	
	07:45 - 08:45	63	46	67	17:45 - 18:45	69	42	114	
	08:00 - 09:00	67	49	67	18:00 - 19:00	52	42	108	
	08:15 - 09:15	63	53	72	18:15 - 19:15	59	41	127	
	08:30 - 09:30	70	53	98	18:30 - 19:30	67	34	149	
	08:45 - 09:45	70	58	111	18:45 - 19:45	65	34	144	
	09:00 - 10:00	86	61	131	19:00 - 20:00	69	32	150	
	Total 3 horas	215	167	261	Total 3 horas	217	125	396	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	195	151	134		17:00 - 18:00	194	95	201
	07:15 - 08:15	169	131	126		17:15 - 18:15	179	80	186
	07:30 - 08:30	168	114	129	17:30 - 18:30	158	74	174	
	07:45 - 08:45	164	104	130	17:45 - 18:45	140	74	158	
	08:00 - 09:00	160	103	124	18:00 - 19:00	122	74	161	
	08:15 - 09:15	170	115	135	18:15 - 19:15	114	73	168	
	08:30 - 09:30	171	122	149	18:30 - 19:30	104	73	173	
	08:45 - 09:45	170	132	174	18:45 - 19:45	103	76	185	
	09:00 - 10:00	194	147	207	19:00 - 20:00	95	66	183	
	Total 3 horas	549	401	465	Total 3 horas	411	235	545	

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	224	146	136		17:00 - 18:00	242	122	190
	07:15 - 08:15	183	131	119		17:15 - 18:15	213	103	171
	07:30 - 08:30	165	114	119		17:30 - 18:30	188	93	157
	07:45 - 08:45	165	103	115		17:45 - 18:45	180	86	152
	08:00 - 09:00	148	109	106		18:00 - 19:00	162	83	145
	08:15 - 09:15	148	121	106		18:15 - 19:15	170	82	169
	08:30 - 09:30	149	122	114		18:30 - 19:30	157	87	177
	08:45 - 09:45	150	144	134		18:45 - 19:45	139	87	189
	09:00 - 10:00	193	155	169		19:00 - 20:00	140	80	189
	Total 3 horas	565	410	411		Total 3 horas	544	285	524

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	185	101	75		17:00 - 18:00	239	130	142
	07:15 - 08:15	173	93	65		17:15 - 18:15	202	106	138
	07:30 - 08:30	175	88	60		17:30 - 18:30	197	81	127
	07:45 - 08:45	190	98	75		17:45 - 18:45	176	76	119
	08:00 - 09:00	208	121	74		18:00 - 19:00	150	66	108
	08:15 - 09:15	207	120	75		18:15 - 19:15	145	70	94
	08:30 - 09:30	233	128	80		18:30 - 19:30	139	76	93
	08:45 - 09:45	236	131	82		18:45 - 19:45	116	69	85
	09:00 - 10:00	218	121	97		19:00 - 20:00	118	66	83
	Total 3 horas	611	343	246		Total 3 horas	507	262	333
	Volume/hora		154	104	110	Volume/hora		121	64

Fonte dos dados: CET (2009)

ANEXO H - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano 2008, sent. Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Central	07:00 - 08:00	134	112	131		17:00 - 18:00	224	176	266
	07:15 - 08:15	112	92	106		17:15 - 18:15	206	152	247
	07:30 - 08:30	111	93	104	17:30 - 18:30	183	119	257	
	07:45 - 08:45	102	91	110	17:45 - 18:45	168	117	227	
	08:00 - 09:00	111	91	134	18:00 - 19:00	162	109	208	
	08:15 - 09:15	130	105	145	18:15 - 19:15	168	105	223	
	08:30 - 09:30	133	107	175	18:30 - 19:30	170	123	249	
	08:45 - 09:45	161	128	188	18:45 - 19:45	166	110	247	
	09:00 - 10:00	172	140	201	19:00 - 20:00	145	97	252	
	Total 3 horas	417	343	466	Total 3 horas	531	382	726	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Lateral	07:00 - 08:00	13	3	1		17:00 - 18:00	15	9	2
	07:15 - 08:15	11	3	2		17:15 - 18:15	16	5	2
	07:30 - 08:30	10	5	1	17:30 - 18:30	13	5	3	
	07:45 - 08:45	12	5	2	17:45 - 18:45	16	4	3	
	08:00 - 09:00	14	4	2	18:00 - 19:00	16	1	4	
	08:15 - 09:15	13	7	1	18:15 - 19:15	9	1	5	
	08:30 - 09:30	15	7	1	18:30 - 19:30	13	2	2	
	08:45 - 09:45	15	7	0	18:45 - 19:45	11	2	3	
	09:00 - 10:00	20	7	0	19:00 - 20:00	10	4	2	
	Total 3 horas	47	14	3	Total 3 horas	41	14	8	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	137	81	129		17:00 - 18:00	219	179	239
	07:15 - 08:15	111	71	119		17:15 - 18:15	207	155	244
	07:30 - 08:30	112	77	114	17:30 - 18:30	198	130	228	
	07:45 - 08:45	116	77	126	17:45 - 18:45	189	116	215	
	08:00 - 09:00	119	85	139	18:00 - 19:00	181	104	210	
	08:15 - 09:15	133	95	144	18:15 - 19:15	163	92	188	
	08:30 - 09:30	141	101	157	18:30 - 19:30	156	96	207	
	08:45 - 09:45	150	120	163	18:45 - 19:45	133	90	197	
	09:00 - 10:00	169	130	177	19:00 - 20:00	111	80	191	
	Total 3 horas	425	296	445	Total 3 horas	511	363	640	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	159	84	151		17:00 - 18:00	205	162	200
	07:15 - 08:15	146	93	140		17:15 - 18:15	187	149	196
	07:30 - 08:30	148	92	128		17:30 - 18:30	174	137	188
	07:45 - 08:45	138	97	124		17:45 - 18:45	174	119	183
	08:00 - 09:00	130	101	125		18:00 - 19:00	165	112	180
	08:15 - 09:15	128	102	127		18:15 - 19:15	164	89	162
	08:30 - 09:30	126	113	135		18:30 - 19:30	150	83	169
	08:45 - 09:45	137	118	135		18:45 - 19:45	126	82	171
	09:00 - 10:00	136	120	142		19:00 - 20:00	113	76	188
	Total 3 horas	425	305	418		Total 3 horas	483	350	568

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	89	62	34		17:00 - 18:00	144	69	43
	07:15 - 08:15	96	56	27		17:15 - 18:15	139	62	44
	07:30 - 08:30	102	55	26		17:30 - 18:30	141	55	41
	07:45 - 08:45	121	57	27		17:45 - 18:45	137	55	36
	08:00 - 09:00	169	71	29		18:00 - 19:00	125	46	36
	08:15 - 09:15	197	85	35		18:15 - 19:15	105	45	34
	08:30 - 09:30	206	98	42		18:30 - 19:30	103	50	31
	08:45 - 09:45	208	99	45		18:45 - 19:45	85	40	37
	09:00 - 10:00	178	112	50		19:00 - 20:00	77	47	48
	Total 3 horas	436	245	113		Total 3 horas	346	162	127
Volume/hora		117	80	96	Volume/hora		127	85	138

Fonte dos dados: CET (2009)

ANEXO I – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2009, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1 Central	07:00 - 08:00	113	69	165		17:00 - 18:00	201	184	286
	07:15 - 08:15	93	59	152		17:15 - 18:15	196	182	263
	07:30 - 08:30	108	59	131		17:30 - 18:30	176	162	260
	07:45 - 08:45	107	63	118		17:45 - 18:45	174	140	238
	08:00 - 09:00	102	63	110		18:00 - 19:00	166	146	233
	08:15 - 09:15	100	62	100		18:15 - 19:15	162	138	216
	08:30 - 09:30	92	63	110		18:30 - 19:30	165	132	205
	08:45 - 09:45	92	67	131		18:45 - 19:45	146	134	189
	09:00 - 10:00	101	81	158		19:00 - 20:00	126	115	171
	Total 3 horas	316	213	433		Total 3 horas	493	445	690

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	9	4	1		17:00 - 18:00	19	5	4
	07:15 - 08:15	8	3	0		17:15 - 18:15	17	6	3
	07:30 - 08:30	8	2	0		17:30 - 18:30	15	8	1
	07:45 - 08:45	7	0	1		17:45 - 18:45	12	6	1
	08:00 - 09:00	9	3	1		18:00 - 19:00	12	5	0
	08:15 - 09:15	12	3	1		18:15 - 19:15	12	4	1
	08:30 - 09:30	14	3	1		18:30 - 19:30	12	4	1
	08:45 - 09:45	18	8	0		18:45 - 19:45	10	5	1
	09:00 - 10:00	22	8	0		19:00 - 20:00	8	4	1
	Total 3 horas	40	15	2		Total 3 horas	39	14	5

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	105	59	147		17:00 - 18:00	169	132	213
	07:15 - 08:15	95	48	144		17:15 - 18:15	164	116	213
	07:30 - 08:30	86	47	141		17:30 - 18:30	149	110	198
	07:45 - 08:45	85	56	132		17:45 - 18:45	156	113	217
	08:00 - 09:00	79	57	129		18:00 - 19:00	155	119	215
	08:15 - 09:15	75	63	126		18:15 - 19:15	161	123	212
	08:30 - 09:30	89	74	127		18:30 - 19:30	153	113	211
	08:45 - 09:45	113	82	145		18:45 - 19:45	138	113	189
	09:00 - 10:00	152	98	160		19:00 - 20:00	119	113	183
	Total 3 horas	335	213	436		Total 3 horas	442	364	610

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	108	56	150		17:00 - 18:00	163	133	197
	07:15 - 08:15	109	54	162		17:15 - 18:15	147	129	197
	07:30 - 08:30	95	51	168		17:30 - 18:30	149	124	191
	07:45 - 08:45	87	53	169		17:45 - 18:45	150	117	207
	08:00 - 09:00	81	51	137		18:00 - 19:00	146	119	193
	08:15 - 09:15	61	49	117		18:15 - 19:15	161	116	191
	08:30 - 09:30	77	54	127		18:30 - 19:30	140	122	178
	08:45 - 09:45	126	60	144		18:45 - 19:45	129	113	163
	09:00 - 10:00	149	83	178		19:00 - 20:00	107	102	145
	Total 3 horas	338	190	465		Total 3 horas	416	354	535

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões				
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+		
5	07:00 - 08:00	95	61	34		17:00 - 18:00	147	79	50		
	07:15 - 08:15	98	60	31		17:15 - 18:15	147	89	51		
	07:30 - 08:30	99	59	37		17:30 - 18:30	157	92	43		
	07:45 - 08:45	115	61	38		17:45 - 18:45	153	81	45		
	08:00 - 09:00	118	63	44		18:00 - 19:00	145	70	47		
	08:15 - 09:15	129	74	50		18:15 - 19:15	145	64	41		
	08:30 - 09:30	158	86	50		18:30 - 19:30	121	59	42		
	08:45 - 09:45	160	88	66		18:45 - 19:45	114	52	39		
	09:00 - 10:00	173	91	68		19:00 - 20:00	105	54	32		
	Total 3 horas	386	215	146		Total 3 horas	397	203	129		
	Volume/hora		94,33	56,4		98,8	Volume/hora		119,13	92	131,26

Fonte dos dados: CET (2010)

ANEXO J – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2009, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	84	55	37		17:00 - 18:00	48	14	78
	07:15 - 08:15	87	51	45		17:15 - 18:15	43	13	80
	07:30 - 08:30	76	39	45		17:30 - 18:30	48	13	76
	07:45 - 08:45	75	42	54		17:45 - 18:45	40	9	72
	08:00 - 09:00	85	45	53		18:00 - 19:00	44	10	76
	08:15 - 09:15	91	48	45		18:15 - 19:15	46	9	72
	08:30 - 09:30	101	56	64		18:30 - 19:30	42	11	76
	08:45 - 09:45	109	59	78		18:45 - 19:45	49	13	68
	09:00 - 10:00	105	68	102		19:00 - 20:00	51	15	64
	Total 3 horas	274	168	192		Total 3 horas	143	39	218

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	90	66	93		17:00 - 18:00	83	66	124
	07:15 - 08:15	75	60	97		17:15 - 18:15	83	52	105
	07:30 - 08:30	76	51	95		17:30 - 18:30	66	42	97
	07:45 - 08:45	74	52	75		17:45 - 18:45	67	37	103
	08:00 - 09:00	75	63	71		18:00 - 19:00	77	42	135
	08:15 - 09:15	88	67	61		18:15 - 19:15	88	44	125
	08:30 - 09:30	84	68	70		18:30 - 19:30	102	56	130
	08:45 - 09:45	81	70	119		18:45 - 19:45	107	66	132
	09:00 - 10:00	88	78	151		19:00 - 20:00	99	63	114
	Total 3 horas	253	207	315		Total 3 horas	259	171	373

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	150	137	142		17:00 - 18:00	142	97	218
	07:15 - 08:15	128	122	129		17:15 - 18:15	137	96	211
	07:30 - 08:30	121	110	116		17:30 - 18:30	125	90	195
	07:45 - 08:45	122	97	100		17:45 - 18:45	110	80	190
	08:00 - 09:00	120	94	90		18:00 - 19:00	105	81	187
	08:15 - 09:15	122	90	88		18:15 - 19:15	116	80	185
	08:30 - 09:30	126	95	95		18:30 - 19:30	132	80	203
	08:45 - 09:45	111	98	106		18:45 - 19:45	160	103	243
	09:00 - 10:00	136	112	122		19:00 - 20:00	158	111	262
	Total 3 horas	406	342	354		Total 3 horas	405	288	666

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	180	141	112		17:00 - 18:00	234	99	239
	07:15 - 08:15	153	116	103		17:15 - 18:15	204	76	194
	07:30 - 08:30	139	117	88		17:30 - 18:30	152	49	147
	07:45 - 08:45	131	114	85		17:45 - 18:45	150	49	143
	08:00 - 09:00	132	113	86		18:00 - 19:00	111	50	130
	08:15 - 09:15	141	113	82		18:15 - 19:15	117	57	131
	08:30 - 09:30	152	114	85		18:30 - 19:30	174	81	161
	08:45 - 09:45	156	129	106		18:45 - 19:45	168	83	174
	09:00 - 10:00	168	147	126		19:00 - 20:00	186	96	192
	Total 3 horas	480	401	324		Total 3 horas	531	245	561

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	183	92	74		17:00 - 18:00	236	112	103
	07:15 - 08:15	172	84	73		17:15 - 18:15	224	115	90
	07:30 - 08:30	136	73	61		17:30 - 18:30	208	116	86
	07:45 - 08:45	143	79	73		17:45 - 18:45	216	111	86
	08:00 - 09:00	134	92	79		18:00 - 19:00	212	111	89
	08:15 - 09:15	145	100	82		18:15 - 19:15	183	103	86
	08:30 - 09:30	182	110	85		18:30 - 19:30	164	98	83
	08:45 - 09:45	193	122	89		18:45 - 19:45	154	90	83
	09:00 - 10:00	213	127	88		19:00 - 20:00	140	82	81
	Total 3 horas	530	311	241		Total 3 horas	588	305	273
	Volume/hora		129,53	95,26		95,06	Volume/hora		128,4

Fonte dos dados: CET (2010)

ANEXO K – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2010, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	18	16	1	1	17:00 - 18:00	45	5	0
	07:15 - 08:15	15	16	1		17:15 - 18:15	41	4	0
	07:30 - 08:30	21	16	0		17:30 - 18:30	39	3	1
	07:45 - 08:45	26	15	0		17:45 - 18:45	29	3	1
	08:00 - 09:00	20	15	0		18:00 - 19:00	29	3	1
	08:15 - 09:15	22	18	0		18:15 - 19:15	33	5	1
	08:30 - 09:30	20	16	0		18:30 - 19:30	25	4	0
	08:45 - 09:45	27	18	0		18:45 - 19:45	25	4	0
	09:00 - 10:00	32	18	0		19:00 - 20:00	19	3	0
	Total 3 horas	70	49	1		Total 3 horas	93	11	1

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	5	1	0	2	17:00 - 18:00	6	2	0
	07:15 - 08:15	6	3	0		17:15 - 18:15	6	2	0
	07:30 - 08:30	6	4	0		17:30 - 18:30	6	2	0
	07:45 - 08:45	10	4	0		17:45 - 18:45	8	1	0
	08:00 - 09:00	11	4	0		18:00 - 19:00	5	0	0
	08:15 - 09:15	10	2	0		18:15 - 19:15	5	0	0
	08:30 - 09:30	10	1	0		18:30 - 19:30	6	0	0
	08:45 - 09:45	6	1	0		18:45 - 19:45	5	0	0
	09:00 - 10:00	4	0	0		19:00 - 20:00	6	0	0
	Total 3 horas	20	5	0		Total 3 horas	17	2	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	17	6	1	3	17:00 - 18:00	46	5	0
	07:15 - 08:15	19	6	1		17:15 - 18:15	43	4	0
	07:30 - 08:30	22	6	1		17:30 - 18:30	34	5	1
	07:45 - 08:45	24	5	1		17:45 - 18:45	34	5	1
	08:00 - 09:00	25	6	0		18:00 - 19:00	30	5	1
	08:15 - 09:15	28	5	0		18:15 - 19:15	28	5	2
	08:30 - 09:30	34	6	0		18:30 - 19:30	29	4	1
	08:45 - 09:45	40	9	1		18:45 - 19:45	30	5	1
	09:00 - 10:00	46	11	2		19:00 - 20:00	27	5	2
	Total 3 horas	88	23	3		Total 3 horas	103	15	3

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	26	13	1		17:00 - 18:00	44	5	0
	07:15 - 08:15	25	11	0		17:15 - 18:15	44	4	0
	07:30 - 08:30	28	6	0		17:30 - 18:30	32	6	0
	07:45 - 08:45	27	6	0		17:45 - 18:45	30	7	0
	08:00 - 09:00	30	5	0		18:00 - 19:00	30	4	0
	08:15 - 09:15	34	6	0		18:15 - 19:15	29	5	2
	08:30 - 09:30	41	7	1		18:30 - 19:30	32	3	2
	08:45 - 09:45	48	11	1		18:45 - 19:45	32	1	2
	09:00 - 10:00	49	14	1		19:00 - 20:00	28	2	4
	Total 3 horas	105	32	2		Total 3 horas	102	11	4

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	75	31	12		17:00 - 18:00	103	40	9
	07:15 - 08:15	77	35	10		17:15 - 18:15	93	39	8
	07:30 - 08:30	83	40	9		17:30 - 18:30	87	30	5
	07:45 - 08:45	98	43	8		17:45 - 18:45	79	27	7
	08:00 - 09:00	97	49	9		18:00 - 19:00	67	25	10
	08:15 - 09:15	103	52	11		18:15 - 19:15	71	23	10
	08:30 - 09:30	99	50	14		18:30 - 19:30	67	23	10
	08:45 - 09:45	98	44	15		18:45 - 19:45	62	21	12
	09:00 - 10:00	106	41	13		19:00 - 20:00	57	20	11
	Total 3 horas	278	121	34		Total 3 horas	227	85	30
Volume/hora		37	15	3	Volume/hora		36	8	3

Fonte dos dados: CET (2011)

**ANEXO L – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos
Bandeirantes do ano de 2010, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta**

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	26	12	0		17:00 - 18:00	18	2	0
	07:15 - 08:15	22	10	0		17:15 - 18:15	11	3	0
	07:30 - 08:30	26	9	0	17:30 - 18:30	14	3	0	
	07:45 - 08:45	24	6	0	17:45 - 18:45	10	3	0	
	08:00 - 09:00	25	5	0	18:00 - 19:00	13	3	0	
	08:15 - 09:15	21	5	0	18:15 - 19:15	14	1	0	
	08:30 - 09:30	20	4	0	18:30 - 19:30	9	1	0	
	08:45 - 09:45	24	4	0	18:45 - 19:45	11	1	1	
	09:00 - 10:00	23	4	1	19:00 - 20:00	10	1	1	
	Total 3 horas	74	21	1	Total 3 horas	41	6	1	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	17	4	0		17:00 - 18:00	23	2	1
	07:15 - 08:15	26	2	0		17:15 - 18:15	19	2	0
	07:30 - 08:30	25	4	0	17:30 - 18:30	11	2	0	
	07:45 - 08:45	22	5	0	17:45 - 18:45	5	1	0	
	08:00 - 09:00	18	5	0	18:00 - 19:00	6	3	0	
	08:15 - 09:15	12	8	0	18:15 - 19:15	5	3	0	
	08:30 - 09:30	13	9	0	18:30 - 19:30	9	2	0	
	08:45 - 09:45	19	12	1	18:45 - 19:45	11	3	0	
	09:00 - 10:00	21	14	1	19:00 - 20:00	9	1	0	
	Total 3 horas	56	23	1	Total 3 horas	38	6	1	

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	45	16	1		17:00 - 18:00	38	2	3
	07:15 - 08:15	36	13	1		17:15 - 18:15	34	3	3
	07:30 - 08:30	39	13	1	17:30 - 18:30	28	4	1	
	07:45 - 08:45	42	14	0	17:45 - 18:45	22	4	1	
	08:00 - 09:00	41	14	0	18:00 - 19:00	22	5	1	
	08:15 - 09:15	34	14	1	18:15 - 19:15	28	4	1	
	08:30 - 09:30	32	12	2	18:30 - 19:30	31	6	1	
	08:45 - 09:45	36	13	2	18:45 - 19:45	31	5	2	
	09:00 - 10:00	37	13	2	19:00 - 20:00	32	6	1	
	Total 3 horas	123	43	3	Total 3 horas	92	13	5	

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	41	20	0		17:00 - 18:00	42	4	4
	07:15 - 08:15	32	16	0		17:15 - 18:15	36	3	4
	07:30 - 08:30	42	17	1		17:30 - 18:30	30	6	5
	07:45 - 08:45	46	16	2		17:45 - 18:45	30	6	1
	08:00 - 09:00	52	17	2		18:00 - 19:00	30	8	2
	08:15 - 09:15	51	18	5		18:15 - 19:15	36	7	2
	08:30 - 09:30	41	17	5		18:30 - 19:30	45	9	2
	08:45 - 09:45	46	17	4		18:45 - 19:45	44	9	2
	09:00 - 10:00	53	16	4		19:00 - 20:00	43	10	1
	Total 3 horas	146	53	6		Total 3 horas	115	22	7

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	111	46	30		17:00 - 18:00	186	75	19
	07:15 - 08:15	103	46	31		17:15 - 18:15	173	55	21
	07:30 - 08:30	103	46	31		17:30 - 18:30	153	54	17
	07:45 - 08:45	101	47	29		17:45 - 18:45	154	53	14
	08:00 - 09:00	114	49	31		18:00 - 19:00	129	44	14
	08:15 - 09:15	121	51	27		18:15 - 19:15	113	40	11
	08:30 - 09:30	127	51	29		18:30 - 19:30	105	37	9
	08:45 - 09:45	128	57	33		18:45 - 19:45	88	31	16
	09:00 - 10:00	133	68	31		19:00 - 20:00	89	29	21
	Total 3 horas	358	163	92		Total 3 horas	404	148	54
	Volume/hora		50	20	7	Volume/hora	46	13	5

Fonte dos dados: CET (2011)

ANEXO M – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2011, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	57	12	2		17:00 - 18:00	88	9	2
	07:15 - 08:15	46	13	2		17:15 - 18:15	82	6	1
	07:30 - 08:30	44	16	2		17:30 - 18:30	80	6	1
	07:45 - 08:45	45	14	2		17:45 - 18:45	73	4	1
	08:00 - 09:00	50	15	3		18:00 - 19:00	62	5	0
	08:15 - 09:15	57	10	3		18:15 - 19:15	49	6	0
	08:30 - 09:30	70	9	4		18:30 - 19:30	36	6	2
	08:45 - 09:45	75	21	5		18:45 - 19:45	29	6	3
	09:00 - 10:00	89	29	5		19:00 - 20:00	32	4	5
	Total 3 horas	196	56	10		Total 3 horas	182	18	7

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	12	2	0		17:00 - 18:00	8	0	0
	07:15 - 08:15	13	2	0		17:15 - 18:15	10	0	0
	07:30 - 08:30	16	4	0		17:30 - 18:30	11	0	0
	07:45 - 08:45	19	4	0		17:45 - 18:45	10	0	0
	08:00 - 09:00	20	3	0		18:00 - 19:00	9	0	0
	08:15 - 09:15	23	4	0		18:15 - 19:15	8	0	0
	08:30 - 09:30	23	3	0		18:30 - 19:30	9	0	0
	08:45 - 09:45	28	4	0		18:45 - 19:45	7	0	0
	09:00 - 10:00	37	3	0		19:00 - 20:00	7	0	0
	Total 3 horas	69	8	0		Total 3 horas	24	0	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	73	7	1		17:00 - 18:00	74	6	1
	07:15 - 08:15	69	8	1		17:15 - 18:15	66	7	2
	07:30 - 08:30	76	7	2		17:30 - 18:30	58	8	1
	07:45 - 08:45	74	8	2		17:45 - 18:45	52	7	1
	08:00 - 09:00	73	7	3		18:00 - 19:00	44	7	2
	08:15 - 09:15	82	6	3		18:15 - 19:15	41	4	3
	08:30 - 09:30	87	13	5		18:30 - 19:30	41	3	5
	08:45 - 09:45	98	16	5		18:45 - 19:45	43	4	4
	09:00 - 10:00	132	19	5		19:00 - 20:00	38	4	4
	Total 3 horas	278	33	9		Total 3 horas	156	17	7

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	101	7	0		17:00 - 18:00	74	27	2
	07:15 - 08:15	80	6	0		17:15 - 18:15	66	16	3
	07:30 - 08:30	79	8	0		17:30 - 18:30	57	7	2
	07:45 - 08:45	72	7	0		17:45 - 18:45	44	6	3
	08:00 - 09:00	81	7	0		18:00 - 19:00	46	8	3
	08:15 - 09:15	99	14	3		18:15 - 19:15	48	7	2
	08:30 - 09:30	117	15	4		18:30 - 19:30	51	5	3
	08:45 - 09:45	143	22	4		18:45 - 19:45	50	5	2
	09:00 - 10:00	180	24	5		19:00 - 20:00	50	3	3
	Total 3 horas	362	38	5		Total 3 horas	170	38	8

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	105	47	9		17:00 - 18:00	109	26	11
	07:15 - 08:15	118	42	9		17:15 - 18:15	101	22	11
	07:30 - 08:30	119	34	9		17:30 - 18:30	85	20	10
	07:45 - 08:45	128	37	8		17:45 - 18:45	93	15	11
	08:00 - 09:00	147	46	11		18:00 - 19:00	100	14	9
	08:15 - 09:15	155	50	9		18:15 - 19:15	94	21	7
	08:30 - 09:30	166	63	11		18:30 - 19:30	93	21	10
	08:45 - 09:45	168	67	11		18:45 - 19:45	76	21	9
	09:00 - 10:00	169	73	8		19:00 - 20:00	61	24	10
	Total 3 horas	421	166	28		Total 3 horas	270	64	30
Volume/hora		88,4	17,53	3,13	Volume/hora		53,46	9,13	3,46

Fonte dos dados: CET (2012)

ANEXO N – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2011, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	108	9	1		17:00 - 18:00	30	0	0
	07:15 - 08:15	122	9	0		17:15 - 18:15	19	0	0
	07:30 - 08:30	122	6	0		17:30 - 18:30	14	0	0
	07:45 - 08:45	117	5	0		17:45 - 18:45	12	0	0
	08:00 - 09:00	113	4	1		18:00 - 19:00	11	0	0
	08:15 - 09:15	95	6	1		18:15 - 19:15	13	0	0
	08:30 - 09:30	94	9	1		18:30 - 19:30	16	1	0
	08:45 - 09:45	115	11	1		18:45 - 19:45	16	2	0
	09:00 - 10:00	129	14	0		19:00 - 20:00	16	2	0
	Total 3 horas	350	27	2		Total 3 horas	57	2	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	39	5	1		17:00 - 18:00	26	1	0
	07:15 - 08:15	40	10	1		17:15 - 18:15	20	1	0
	07:30 - 08:30	46	12	0		17:30 - 18:30	13	2	0
	07:45 - 08:45	46	13	0		17:45 - 18:45	11	2	0
	08:00 - 09:00	58	14	0		18:00 - 19:00	13	2	0
	08:15 - 09:15	57	10	1		18:15 - 19:15	12	6	0
	08:30 - 09:30	55	9	2		18:30 - 19:30	12	5	0
	08:45 - 09:45	74	10	2		18:45 - 19:45	11	6	1
	09:00 - 10:00	80	13	2		19:00 - 20:00	13	8	1
	Total 3 horas	177	32	3		Total 3 horas	52	11	1

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	130	20	4		17:00 - 18:00	56	5	1
	07:15 - 08:15	122	17	4		17:15 - 18:15	44	5	0
	07:30 - 08:30	127	15	2		17:30 - 18:30	32	6	0
	07:45 - 08:45	125	15	1		17:45 - 18:45	32	5	0
	08:00 - 09:00	124	13	1		18:00 - 19:00	33	4	0
	08:15 - 09:15	118	14	1		18:15 - 19:15	31	5	0
	08:30 - 09:30	135	20	1		18:30 - 19:30	33	6	0
	08:45 - 09:45	160	19	2		18:45 - 19:45	33	7	1
	09:00 - 10:00	192	22	3		19:00 - 20:00	35	8	2
	Total 3 horas	446	55	8		Total 3 horas	124	17	3

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	110	25	4		17:00 - 18:00	72	5	4
	07:15 - 08:15	107	15	3		17:15 - 18:15	53	5	1
	07:30 - 08:30	100	12	2		17:30 - 18:30	44	5	1
	07:45 - 08:45	111	10	2		17:45 - 18:45	40	7	0
	08:00 - 09:00	113	12	3		18:00 - 19:00	39	8	0
	08:15 - 09:15	101	14	1		18:15 - 19:15	40	7	0
	08:30 - 09:30	114	28	1		18:30 - 19:30	42	8	0
	08:45 - 09:45	114	27	1		18:45 - 19:45	44	7	1
	09:00 - 10:00	129	28	2		19:00 - 20:00	48	7	3
	Total 3 horas	352	65	9		Total 3 horas	159	20	7

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	172	50	27		17:00 - 18:00	182	60	27
	07:15 - 08:15	171	44	25		17:15 - 18:15	142	51	27
	07:30 - 08:30	191	42	29		17:30 - 18:30	133	49	22
	07:45 - 08:45	197	41	32		17:45 - 18:45	108	44	15
	08:00 - 09:00	198	50	28		18:00 - 19:00	104	50	17
	08:15 - 09:15	207	60	30		18:15 - 19:15	106	51	28
	08:30 - 09:30	227	78	21		18:30 - 19:30	104	55	34
	08:45 - 09:45	226	91	21		18:45 - 19:45	107	46	33
	09:00 - 10:00	241	87	25		19:00 - 20:00	95	35	31
	Total 3 horas	611	187	80		Total 3 horas	381	145	75
Volume/hora		129,06	24,4	6,8	Volume/hora		51,53	13	5,73

Fonte dos dados: CET (2012)

ANEXO O – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2012, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	25	3	0		17:00 - 18:00	31	4	0
	07:15 - 08:15	23	1	0		17:15 - 18:15	24	2	0
	07:30 - 08:30	29	4	0		17:30 - 18:30	17	2	0
	07:45 - 08:45	24	7	0		17:45 - 18:45	16	2	0
	08:00 - 09:00	24	10	0		18:00 - 19:00	18	2	0
	08:15 - 09:15	25	14	0		18:15 - 19:15	22	2	0
	08:30 - 09:30	27	13	0		18:30 - 19:30	25	2	0
	08:45 - 09:45	47	14	0		18:45 - 19:45	21	2	0
	09:00 - 10:00	54	15	2		19:00 - 20:00	18	1	0
	Total 3 horas	103	28	2		Total 3 horas	67	7	0

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	3	5	0		17:00 - 18:00	7	0	0
	07:15 - 08:15	3	3	0		17:15 - 18:15	6	1	0
	07:30 - 08:30	4	2	0		17:30 - 18:30	4	1	0
	07:45 - 08:45	4	3	0		17:45 - 18:45	1	1	0
	08:00 - 09:00	10	2	0		18:00 - 19:00	1	1	0
	08:15 - 09:15	11	2	0		18:15 - 19:15	2	1	0
	08:30 - 09:30	10	2	0		18:30 - 19:30	4	1	0
	08:45 - 09:45	10	2	0		18:45 - 19:45	4	1	0
	09:00 - 10:00	11	4	0		19:00 - 20:00	4	1	0
	Total 3 horas	24	11	0		Total 3 horas	12	2	0

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	29	10	1		17:00 - 18:00	29	4	1
	07:15 - 08:15	27	9	1		17:15 - 18:15	29	4	0
	07:30 - 08:30	28	5	0		17:30 - 18:30	26	4	0
	07:45 - 08:45	24	6	1		17:45 - 18:45	20	5	0
	08:00 - 09:00	25	8	1		18:00 - 19:00	19	4	0
	08:15 - 09:15	22	7	1		18:15 - 19:15	14	4	0
	08:30 - 09:30	28	12	1		18:30 - 19:30	14	4	0
	08:45 - 09:45	41	13	1		18:45 - 19:45	12	3	0
	09:00 - 10:00	50	15	2		19:00 - 20:00	13	2	0
	Total 3 horas	104	33	4		Total 3 horas	61	10	1

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	33	18	3		17:00 - 18:00	32	5	0
	07:15 - 08:15	27	11	3		17:15 - 18:15	32	4	0
	07:30 - 08:30	25	8	2		17:30 - 18:30	25	4	0
	07:45 - 08:45	21	8	1		17:45 - 18:45	22	3	0
	08:00 - 09:00	18	11	1		18:00 - 19:00	18	3	0
	08:15 - 09:15	20	13	2		18:15 - 19:15	13	3	0
	08:30 - 09:30	26	14	3		18:30 - 19:30	15	1	0
	08:45 - 09:45	28	17	4		18:45 - 19:45	15	0	0
	09:00 - 10:00	41	15	4		19:00 - 20:00	15	0	0
	Total 3 horas	92	44	8		Total 3 horas	65	8	0

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	44	14	4		17:00 - 18:00	26	10	2
	07:15 - 08:15	52	9	3		17:15 - 18:15	23	7	1
	07:30 - 08:30	64	8	4		17:30 - 18:30	23	8	1
	07:45 - 08:45	77	13	5		17:45 - 18:45	24	7	1
	08:00 - 09:00	85	17	3		18:00 - 19:00	21	7	0
	08:15 - 09:15	100	27	4		18:15 - 19:15	21	9	0
	08:30 - 09:30	118	34	7		18:30 - 19:30	22	5	0
	08:45 - 09:45	149	45	9		18:45 - 19:45	16	4	0
	09:00 - 10:00	173	59	12		19:00 - 20:00	17	5	0
	Total 3 horas	302	90	19		Total 3 horas	64	22	2
Volume/hora		41,66	13,73	2,2	Volume/hora		17,93	3,26	0,2

Fonte dos dados: CET (2013)

ANEXO P – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2012, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	22	8	4		17:00 - 18:00	18	2	0
	07:15 - 08:15	20	5	3		17:15 - 18:15	14	3	0
	07:30 - 08:30	24	7	3		17:30 - 18:30	11	1	0
	07:45 - 08:45	21	9	2		17:45 - 18:45	11	1	0
	08:00 - 09:00	23	10	1		18:00 - 19:00	12	1	0
	08:15 - 09:15	22	10	1		18:15 - 19:15	10	0	0
	08:30 - 09:30	18	12	0		18:30 - 19:30	12	0	0
	08:45 - 09:45	17	10	0		18:45 - 19:45	16	0	0
	09:00 - 10:00	21	10	0		19:00 - 20:00	12	1	0
	Total 3 horas	66	28	5		Total 3 horas	42	4	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	26	15	0		17:00 - 18:00	14	1	0
	07:15 - 08:15	28	7	0		17:15 - 18:15	13	1	0
	07:30 - 08:30	35	4	1		17:30 - 18:30	13	3	0
	07:45 - 08:45	32	5	1		17:45 - 18:45	12	4	0
	08:00 - 09:00	23	4	1		18:00 - 19:00	9	3	0
	08:15 - 09:15	23	7	2		18:15 - 19:15	10	5	0
	08:30 - 09:30	24	7	1		18:30 - 19:30	10	5	0
	08:45 - 09:45	28	5	1		18:45 - 19:45	9	5	0
	09:00 - 10:00	45	7	1		19:00 - 20:00	7	6	1
	Total 3 horas	94	26	2		Total 3 horas	30	10	1

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	32	21	2		17:00 - 18:00	34	4	0
	07:15 - 08:15	28	14	2		17:15 - 18:15	24	2	0
	07:30 - 08:30	24	8	3		17:30 - 18:30	23	3	1
	07:45 - 08:45	31	8	2		17:45 - 18:45	25	3	1
	08:00 - 09:00	30	10	4		18:00 - 19:00	23	3	1
	08:15 - 09:15	26	10	4		18:15 - 19:15	22	4	1
	08:30 - 09:30	32	13	5		18:30 - 19:30	21	3	1
	08:45 - 09:45	31	13	5		18:45 - 19:45	21	4	1
	09:00 - 10:00	38	15	4		19:00 - 20:00	20	5	1
	Total 3 horas	100	46	10		Total 3 horas	77	12	2

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	50	22	0		17:00 - 18:00	37	3	1
	07:15 - 08:15	39	18	2		17:15 - 18:15	25	2	1
	07:30 - 08:30	38	15	3		17:30 - 18:30	19	0	1
	07:45 - 08:45	51	15	4		17:45 - 18:45	16	0	1
	08:00 - 09:00	56	19	9		18:00 - 19:00	15	0	1
	08:15 - 09:15	62	22	9		18:15 - 19:15	12	2	1
	08:30 - 09:30	70	24	8		18:30 - 19:30	14	2	1
	08:45 - 09:45	75	24	9		18:45 - 19:45	13	4	1
	09:00 - 10:00	79	24	9		19:00 - 20:00	14	5	1
	Total 3 horas	185	65	18		Total 3 horas	66	8	3

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	46	21	0		17:00 - 18:00	61	7	4
	07:15 - 08:15	50	24	0		17:15 - 18:15	55	6	5
	07:30 - 08:30	51	23	1		17:30 - 18:30	49	6	4
	07:45 - 08:45	60	18	2		17:45 - 18:45	42	6	5
	08:00 - 09:00	74	23	4		18:00 - 19:00	35	5	3
	08:15 - 09:15	116	45	16		18:15 - 19:15	32	3	2
	08:30 - 09:30	153	57	26		18:30 - 19:30	30	3	1
	08:45 - 09:45	180	74	32		18:45 - 19:45	27	1	0
	09:00 - 10:00	191	88	41		19:00 - 20:00	22	3	2
	Total 3 horas	311	132	45		Total 3 horas	118	15	9
	Volume/hora		50,4	19,8	5,33	Volume/hora		22,2	3,26

Fonte dos dados: CET (2013)

ANEXO Q – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes ano 2013, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	38	25	2		17:00 - 18:00	31	8	2
	07:15 - 08:15	33	27	4		17:15 - 18:15	26	8	1
	07:30 - 08:30	30	37	5		17:30 - 18:30	29	9	1
	07:45 - 08:45	21	30	5		17:45 - 18:45	24	10	0
	08:00 - 09:00	13	29	4		18:00 - 19:00	25	9	0
	08:15 - 09:15	13	29	4		18:15 - 19:15	23	8	1
	08:30 - 09:30	12	24	4		18:30 - 19:30	16	9	2
	08:45 - 09:45	20	22	4		18:45 - 19:45	13	8	2
	09:00 - 10:00	28	25	5		19:00 - 20:00	13	9	2
	Total 3 horas	79	79	11		Total 3 horas	69	26	4

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	5	4	0		17:00 - 18:00	6	0	0
	07:15 - 08:15	5	2	0		17:15 - 18:15	3	0	0
	07:30 - 08:30	3	1	0		17:30 - 18:30	4	0	0
	07:45 - 08:45	3	0	0		17:45 - 18:45	4	0	0
	08:00 - 09:00	2	1	0		18:00 - 19:00	6	1	0
	08:15 - 09:15	1	1	0		18:15 - 19:15	5	1	0
	08:30 - 09:30	2	2	0		18:30 - 19:30	3	1	0
	08:45 - 09:45	2	2	0		18:45 - 19:45	4	1	0
	09:00 - 10:00	7	5	0		19:00 - 20:00	3	0	0
	Total 3 horas	14	10	0		Total 3 horas	15	1	0

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	19	17	2		17:00 - 18:00	44	5	2
	07:15 - 08:15	14	14	2		17:15 - 18:15	44	4	1
	07:30 - 08:30	11	15	2		17:30 - 18:30	40	5	1
	07:45 - 08:45	13	18	2		17:45 - 18:45	38	5	1
	08:00 - 09:00	15	20	2		18:00 - 19:00	37	4	0
	08:15 - 09:15	16	20	2		18:15 - 19:15	30	5	0
	08:30 - 09:30	20	22	3		18:30 - 19:30	30	7	0
	08:45 - 09:45	25	22	4		18:45 - 19:45	31	7	0
	09:00 - 10:00	37	25	3		19:00 - 20:00	29	6	0
	Total 3 horas	71	62	7		Total 3 horas	110	15	2

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	42	23	0		17:00 - 18:00	42	7	2
	07:15 - 08:15	42	29	0		17:15 - 18:15	46	6	2
	07:30 - 08:30	47	34	0		17:30 - 18:30	40	4	1
	07:45 - 08:45	48	23	0		17:45 - 18:45	37	3	1
	08:00 - 09:00	45	24	3		18:00 - 19:00	39	2	0
	08:15 - 09:15	45	26	3		18:15 - 19:15	26	3	0
	08:30 - 09:30	57	22	4		18:30 - 19:30	25	4	0
	08:45 - 09:45	66	22	5		18:45 - 19:45	24	5	0
	09:00 - 10:00	75	20	4		19:00 - 20:00	15	6	0
	Total 3 horas	162	67	7		Total 3 horas	96	15	2

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	43	19	1		17:00 - 18:00	41	8	1
	07:15 - 08:15	45	11	1		17:15 - 18:15	41	6	1
	07:30 - 08:30	42	16	2		17:30 - 18:30	34	3	1
	07:45 - 08:45	49	20	2		17:45 - 18:45	28	3	2
	08:00 - 09:00	41	21	2		18:00 - 19:00	30	3	2
	08:15 - 09:15	65	53	15		18:15 - 19:15	20	4	2
	08:30 - 09:30	72	68	20		18:30 - 19:30	19	4	1
	08:45 - 09:45	88	89	30		18:45 - 19:45	21	6	0
	09:00 - 10:00	120	95	39		19:00 - 20:00	20	8	0
	Total 3 horas	204	135	42		Total 3 horas	91	19	3
	Volume/hora		35,33	23,53		4,46	Volume/hora		25,4

Fonte dos dados: CET (2014)

**ANEXO R – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos
Bandeirantes do ano de 2013, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta**

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	38	17	1		17:00 - 18:00	19	5	2
	07:15 - 08:15	33	8	1		17:15 - 18:15	14	3	2
	07:30 - 08:30	32	11	2		17:30 - 18:30	11	4	2
	07:45 - 08:45	32	13	1		17:45 - 18:45	7	5	1
	08:00 - 09:00	28	16	1		18:00 - 19:00	8	5	1
	08:15 - 09:15	34	19	2		18:15 - 19:15	9	6	0
	08:30 - 09:30	43	18	3		18:30 - 19:30	10	4	0
	08:45 - 09:45	40	22	3		18:45 - 19:45	11	3	0
	09:00 - 10:00	43	22	3		19:00 - 20:00	11	2	0
	Total 3 horas	109	55	5		Total 3 horas	38	12	3

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	21	13	1		17:00 - 18:00	19	9	0
	07:15 - 08:15	23	8	1		17:15 - 18:15	19	7	0
	07:30 - 08:30	14	7	1		17:30 - 18:30	18	6	0
	07:45 - 08:45	12	6	1		17:45 - 18:45	16	2	0
	08:00 - 09:00	17	8	0		18:00 - 19:00	16	2	0
	08:15 - 09:15	19	10	1		18:15 - 19:15	20	1	0
	08:30 - 09:30	21	12	1		18:30 - 19:30	19	2	0
	08:45 - 09:45	20	18	1		18:45 - 19:45	16	4	0
	09:00 - 10:00	17	29	1		19:00 - 20:00	14	4	0
	Total 3 horas	55	50	2		Total 3 horas	49	15	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	49	24	3		17:00 - 18:00	37	9	2
	07:15 - 08:15	33	20	3		17:15 - 18:15	31	5	1
	07:30 - 08:30	26	19	3		17:30 - 18:30	35	5	1
	07:45 - 08:45	28	17	3		17:45 - 18:45	28	5	0
	08:00 - 09:00	27	22	1		18:00 - 19:00	28	4	0
	08:15 - 09:15	27	20	1		18:15 - 19:15	31	6	1
	08:30 - 09:30	32	17	2		18:30 - 19:30	24	7	1
	08:45 - 09:45	31	22	2		18:45 - 19:45	27	9	1
	09:00 - 10:00	40	21	3		19:00 - 20:00	24	9	2
	Total 3 horas	116	67	7		Total 3 horas	89	22	4

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	58	26	2		17:00 - 18:00	62	8	2
	07:15 - 08:15	47	22	3		17:15 - 18:15	62	6	0
	07:30 - 08:30	43	20	2		17:30 - 18:30	56	5	1
	07:45 - 08:45	39	16	3		17:45 - 18:45	52	3	1
	08:00 - 09:00	32	16	3		18:00 - 19:00	42	3	1
	08:15 - 09:15	33	16	2		18:15 - 19:15	37	3	1
	08:30 - 09:30	31	20	3		18:30 - 19:30	35	4	1
	08:45 - 09:45	28	24	2		18:45 - 19:45	38	7	1
	09:00 - 10:00	33	25	1		19:00 - 20:00	42	7	2
	Total 3 horas	123	67	6		Total 3 horas	146	18	5

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	43	14	3		17:00 - 18:00	61	8	8
	07:15 - 08:15	49	15	3		17:15 - 18:15	54	5	9
	07:30 - 08:30	55	13	3		17:30 - 18:30	52	8	8
	07:45 - 08:45	57	19	4		17:45 - 18:45	48	8	7
	08:00 - 09:00	68	20	4		18:00 - 19:00	36	7	6
	08:15 - 09:15	84	20	8		18:15 - 19:15	32	5	4
	08:30 - 09:30	123	27	10		18:30 - 19:30	29	1	4
	08:45 - 09:45	164	31	10		18:45 - 19:45	29	1	5
	09:00 - 10:00	167	42	13		19:00 - 20:00	25	0	4
	Total 3 horas	278	76	20		Total 3 horas	122	15	18
	Volume/hora		45,4	21		2,66	Volume/hora		29,6

Fonte dos dados: CET (2014)

ANEXO S – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2014, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	16	19	0		17:00 - 18:00	40	7	4
	07:15 - 08:15	12	24	0		17:15 - 18:15	33	7	4
	07:30 - 08:30	12	31	2		17:30 - 18:30	31	6	1
	07:45 - 08:45	9	32	3		17:45 - 18:45	24	7	3
	08:00 - 09:00	9	26	3		18:00 - 19:00	22	6	3
	08:15 - 09:15	14	21	3		18:15 - 19:15	21	4	4
	08:30 - 09:30	20	16	1		18:30 - 19:30	22	6	4
	08:45 - 09:45	26	23	0		18:45 - 19:45	18	5	2
	09:00 - 10:00	39	27	1		19:00 - 20:00	16	7	1
	Total 3 horas	64	72	4		Total 3 horas	78	20	8

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	2	3	0		17:00 - 18:00	9	0	0
	07:15 - 08:15	4	4	0		17:15 - 18:15	7	0	0
	07:30 - 08:30	4	4	0		17:30 - 18:30	8	0	0
	07:45 - 08:45	3	5	1		17:45 - 18:45	5	0	0
	08:00 - 09:00	4	3	1		18:00 - 19:00	4	0	0
	08:15 - 09:15	2	3	1		18:15 - 19:15	3	0	0
	08:30 - 09:30	2	4	1		18:30 - 19:30	2	0	0
	08:45 - 09:45	3	2	0		18:45 - 19:45	3	0	0
	09:00 - 10:00	3	2	0		19:00 - 20:00	2	0	0
	Total 3 horas	9	8	1		Total 3 horas	15	0	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	30	19	1		17:00 - 18:00	39	18	2
	07:15 - 08:15	26	19	1		17:15 - 18:15	36	14	1
	07:30 - 08:30	19	18	0		17:30 - 18:30	37	13	1
	07:45 - 08:45	18	17	1		17:45 - 18:45	29	13	1
	08:00 - 09:00	17	18	1		18:00 - 19:00	20	12	1
	08:15 - 09:15	19	20	1		18:15 - 19:15	22	12	2
	08:30 - 09:30	26	26	2		18:30 - 19:30	20	13	2
	08:45 - 09:45	30	32	2		18:45 - 19:45	17	13	2
	09:00 - 10:00	35	33	3		19:00 - 20:00	16	13	1
	Total 3 horas	82	70	5		Total 3 horas	75	43	4

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	32	9	3		17:00 - 18:00	26	3	2
	07:15 - 08:15	28	13	1		17:15 - 18:15	24	3	2
	07:30 - 08:30	28	18	1		17:30 - 18:30	22	2	1
	07:45 - 08:45	31	19	1		17:45 - 18:45	27	4	1
	08:00 - 09:00	45	26	2		18:00 - 19:00	26	4	0
	08:15 - 09:15	51	22	2		18:15 - 19:15	22	4	2
	08:30 - 09:30	47	20	1		18:30 - 19:30	20	4	2
	08:45 - 09:45	50	23	3		18:45 - 19:45	13	4	3
	09:00 - 10:00	44	20	2		19:00 - 20:00	10	5	3
	Total 3 horas	121	55	7		Total 3 horas	62	12	5

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	24	6	2		17:00 - 18:00	53	16	3
	07:15 - 08:15	23	8	3		17:15 - 18:15	45	14	2
	07:30 - 08:30	32	11	3		17:30 - 18:30	40	11	1
	07:45 - 08:45	34	12	4		17:45 - 18:45	35	7	0
	08:00 - 09:00	45	13	2		18:00 - 19:00	21	6	0
	08:15 - 09:15	54	15	3		18:15 - 19:15	15	5	0
	08:30 - 09:30	72	21	4		18:30 - 19:30	19	5	1
	08:45 - 09:45	92	31	4		18:45 - 19:45	15	5	1
	09:00 - 10:00	105	34	5		19:00 - 20:00	19	6	1
	Total 3 horas	174	53	9		Total 3 horas	93	28	4
	Volume/hora		30	17,2	1,73	Volume/hora	21,53	6,86	1,4

Fonte dos dados: CET (2015)

**ANEXO T – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos
Bandeirantes do ano de 2014, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta**

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	31	9	1		17:00 - 18:00	11	3	0
	07:15 - 08:15	23	8	3		17:15 - 18:15	11	2	0
	07:30 - 08:30	18	9	4		17:30 - 18:30	9	2	0
	07:45 - 08:45	16	7	4		17:45 - 18:45	9	1	0
	08:00 - 09:00	11	4	3		18:00 - 19:00	4	3	0
	08:15 - 09:15	12	4	1		18:15 - 19:15	3	3	0
	08:30 - 09:30	11	5	0		18:30 - 19:30	8	3	0
	08:45 - 09:45	16	6	1		18:45 - 19:45	8	4	1
	09:00 - 10:00	15	5	2		19:00 - 20:00	8	3	2
	Total 3 horas	57	18	6		Total 3 horas	23	9	2

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	19	11	0		17:00 - 18:00	16	6	1
	07:15 - 08:15	15	6	0		17:15 - 18:15	10	6	0
	07:30 - 08:30	13	6	2		17:30 - 18:30	5	5	1
	07:45 - 08:45	16	9	2		17:45 - 18:45	8	3	1
	08:00 - 09:00	18	14	2		18:00 - 19:00	10	2	1
	08:15 - 09:15	22	20	3		18:15 - 19:15	9	1	1
	08:30 - 09:30	20	20	2		18:30 - 19:30	9	0	0
	08:45 - 09:45	21	18	2		18:45 - 19:45	5	0	1
	09:00 - 10:00	22	25	2		19:00 - 20:00	3	2	2
	Total 3 horas	59	50	4		Total 3 horas	29	10	4

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	56	27	5		17:00 - 18:00	39	7	1
	07:15 - 08:15	52	26	3		17:15 - 18:15	27	4	1
	07:30 - 08:30	47	23	4		17:30 - 18:30	22	4	0
	07:45 - 08:45	41	20	3		17:45 - 18:45	23	3	1
	08:00 - 09:00	46	20	2		18:00 - 19:00	20	3	2
	08:15 - 09:15	46	16	2		18:15 - 19:15	25	4	2
	08:30 - 09:30	51	15	2		18:30 - 19:30	28	3	2
	08:45 - 09:45	60	20	2		18:45 - 19:45	31	6	1
	09:00 - 10:00	57	23	2		19:00 - 20:00	34	6	0
	Total 3 horas	159	70	9		Total 3 horas	93	16	3

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	60	27	6		17:00 - 18:00	41	14	1
	07:15 - 08:15	67	29	5		17:15 - 18:15	36	11	0
	07:30 - 08:30	64	27	2		17:30 - 18:30	33	3	0
	07:45 - 08:45	47	19	2		17:45 - 18:45	23	1	0
	08:00 - 09:00	41	17	0		18:00 - 19:00	29	3	0
	08:15 - 09:15	34	12	0		18:15 - 19:15	25	7	2
	08:30 - 09:30	37	14	0		18:30 - 19:30	29	8	2
	08:45 - 09:45	45	19	3		18:45 - 19:45	37	10	2
	09:00 - 10:00	57	26	3		19:00 - 20:00	33	9	2
	Total 3 horas	158	70	9		Total 3 horas	103	26	3

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	54	23	3		17:00 - 18:00	51	13	6
	07:15 - 08:15	49	24	7		17:15 - 18:15	49	9	2
	07:30 - 08:30	45	23	7		17:30 - 18:30	43	12	3
	07:45 - 08:45	43	19	9		17:45 - 18:45	40	16	2
	08:00 - 09:00	41	18	11		18:00 - 19:00	38	19	3
	08:15 - 09:15	65	36	21		18:15 - 19:15	33	20	3
	08:30 - 09:30	71	49	24		18:30 - 19:30	31	16	2
	08:45 - 09:45	88	67	27		18:45 - 19:45	31	10	2
	09:00 - 10:00	98	75	31		19:00 - 20:00	35	8	2
	Total 3 horas	193	116	45		Total 3 horas	124	40	11
	Volume/hora		41,73	21,6	4,86	Volume/hora		24,8	6,73

Fonte dos dados: CET (2015)

ANEXO U - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2015, sent. Rod. Anchieta-Marg. Pinheiros

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	21	17	3		17:00 - 18:00	21	6	5
	07:15 - 08:15	17	15	1		17:15 - 18:15	17	9	4
	07:30 - 08:30	20	17	1		17:30 - 18:30	15	8	2
	07:45 - 08:45	22	13	3		17:45 - 18:45	12	5	1
	08:00 - 09:00	18	12	2		18:00 - 19:00	11	7	0
	08:15 - 09:15	21	15	2		18:15 - 19:15	10	5	2
	08:30 - 09:30	23	17	3		18:30 - 19:30	12	7	2
	08:45 - 09:45	23	15	2		18:45 - 19:45	13	6	2
	09:00 - 10:00	30	16	3		19:00 - 20:00	12	8	2
	Total 3 horas	69	45	8		Total 3 horas	44	21	7

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	21	13	0		17:00 - 18:00	5	1	0
	07:15 - 08:15	17	12	0		17:15 - 18:15	4	1	0
	07:30 - 08:30	22	15	1		17:30 - 18:30	1	1	0
	07:45 - 08:45	25	14	2		17:45 - 18:45	1	1	0
	08:00 - 09:00	22	11	3		18:00 - 19:00	2	0	0
	08:15 - 09:15	23	11	4		18:15 - 19:15	3	0	0
	08:30 - 09:30	22	17	3		18:30 - 19:30	4	0	0
	08:45 - 09:45	22	19	2		18:45 - 19:45	6	0	0
	09:00 - 10:00	25	19	1		19:00 - 20:00	4	0	0
	Total 3 horas	68	43	4		Total 3 horas	11	1	0

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	32	12	3		17:00 - 18:00	27	7	2
	07:15 - 08:15	28	14	2		17:15 - 18:15	22	9	2
	07:30 - 08:30	27	12	3		17:30 - 18:30	18	8	1
	07:45 - 08:45	22	11	2		17:45 - 18:45	14	9	1
	08:00 - 09:00	20	10	3		18:00 - 19:00	11	10	1
	08:15 - 09:15	16	8	5		18:15 - 19:15	13	8	1
	08:30 - 09:30	19	11	4		18:30 - 19:30	14	6	1
	08:45 - 09:45	31	11	8		18:45 - 19:45	16	6	2
	09:00 - 10:00	37	11	9		19:00 - 20:00	18	5	2
	Total 3 horas	89	33	15		Total 3 horas	56	22	5

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	42	8	1		17:00 - 18:00	19	3	2
	07:15 - 08:15	34	11	1		17:15 - 18:15	22	4	2
	07:30 - 08:30	27	8	0		17:30 - 18:30	25	6	2
	07:45 - 08:45	23	8	0		17:45 - 18:45	25	9	0
	08:00 - 09:00	22	7	1		18:00 - 19:00	19	9	0
	08:15 - 09:15	25	6	1		18:15 - 19:15	19	8	2
	08:30 - 09:30	28	8	2		18:30 - 19:30	17	6	3
	08:45 - 09:45	31	11	2		18:45 - 19:45	15	4	3
	09:00 - 10:00	30	14	2		19:00 - 20:00	18	5	4
	Total 3 horas	94	29	4		Total 3 horas	56	17	6

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	22	9	3		17:00 - 18:00	29	11	5
	07:15 - 08:15	22	7	4		17:15 - 18:15	24	6	2
	07:30 - 08:30	26	4	3		17:30 - 18:30	21	6	1
	07:45 - 08:45	31	6	3		17:45 - 18:45	18	7	1
	08:00 - 09:00	35	8	1		18:00 - 19:00	18	5	0
	08:15 - 09:15	36	8	1		18:15 - 19:15	15	4	1
	08:30 - 09:30	53	11	3		18:30 - 19:30	14	6	1
	08:45 - 09:45	67	21	8		18:45 - 19:45	13	7	1
	09:00 - 10:00	79	29	9		19:00 - 20:00	11	9	1
	Total 3 horas	136	46	13		Total 3 horas	58	25	6
	Volume/hora		30,4	13,06		2,93	Volume/hora		15

Fonte dos dados: CET (2016)

ANEXO V – Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. dos Bandeirantes do ano de 2015, sent. Marg. Pinheiros-Rod. Anchieta

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	14	12	1		17:00 - 18:00	13	3	0
	07:15 - 08:15	9	9	2		17:15 - 18:15	8	4	0
	07:30 - 08:30	8	10	2		17:30 - 18:30	9	4	0
	07:45 - 08:45	11	7	2		17:45 - 18:45	9	2	0
	08:00 - 09:00	8	5	1		18:00 - 19:00	8	2	0
	08:15 - 09:15	12	5	0		18:15 - 19:15	8	2	1
	08:30 - 09:30	15	5	0		18:30 - 19:30	5	1	1
	08:45 - 09:45	15	4	1		18:45 - 19:45	3	2	1
	09:00 - 10:00	20	4	1		19:00 - 20:00	8	2	1
	Total 3 horas	42	21	3		Total 3 horas	29	7	1

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	2	0	0		17:00 - 18:00	9	7	2
	07:15 - 08:15	3	1	0		17:15 - 18:15	9	11	2
	07:30 - 08:30	6	1	0		17:30 - 18:30	9	11	2
	07:45 - 08:45	7	2	0		17:45 - 18:45	6	10	1
	08:00 - 09:00	9	2	0		18:00 - 19:00	4	7	1
	08:15 - 09:15	7	1	0		18:15 - 19:15	7	3	0
	08:30 - 09:30	5	1	0		18:30 - 19:30	6	5	0
	08:45 - 09:45	5	2	0		18:45 - 19:45	8	4	0
	09:00 - 10:00	4	2	0		19:00 - 20:00	10	4	0
	Total 3 horas	15	4	0		Total 3 horas	23	18	3

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	46	15	9		17:00 - 18:00	30	8	2
	07:15 - 08:15	35	14	8		17:15 - 18:15	25	10	2
	07:30 - 08:30	33	16	4		17:30 - 18:30	18	9	2
	07:45 - 08:45	30	13	4		17:45 - 18:45	15	8	2
	08:00 - 09:00	28	14	5		18:00 - 19:00	14	8	2
	08:15 - 09:15	32	15	6		18:15 - 19:15	14	6	1
	08:30 - 09:30	34	15	7		18:30 - 19:30	16	6	1
	08:45 - 09:45	46	20	7		18:45 - 19:45	15	7	1
	09:00 - 10:00	53	20	7		19:00 - 20:00	13	5	1
	Total 3 horas	127	49	21		Total 3 horas	57	21	5

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	52	19	5		17:00 - 18:00	41	6	4
	07:15 - 08:15	37	21	5		17:15 - 18:15	34	6	4
	07:30 - 08:30	31	18	4		17:30 - 18:30	28	8	3
	07:45 - 08:45	31	18	2		17:45 - 18:45	22	9	2
	08:00 - 09:00	30	20	2		18:00 - 19:00	17	9	0
	08:15 - 09:15	29	15	4		18:15 - 19:15	18	6	0
	08:30 - 09:30	31	17	4		18:30 - 19:30	16	2	0
	08:45 - 09:45	30	16	6		18:45 - 19:45	15	3	0
	09:00 - 10:00	39	21	4		19:00 - 20:00	19	3	0
	Total 3 horas	121	60	11		Total 3 horas	77	18	4

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões				
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+		
5	07:00 - 08:00	37	13	4		17:00 - 18:00	35	11	2		
	07:15 - 08:15	41	15	4		17:15 - 18:15	30	13	1		
	07:30 - 08:30	37	12	2		17:30 - 18:30	30	12	2		
	07:45 - 08:45	39	15	4		17:45 - 18:45	27	10	5		
	08:00 - 09:00	39	19	6		18:00 - 19:00	27	6	6		
	08:15 - 09:15	57	29	12		18:15 - 19:15	21	2	5		
	08:30 - 09:30	72	49	19		18:30 - 19:30	20	0	5		
	08:45 - 09:45	84	52	29		18:45 - 19:45	20	0	2		
	09:00 - 10:00	101	55	29		19:00 - 20:00	16	0	1		
	Total 3 horas	177	87	39		Total 3 horas	78	17	9		
	Volume/hora		32,13	14,73		4,93	Volume/hora		17,6	5,4	1,46

Fonte dos dados: CET (2016)

ANEXO W – Distribuição de T de *Student*

g.l. \ P	0,50	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,00000	2,4142	6,3138	12,706	25,542	63,657	127,32
2	0,81650	1,6036	2,9200	4,3027	6,2053	9,9248	14,089
3	0,76489	1,4226	2,3534	3,1825	4,1765	5,8409	7,4533
4	0,74070	1,3444	2,1318	2,7764	3,4954	4,6041	5,5976
5	0,72669	1,3009	2,0150	2,5706	3,1634	4,0321	4,7733
6	0,71756	1,2733	1,9432	2,4469	2,9687	3,7074	4,3168
7	0,71114	1,2543	1,8946	2,3646	2,8412	3,4995	4,0293
8	0,70639	1,2403	1,8595	2,3060	2,7515	3,3554	3,8325
9	0,70272	1,2297	1,8331	2,2622	2,6850	3,2498	3,6897
10	0,69981	1,2213	1,8125	2,2281	2,6338	3,1693	3,5814
11	0,69745	1,2145	1,7959	2,2010	2,5931	3,1058	3,4966
12	0,69548	1,2089	1,7823	2,1788	2,5600	3,0545	3,4284
13	0,69384	1,2041	1,7709	2,1604	2,5326	3,0123	3,3725
14	0,69242	1,2001	1,7613	2,1448	2,5096	2,9768	3,3257
15	0,69120	1,1967	1,7530	2,1315	2,4899	2,9467	3,2860
16	0,69013	1,1937	1,7459	2,1199	2,4729	2,9208	3,2520
17	0,68919	1,1910	1,7396	2,1098	2,4581	2,8982	3,2225
18	0,68837	1,1887	1,7341	2,1009	2,4450	2,8784	3,1966
19	0,68763	1,1866	1,7291	2,0930	2,4334	2,8609	3,1737
20	0,68696	1,1848	1,7247	2,0860	2,4231	2,8453	3,1534
21	0,68635	1,1831	1,7207	2,0796	2,4138	2,8314	3,1352
22	0,68580	1,1816	1,7171	2,0739	2,4055	2,8188	3,1188
23	0,68531	1,1802	1,7139	2,0687	2,3979	2,8073	3,1040
24	0,68485	1,1789	1,7109	2,0639	2,3910	2,7969	3,0905
25	0,68443	1,1777	1,7081	2,0595	2,3846	2,7874	3,0782
26	0,68405	1,1766	1,7056	2,0555	2,3788	2,7787	3,0669
27	0,68370	1,1757	1,7033	2,0518	2,3734	2,7707	3,0565
28	0,68335	1,1748	1,7011	2,0484	2,3685	2,7633	3,0469
29	0,68304	1,1739	1,6991	2,0452	2,3638	2,7564	3,0380
30	0,68276	1,1731	1,6973	2,0423	2,3596	2,7500	3,0298
40	0,68066	1,1673	1,6839	2,0211	2,3289	2,7045	2,9712
60	0,67862	1,1616	1,6707	2,0003	2,2991	2,6603	2,9146
120	0,67656	1,1559	1,6577	1,9799	2,2699	2,6174	2,8599
∞	0,67449	1,1503	1,6449	1,9600	2,2414	2,5758	2,8070

Fonte: (ROQUE, 2021)

ANEXO X - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de *Student* e p, sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã)

Ano	Volume/hora de caminhões				Concentrações médias horárias dos poluentes			
	Cam. 2 eixos.	Cam. 3 eixos	Cam. 4 eixos ou+	Total caminhões	MP10	MP2,5	NOx	SO ₂
2005	148,57	100,19	135,10	383,86	52,2366		166,3474	15,08
2006	163,95	112,10	144,10	420,14	50,85633		186,689	13,13
2007	140,81	86,57	123,71	351,10	45,65619		173,5223	10,74
2008	116,67	80,20	96,33	293,20	44,38738		168,1377	10,72
2009	94,33	56,40	98,80	249,53	38,93197		152,7044	11,95
2010	37,40	15,33	2,67	55,40	38,27921		118,0662	8,35
2011	88,40	20,06	3,13	109,07	37,4834	23,28107	92,73914	7,67
2012	41,67	13,73	2,20	57,60	38,54387	19,69075	86,53313	5,81
2013	35,33	23,53	4,47	63,33	34,68491	19,81639	63,70658	4,99
2014	30,00	17,20	1,73	48,93	36,48551	23,06614	76,22013	4,98
2015	30,40	13,07	2,93	46,40	30,62786	19,82955	71,60506	3,75
				r	0,9136	0,5357	0,9432	0,9171
				to	6,7424	1,0988	8,5131	6,9028
				p	0,000084	0,352122	0,000013	0,000070

ANEXO Y - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de *Student* e p, sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã)

Ano	Volume/hora de caminhões				Concentrações médias horárias dos poluentes			
	Cam. 2 eixos.	Cam. 3 eixos	Cam. 4 eixos ou+	Total caminhões	MP10	MP2,5	NOx	SO ₂
2005	217,24	146,24	129,14	492,62	52,2366		166,3474	15,08
2006	194,43	139,19	130,29	463,90	50,85633		186,689	13,13
2007	204,48	138,24	118,62	461,33	45,65619		173,5223	10,74
2008	154,20	104,00	109,60	367,80	44,38738		168,1377	10,72
2009	129,53	95,27	95,07	319,87	38,93197		152,7044	11,95
2010	50,00	20,00	7,00	77,00	38,27921		118,0662	8,35
2011	129,07	24,40	6,80	160,27	37,4834	23,28107	92,73914	7,67
2012	50,40	19,80	5,33	75,53	38,54387	19,69075	86,53313	5,81
2013	45,40	21,00	2,67	69,07	34,68491	19,81639	63,70658	4,99
2014	41,73	21,60	4,87	68,20	36,48551	23,06614	76,22013	4,98
2015	32,13	14,73	4,93	51,80	30,62786	19,82955	71,60506	3,75
				r	0,907795	0,646912	0,943497	0,925659
				to	6,493323	1,469363	8,541519	7,33951
				p	0,000112	0,238068	0,000013	0,000044

ANEXO Z - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de *Student* e p, sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde)

Ano	Volume/hora de caminhões				Concentrações médias horárias dos poluentes			
	Cam. 2 eixos.	Cam. 3 eixos	Cam. 4 eixos ou+	Total caminhões	MP10	MP2,5	NOx	SO ₂
2005	183,52	125,05	172,71	481,29	52,24		166,35	15,08
2006	158,48	129,00	198,81	486,29	50,86		186,69	13,13
2007	180,48	135,81	168,62	484,90	45,66		173,52	10,74
2008	127,47	84,73	137,93	350,13	44,39		168,14	10,72
2009	119,13	92,00	131,27	342,40	38,93		152,70	11,95
2010	36,13	8,27	2,53	46,93	38,28		118,07	8,35
2011	53,47	9,13	3,47	66,07	37,48	23,28	92,74	7,67
2012	17,93	3,27	0,20	21,40	38,54	19,69	86,53	5,81
2013	25,40	5,07	0,73	31,20	34,68	19,82	63,71	4,99
2014	21,53	6,87	1,40	29,80	36,49	23,07	76,22	4,98
2015	15,00	5,73	1,60	22,33	30,63	19,83	71,61	3,75
				r	0,8845	0,715461	0,9516	0,9148
				to	5,6878	1,7737	9,2927	6,7937
				p	0,000299	0,174214	0,000007	0,000080

ANEXO AA - Tabela com valores do volume/horário de caminhões e concentrações médias anuais de poluentes com valores estatísticos de r, T de *Student* e p, sentido Marginal Pinheiros-Anchieta (período da tarde)

Ano	Volume/hora de caminhões				Concentrações médias horárias dos poluentes			
	Cam. 2 eixos.	Cam. 3 eixos	Cam. 4 eixos ou+	Total caminhões	MP10	MP2,5	NOx	SO ₂
2005	193,00	95,57	175,48	464,05	52,2366		166,3474	15,08
2006	169,19	94,62	179,24	443,05	50,85633		186,689	13,13
2007	151,67	93,71	165,76	411,14	45,65619		173,5223	10,74
2008	120,60	64,40	130,93	315,93	44,38738		168,1377	10,72
2009	128,40	69,87	139,40	337,67	38,93197		152,7044	11,95
2010	46,00	13,00	5,00	64,00	38,27921		118,0662	8,35
2011	51,53	13,00	5,73	70,27	37,4834	23,28107	92,73914	7,67
2012	22,20	3,27	1,00	26,47	38,54387	19,69075	86,53313	5,81
2013	29,60	5,47	2,00	37,07	34,68491	19,81639	63,70658	4,99
2014	24,80	6,73	1,53	33,07	36,48551	23,06614	76,22013	4,98
2015	17,60	5,40	1,47	24,47	30,62786	19,82955	71,60506	3,75
				r	0,88991	0,688251	0,951857	0,939133
				to	5,852924	1,643183	9,315387	8,200749
				p	0,000243	0,198889	0,000006	0,000018

ANEXO AB - Subsídio para política pública de restrição de veículos pesados na Av. Salim Farah Maluf

A partir do produto bibliográfico técnico, é apresentado subsídio para política pública de restrição de veículos pesados de segunda-feira a sexta-feira das 5h00 às 21h00 e aos sábados das 10h00 às 14h00, exceto feriados, para os caminhões de 2 eixos, 3 eixos e 4 eixos ou +, na Av. Salim Farah Maluf e sua continuação na Av. Profº Luiz Ignácio Anhaia Mello, importante via de ligação entre a Rodovia Presidente Dutra e Rodovia Anchieta, via de acesso a Baixada Santista. Após estudos complementares poderá ser avaliado se houve diminuição das emissões de poluentes de veículos diesel relacionada com a diminuição dos veículos pesados na via proposta, que pode beneficiar a população do entorno, sendo que há grande número de comércios e residências nesta via e proximidades. Esta restrição implicará em menores danos à saúde das pessoas e melhor qualidade de vida, diminuindo a exposição aos efeitos nocivos dos poluentes causados pelas emissões dos veículos diesel. Tal medida pode servir como estímulo para que rotas alternativas em outras vias do município possam ser utilizadas, desviando o tráfego de veículos pesados das áreas residenciais e comerciais.

Após a complementação do trecho norte do Rodoanel Mário Covas, surge a alternativa de utilização desta via para acesso a Baixada Santista, contribuindo para restrição de veículos pesados na Av. Salim Farah Maluf e Av. Profº Luiz Ignácio Anhaia Mello, desviando o fluxo de caminhões de outras áreas urbanas que podem se beneficiar desta medida.

No anexo AC é apresentado o volume/hora de caminhões na Av. Salim Farah Maluf sentido Anchieta – Marginal Tietê dos caminhões de 2 eixos, 3 eixos e dos caminhões de 4 ou + eixos, onde é possível observar que existem quantidades significativas de caminhões circulando pelas vias propostas para restrição de veículos diesel, com emissões veiculares nos arredores da Av. Salim Farah Maluf e Av. Profº Luiz Ignácio de Anhaia Mello.

De acordo com (CET, 2017), pode ser observado volume/horário de caminhões inferior ao período sem restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, mas superior ao período de restrição de veículos pesados. Ainda há um volume/horário significativo de acordo com os anexos AC e AD a ser diminuído. Atualmente tem-se restrição de veículos pesados, de acordo com a Portaria do município de São Paulo

nº137/18-SMT que restringe o trânsito de caminhões na Av. Salim Farah Maluf de 2ª a 6ª feira das 05h00 às 09h00 e das 17h00 às 21h00 e aos sábados das 10h00 às 14h00. Após este período de restrição, com a liberação da circulação de veículos pesados na via, volumes significativos de poluentes são liberados para atmosfera provenientes dos caminhões, portando a restrição de veículos pesados em intervalos maiores, durante o dia, resultaria em menores quantidades de emissões veiculares dos caminhões.

Assim como o anexo AC o volume/horário de caminhões na Av. Salim Farah Maluf sentido Marginal Tietê - Rod. Anchieta é menor, mas superior ao período de restrição dos caminhões na Av. dos Bandeirantes. Os dados utilizados foram do ano de 2016 de acordo com a disponibilidade fornecida pela CET, anteriores ao período de restrição conforme Portaria do município de São Paulo nº137/18-SMT.

ANEXO AC - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf sent. Rod. Anchieta - Marginal Tietê

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	40	14	6		17:00 - 18:00	49	15	9
	07:15 - 08:15	35	16	7		17:15 - 18:15	42	9	1
	07:30 - 08:30	38	19	9		17:30 - 18:30	45	10	1
	07:45 - 08:45	50	27	12		17:45 - 18:45	39	10	1
	08:00 - 09:00	52	37	13		18:00 - 19:00	33	9	2
	08:15 - 09:15	75	51	38		18:15 - 19:15	29	9	2
	08:30 - 09:30	110	70	54		18:30 - 19:30	30	6	3
	08:45 - 09:45	122	85	68		18:45 - 19:45	30	7	4
	09:00 - 10:00	150	99	92		19:00 - 20:00	28	4	2
	Total 3 horas	242	150	111		Total 3 horas	110	28	13

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	39	22	0		17:00 - 18:00	61	17	16
	07:15 - 08:15	43	24	11		17:15 - 18:15	54	8	7
	07:30 - 08:30	40	26	12		17:30 - 18:30	43	6	5
	07:45 - 08:45	53	36	13		17:45 - 18:45	33	6	5
	08:00 - 09:00	67	38	13		18:00 - 19:00	29	7	2
	08:15 - 09:15	93	66	25		18:15 - 19:15	24	8	2
	08:30 - 09:30	142	113	54		18:30 - 19:30	27	7	3
	08:45 - 09:45	178	144	74		18:45 - 19:45	29	7	4
	09:00 - 10:00	213	177	103		19:00 - 20:00	29	5	4
	Total 3 horas	319	237	124		Total 3 horas	119	29	22

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	38	16	2		17:00 - 18:00	50	31	18
	07:15 - 08:15	28	18	3		17:15 - 18:15	43	21	7
	07:30 - 08:30	23	26	3		17:30 - 18:30	28	10	5
	07:45 - 08:45	25	30	4		17:45 - 18:45	29	9	4
	08:00 - 09:00	32	33	6		18:00 - 19:00	24	7	4
	08:15 - 09:15	56	60	20		18:15 - 19:15	19	7	4
	08:30 - 09:30	84	87	50		18:30 - 19:30	23	8	4
	08:45 - 09:45	117	111	70		18:45 - 19:45	19	8	3
	09:00 - 10:00	130	134	88		19:00 - 20:00	21	7	3
	Total 3 horas	200	183	96		Total 3 horas	95	45	25

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	17	7	2		17:00 - 18:00	29	2	0
	07:15 - 08:15	18	10	2		17:15 - 18:15	20	3	0
	07:30 - 08:30	18	8	1		17:30 - 18:30	18	2	0
	07:45 - 08:45	19	7	1		17:45 - 18:45	20	3	0
	08:00 - 09:00	18	16	3		18:00 - 19:00	23	4	0
	08:15 - 09:15	24	25	6		18:15 - 19:15	19	4	1
	08:30 - 09:30	33	33	9		18:30 - 19:30	18	6	1
	08:45 - 09:45	42	40	10		18:45 - 19:45	13	4	1
	09:00 - 10:00	53	41	11		19:00 - 20:00	14	3	2
	Total 3 horas	88	64	16		Total 3 horas	66	9	2

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	31	15	4		17:00 - 18:00	34	16	12
	07:15 - 08:15	30	14	5		17:15 - 18:15	26	13	5
	07:30 - 08:30	32	16	3		17:30 - 18:30	19	14	4
	07:45 - 08:45	40	22	9		17:45 - 18:45	30	10	3
	08:00 - 09:00	44	30	15		18:00 - 19:00	33	14	3
	08:15 - 09:15	60	61	23		18:15 - 19:15	29	11	2
	08:30 - 09:30	84	77	43		18:30 - 19:30	33	7	1
	08:45 - 09:45	98	95	62		18:45 - 19:45	20	11	3
	09:00 - 10:00	140	119	74		19:00 - 20:00	20	6	3
	Total 3 horas	215	164	93		Total 3 horas	87	36	18
Volume/hora		70,93	53,2	29,33	Volume/hora		31,8	9,8	5,33

Fonte dos dados: CET (2017)

ANEXO AD - Média do volume de caminhões (volume/hora) na Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf sent. Marginal Tietê – Rod. Anchieta

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
1	07:00 - 08:00	26	18	5		17:00 - 18:00	38	9	13
	07:15 - 08:15	24	11	3		17:15 - 18:15	34	4	5
	07:30 - 08:30	29	14	5		17:30 - 18:30	40	8	4
	07:45 - 08:45	32	12	6		17:45 - 18:45	41	10	6
	08:00 - 09:00	32	16	6		18:00 - 19:00	37	10	6
	08:15 - 09:15	51	29	11		18:15 - 19:15	38	21	4
	08:30 - 09:30	87	65	31		18:30 - 19:30	28	22	4
	08:45 - 09:45	109	92	48		18:45 - 19:45	17	27	2
	09:00 - 10:00	153	126	79		19:00 - 20:00	19	31	1
	Total 3 horas	211	160	90		Total 3 horas	94	50	20

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
2	07:00 - 08:00	39	20	7		17:00 - 18:00	34	16	10
	07:15 - 08:15	40	19	5		17:15 - 18:15	31	9	6
	07:30 - 08:30	39	23	5		17:30 - 18:30	32	9	6
	07:45 - 08:45	40	24	8		17:45 - 18:45	27	9	6
	08:00 - 09:00	44	33	11		18:00 - 19:00	22	9	5
	08:15 - 09:15	64	57	29		18:15 - 19:15	17	7	3
	08:30 - 09:30	105	88	58		18:30 - 19:30	14	6	2
	08:45 - 09:45	143	116	79		18:45 - 19:45	14	7	2
	09:00 - 10:00	171	140	95		19:00 - 20:00	18	7	2
	Total 3 horas	254	193	113		Total 3 horas	74	32	17

Ponto	Hora	Caminhões				Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
3	07:00 - 08:00	41	24	5		17:00 - 18:00	32	9	6
	07:15 - 08:15	32	25	10		17:15 - 18:15	21	7	1
	07:30 - 08:30	37	25	10		17:30 - 18:30	20	8	1
	07:45 - 08:45	42	25	11		17:45 - 18:45	16	8	1
	08:00 - 09:00	62	26	15		18:00 - 19:00	12	13	3
	08:15 - 09:15	127	79	36		18:15 - 19:15	16	16	2
	08:30 - 09:30	158	117	56		18:30 - 19:30	15	18	3
	08:45 - 09:45	198	148	84		18:45 - 19:45	13	19	5
	09:00 - 10:00	214	170	92		19:00 - 20:00	18	14	4
	Total 3 horas	317	220	112		Total 3 horas	62	36	13

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
4	07:00 - 08:00	60	27	6		17:00 - 18:00	41	14	1
	07:15 - 08:15	67	29	5		17:15 - 18:15	36	11	0
	07:30 - 08:30	64	27	2		17:30 - 18:30	33	3	0
	07:45 - 08:45	47	19	2		17:45 - 18:45	23	1	0
	08:00 - 09:00	41	17	0		18:00 - 19:00	29	3	0
	08:15 - 09:15	34	12	0		18:15 - 19:15	25	7	2
	08:30 - 09:30	37	14	0		18:30 - 19:30	29	8	2
	08:45 - 09:45	45	19	3		18:45 - 19:45	37	10	2
	09:00 - 10:00	57	26	3		19:00 - 20:00	33	9	2
	Total 3 horas	158	70	9		Total 3 horas	103	26	3

Ponto	Hora	Caminhões			Ponto	Hora	Caminhões		
		2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+			2 eixos	3 eixos	4 eixos ou+
5	07:00 - 08:00	54	23	3		17:00 - 18:00	51	13	6
	07:15 - 08:15	49	24	7		17:15 - 18:15	49	9	2
	07:30 - 08:30	45	23	7		17:30 - 18:30	43	12	3
	07:45 - 08:45	43	19	9		17:45 - 18:45	40	16	2
	08:00 - 09:00	41	18	11		18:00 - 19:00	38	19	3
	08:15 - 09:15	65	36	21		18:15 - 19:15	33	20	3
	08:30 - 09:30	71	49	24		18:30 - 19:30	31	16	2
	08:45 - 09:45	88	67	27		18:45 - 19:45	31	10	2
	09:00 - 10:00	98	75	31		19:00 - 20:00	35	8	2
	Total 3 horas	193	116	45		Total 3 horas	124	40	11
	Volume/hora		41,73	21,6		4,86	Volume/hora		24,8

Fonte dos dados: CET (2017)