



**COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DA CETESB**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “CONFORMIDADE AMBIENTAL COM REQUISITOS  
TÉCNICOS E LEGAIS”**

**Evandro Davi Cobo**

**A EMISSÃO DE FUMAÇA PRETA DE VEÍCULOS DIESEL E A  
SAÚDE: ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO POR  
LOCALIDADE**

**São Paulo  
2018**





**Evandro Davi Cobo**

**A EMISSÃO DE FUMAÇA PRETA DE VEÍCULOS DIESEL E A  
SAÚDE: ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO POR  
LOCALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, da Escola Superior da CETESB, como requisito para obtenção do título de Especialista em Conformidade Ambiental.

Orientador: Drº Vanderlei Borsari

**São Paulo  
2018**

## **DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO**

### **(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)**

C588e Cobo, Evandro Davi  
A emissão de fumaça preta de veículos diesel e a saúde: índice de eficiência de fiscalização por localidade / Evandro Davi Cobo – São Paulo, 2018.  
151 p. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Dr. Vanderlei Borsari.  
Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Conformidade Ambiental) – Pós-Graduação Lato Sensu Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2018.  
Disponível também em: <<http://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/producao-tecnico-cientifica/>>.

1. Ar – poluição 2. Emissão Veicular 3. Escala Ringelmann 4. Fumaça Preta 5. São Paulo (RMSP) 6. Saúde I. Borsari, Vanderlei, Orient. II. Escola Superior da CETESB (ESC). III. Título.

CDD (21. ed. Esp.) 628.532 028 681 61  
363.739 263 816 1  
CDU (2. ed. Port.) 614.715:351.777 (815.6)

Catálogo na fonte: Sônia Teresinha Barbosa – CRB 8.3691  
Margot Terada – CRB 8. 4422

Direitos reservados de distribuição e comercialização. Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB.

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345

Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

Site: <<http://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/producao-tecnico-cientifica/>>

# FOLHA DE APROVAÇÃO



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CONFORMIDADE AMBIENTAL COM REQUISITOS TÉCNICOS E LEGAIS

AValiação DOS TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO



Aluno(a):	Evandro Davi Cobo	
Título do trabalho:	A emissão de fumaça preta de veículos diesel e a saúde: índice de eficiência de fiscalização por localidade	Turma: 2016

Avaliadores	Nota	Assinatura
Avaliador 1 Nome: Cristiane Dias	9,0	<i>Cristiane Dias</i>
Avaliador 2 Nome: Raimundo Paiva Nóbrega	9,0	<i>Raimundo</i>
Orientadora Nome: Vanderlei Borsari	9,0	<i>Borsari</i>
Nota final	9,0	<i>São Paulo, 16 de junho de 2018</i>

Observações:

Ciência do aluno(a): <i>Evandro Davi Cobo</i>	Assinatura <i>[Assinatura]</i>
--	-----------------------------------

A aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso não significa aprovação, endosso ou recomendação, por parte da CETESB, de produtos, serviços, processos, metodologias, técnicas, tecnologias, empresas, profissionais, ideias ou conceitos mencionados no trabalho.

## DEDICATÓRIA

A Deus pela proteção e sustento nos momentos de dúvidas e dificuldades, que me acolhe e me dá forças para seguir adiante.

Ao meu amor e esposa Camila Melo Cobo pelo incentivo, apoio e compreensão para que eu alcance meus objetivos.

Aos meus pais por sempre nos guiar pelo caminho do bem e da justiça.

Aos meus irmãos por sempre dar bons exemplos e seguir pelo bom caminho.

A todos os familiares e amigos por sempre se mostrarem disponíveis e se mostrarem prestativos em todos os momentos que foram necessários.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Gerente da Divisão de Emissões Veiculares Vanderlei Borsari pela aprovação do curso e orientador, pela disponibilidade, paciência, compreensão, sugestões, observações e idéias para realização deste trabalho.

Aos gerentes Carlos Ibsen Vianna Lacava e Daniel Egon Schmidt pela autorização, confiança e aprovação para que eu pudesse realizar este curso de pós graduação na Escola Superior da CETESB.

Ao André Kuniyoshi pelas orientações e auxílio diante das tabelas e ferramentas do Excel para realização do trabalho.

A equipe do ETHF (Anita Gonçalves Dias, Vicente Geraldo Ávila da Silveira, Maria Beatriz Gallelo, Nilton Nudelman, Raquel Gentil Batista Ribeiro, Renato de Mello Araújo e Sérgio Alves Silva) pela confiança e pelo acolhimento nos momentos de dificuldade.

Ao departamento de Informática da CETESB por disponibilizar os dados para que fossem utilizados neste trabalho.

A CETESB, por incentivar e dar a oportunidade para que seus funcionários possam adquirir novos conhecimentos ao longo de sua carreira.

A todos os docentes e equipe do curso de Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais da CETESB, pelo empenho e comprometimento em transmitir seus conhecimentos de forma clara e transparente.

Aos caminhoneiros por entender da necessidade do trabalho de fiscalização de fumaça preta, que fazemos pelo meio ambiente e pela saúde dos seus.

Aos colegas do curso de Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais que sempre se mostraram disponíveis para esclarecimentos que me fizeram adquirir novos conhecimentos.

Agradeço a minha esposa Camila pelo auxílio nas revisões do trabalho e palavras de motivação para que eu seguisse adiante.

## RESUMO

As emissões dos veículos automotores causam um grande problema à saúde e ao meio ambiente. Diversas podem ser as doenças ocasionadas desde a respiratórias, cardíacas e transtornos mentais. Na Região Metropolitana de São Paulo é realizada a fiscalização de fumaça preta de veículos diesel utilizando a Escala de Ringelmann pelos agentes da CETESB. Essa fiscalização é muito importante pois de forma eficiente pode-se punir e educar os proprietários de veículos que estejam em desconformidade com a legislação, induzindo a manutenção desses veículos. Este trabalho apresenta também outros meios de fiscalização que a CETESB realiza em veículos diesel e sua relação com a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo. Este trabalho teve como objetivo comparar a intensidade de fiscalização de fumaça preta pela CETESB na Região Metropolitana de São Paulo nos diversos locais de fiscalização rotineira, com a incidência de veículos não conformes nos mesmos locais. A partir daí puderam ser apresentados os locais com maior potencial para a intensificação dessa fiscalização. Para a realização desse trabalho foram utilizados dados de fiscalização gerados pela equipe de agentes da CETESB dedicados a fiscalização de fumaça preta. A amostragem compreendeu o período de fiscalização entre os meses de janeiro a agosto do ano de 2016. Foi feita uma comparação levando em conta o tempo de fiscalização feita em um determinado ponto, e o número de constatações de veículos com emissão excessiva de fumaça preta de forma a obter um quociente ou índice de eficiência. Para essa comparação foi considerado um mínimo de três autuações para cada período de fiscalização, e ao menos dois dias no mínimo de fiscalização em cada ponto, descartado a primeira e última autuação de cada dia de fiscalização. Foram encontrados maiores índices de eficiência na Rod. Presidente Dutra (sent. norte), seguido por Anhanguera (sent. sul), Rod. Presidente Dutra (sul), Rod. Fernão Dias (sul), e Av. Salim Farah Maluf, 5000 sugerindo dessa forma uma maior fiscalização nesses locais, para os outros locais de fiscalização foram sugeridos menos dias de fiscalização de acordo com o índice de eficiência encontrado.

**Palavras chave:** Fumaça preta. Emissões veiculares. Saúde. Escala de Ringelmann

## ABSTRACT

Emissions from motor vehicles cause a major health and environmental problem. Several can be from diseases to respiratory, cardiac and mental disorders. In the São Paulo Metropolitan Region, black smoke control of diesel vehicles is performed using the Ringelmann Scale by CETESB agents. This inspection is very important because it can be efficiently punished and educated vehicle owners who are in disagreement with the law, inducing the maintenance of these vehicles. This paper also presents other means of control that CETESB performs in diesel vehicles and its relation with air quality in the Metropolitan Region of São Paulo. The objective of this study was to compare the intensity of black smoke control by CETESB in the Metropolitan Region of São Paulo in the several places of routine inspection, with the incidence of nonconforming vehicles in the same places. From there, the places with the greatest potential for the intensification of this inspection could be presented. For the accomplishment of this work were used control data generated by the team of agents of CETESB dedicated to the control of black smoke. The sampling comprised the inspection period between January and August of the year 2016. A comparison was made taking into account the time of inspection carried out in a certain point, and the number of findings of vehicles with excessive emission of black smoke from to obtain a quotient or efficiency index. For this comparison, a minimum of three assessments was considered for each inspection period, and at least two days minimum inspection at each point, excluding the first and last assessment of each inspection day. A higher efficiency index was found at Rod Presidente Dutra (north), followed by Anhanguera (south), Rod. Presidente Dutra (south), Rod. Fernão Dias (south), and Av. Salim Farah Maluf, 5000 thus suggesting a greater supervision in these places, for the other inspection sites were suggested less inspection days according to the efficiency index found.

**Keywords:** Black smoke. Vehicle emissions. Health. Ringelmann Scale

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Figura 1 –	Material Particulado e efeito no organismo	20
Figura 2 –	Alvéolo normal com surfactante	22
Figura 3 –	Efeitos da poluição no cérebro de camundongo	31
Figura 4 –	Localização das redes automáticas de medição da qualidade do ar	37
Figura 5 –	Localização das redes manuais de medição da qualidade do ar	38
Figura 6 –	Motor Diesel	45
Figura 7 –	Filtro de mangas	48
Figura 8 –	Fenômeno da inversão térmica	49
Figura 9 –	Estátua danificada pela ação da chuva ácida	50
Figura 10 –	Dimensões do material particulado	52
Figura 11 –	Emissões de poluentes por indústrias	60
Figura 12 –	Poluição Atmosférica na Rodovia Castelo Branco	62
Figura 13 –	Grande número de veículos em ruas das cidades	66
Figura 14 –	Filtro de óleo usado	67
Figura 15 –	Veículo Desregulado	69
Figura 16 –	Ciclo do etanol como energia renovável	72
Figura 17 –	Ciclo da cadeia do biodiesel	75
Figura 18 –	Componentes de instalação do GNV	79
Figura 19 –	Funcionamento do carro elétrico	82
Figura 20 –	Funcionamento de veículo híbrido	85
Figura 21 –	Sensoriamento Remoto	89
Figura 22 –	Catalisador e funcionamento	92
Figura 23 –	Sistema de funcionamento do SCR	96
Figura 24 –	Fiscalização de fumaça preta realizada por agente da CETESB	103
Figura 25 –	Escala de Ringelmann	105
Figura 26 –	Emuladores de Arla 32	107
Figura 27 –	Teste de adulteração de água do Arla 32	108
Figura 28 –	Refratômetro Digital	109
Figura 29 –	Técnica realizando inspeção veicular	111
Figura 30 –	Mapa dos pontos de fiscalização	115
Figura 31 –	Planilha eletrônica dos locais de fiscalização	117
Gráfico 1 –	Evolução das emissões de poluentes veiculares no Estado de São Paulo	39
Gráfico 2 –	Composição Típica do Aerossol Fino Continental	47
Gráfico 3 –	Locais de fiscalização x índice de eficiência	121
Gráfico 4 –	Veículos desconforme x período	123
Gráfico 5 –	Correlação entre o volume de tráfego e o índice de Eficiência	125
Tabela 1 –	Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde	34
Tabela 2 –	Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2015	40
Tabela 3 –	Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP	41
Tabela 4 –	Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP	42
Tabela 5 –	Características de partículas finas e grossas	51

Tabela 6 –	Tipo de combustível relacionado ao teor de enxofre	56
Tabela 7 –	Poluentes atmosféricos e suas composições, características, principais fontes, remoção e tempo de permanência	64
Tabela 8 –	Evolução da idade média da frota no estado de São Paulo no período de 2006 a 2015	70
Tabela 9 –	Balanço de energia na produção de etanol, com diversas matérias primas	73
Tabela 10 –	Monóxido de Carbono corrigido-CO em marcha lenta e 2500 rpm para veículos automotores como motor do ciclo Otto	112
Tabela 11 –	Limites máximos de emissão de HC <sub>corrigido</sub> , em marcha lenta e a 2500 rpm para veículos com motor ciclo Otto	113
Tabela 12 –	Tabela de índice de Eficiência	118
Tabela 13 –	Índice de eficiência por ponto de fiscalização	120
Tabela 14 –	Locais de fiscalização e proporção obtida de acordo com índices de eficiência	122
Tabela 15 –	Número de multas e tempo de fiscalização por agente	124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIDS	<i>Acquired Immunodeficiency Syndrome</i> = Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ARLA 32	Agente Redutor Líquido Automotivo
Art.	Artigo
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> = Sociedade Americana para Métodos e Materiais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNPE	Conselho Nacional de Políticas Energéticas
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural
DA	Doenças de Autismo
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DP	Diâmetro Aerodinâmico
DPOC	Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas
EN	Comitê Europeu de Normalização
EUA	Estados Unidos da América
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i> = Administração Federal de Rodovias
GNV	Gás Natural Veicular
I/M	Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LCVM	Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor
MP	Material Particulado
MP 2,5	Material particulado de 2,5 µm de diâmetro aerodinâmico
MP 10	Material particulado de 10 µm de diâmetro aerodinâmico
NMHC	Hidrocarbonetos não-metano
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCPV	Planos de Controle de Poluição Veicular
PEA	Perturbação do Espectro do Autismo
PREFE	Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
RANP	Resolução Agência Nacional do Petróleo
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SCR	Catalisador de Redução Seletiva
TNF	Fator necrose tumoral
UFESP	Unidade Fiscal do Estado de São Paulo
US-EPA	<i>States Environmental Protection Agency</i> = Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
VE	Veículo Elétrico
WHO	<i>World Health Organization</i> = Organização Mundial da Saúde

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>POLUIÇÃO E EFEITOS NA SAÚDE</b>	<b>16</b>
2.1	PRINCIPAIS DOENÇAS RELACIONADAS A POLUIÇÃO DO AR	16
2.2	OUTRAS DOENÇAS RELACIONADAS A POLUIÇÃO DO AR	26
<b>3</b>	<b>POLUENTES ATMOSFÉRICOS</b>	<b>34</b>
3.1	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR	34
3.2	MOTOR DIESEL	44
3.3	TIPOS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS	45
3.3.1	Material Particulado	46
3.3.2	Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	54
3.3.3	Óxidos de Nitrogênio	56
3.3.4	Ozônio	57
3.3.5	Hidrocarbonetos	58
<b>4</b>	<b>FONTES DE EMISSÕES</b>	<b>60</b>
4.1	EMISSÕES VEICULARES	65
4.2	COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS	71
4.2.1	Etanol Combustível	71
4.2.2	Biodiesel	74
4.2.3	Gás Natural Veicular	78
4.3	VEÍCULOS ALTERNATIVOS	82
4.3.1	Veículos Elétricos	82
4.3.2	Veículos Híbridos	84
<b>5</b>	<b>DISPOSITIVOS E AÇÕES PÚBLICAS NO CONTROLE DE EMISSÕES</b>	<b>87</b>
5.1	PROCONVE	87
5.2	CATALISADORES	91
5.2.1	CATALISADOR DE REDUÇÃO SELETIVA	95
5.3	COMBUSTÍVEIS LIMPOS RELACIONADOS AOS EFEITOS DA SAÚDE	97
5.4	RESPONSABILIDADES NO DESEMPENHO DA FUNÇÃO PÚBLICA	98
5.5	FISCALIZAÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES	103
5.5.1	Operação Inverno	106
5.5.2	Fiscalização de ARLA 32	106
5.5.2.1	<i>Emuladores</i>	107
5.5.2.2	<i>Adulteração de água do ARLA 32</i>	108
5.5.2.3	<i>Concentração da uréia</i>	109
5.6	INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS EM USO	109
<b>6</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>114</b>
6.1	OBJETIVO GERAL	114

6.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	114
7	METODOLOGIA	115
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	120
9	CONCLUSÃO	126
	REFERENCIAS	128
	ANEXO A – TABELA DE FISCALIZAÇÃO	142

# 1 INTRODUÇÃO

As ações humanas, notadamente a partir da Revolução Industrial levaram entre outras formas de deterioração do meio, à poluição atmosférica, seja pelo aumento no número de indústrias, aumento no número de veículos ou fatores que levam a sociedade à busca pelo conforto e outras comodidades que favorecem o bem estar das pessoas. Dentre as diversas fontes de poluição atmosférica encontra-se aquela ocasionada pela emissão de gases e partículas por veículos diesel, fonte esta, especialmente importante em grandes centros urbanos. Diante disso torna-se importante o estudo da emissão de um desses poluentes, conhecido como fumaça preta de veículos diesel e sua relação com os problemas à saúde, mostrando os aspectos relacionados à sua emissão, nos atuais locais onde é feita a fiscalização de fumaça preta na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), afim de procurar mostrar variações na incidência deste poluente.

Tem-se como relevante para o combate a deterioração da qualidade do ar, a intensificação da fiscalização das emissões de fumaça preta nas áreas mais críticas da Região Metropolitana de São Paulo, contribuindo para o menor acometimento de doenças respiratórias na população da mesma região.

Dentre essas questões, é importante levantar os locais mais críticos da fiscalização de fumaça-preta, e avaliar onde a população das regiões mais afetadas sofre com esse poluente, podendo oferecer mecanismos que diminuam os efeitos na saúde da população e melhorem a qualidade do ar.

A fiscalização de emissões veiculares pelos agentes da CETESB se mostra de suma importância como forma de combate à poluição além de ter forte ação educativa. A fiscalização nos locais mais críticos como as rodovias e vias próximos a residências, durante todos os dias da semana, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo, onde se concentra grande parte da população, merece ser intensificada. Outros tipos de fiscalização além da fumaça preta nos veículos se mostram importantes. Pesquisas e estudos que investiguem novos tipos de poluentes e uma exigência no licenciamento ambiental para que se estime a quantidade de emissões veiculares que será

emitida após a licença de uma rodovia, seriam condições que contribuiriam para ajudar a combater os efeitos das emissões veiculares.

No capítulo dois são apresentados os poluentes e os efeitos na saúde da população. São descritas, as doenças mais discutidas como respiratórias e cardíacas e também doenças causadas pela poluição do ar que são menos discutidas como doenças mentais e degenerativas. Também são citados alguns experimentos e pesquisas que foram desenvolvidos e apresentado seus resultados.

O terceiro capítulo trata das emissões dos poluentes atmosféricos e as medidas que são utilizadas para monitoramento desses poluentes.

No quarto capítulo são apresentadas as fontes de emissões e medidas que minimizem os efeitos dos poluentes na saúde e no meio ambiente. Também são apresentados os tipos de combustíveis que podem servir como alternativa para diminuição das emissões por combustíveis fósseis.

No quinto capítulo são apresentadas as legislações atmosféricas, a responsabilidade dos agentes públicos no desempenho das suas funções e as penalidades que estão submetidos por ocasião de irregularidades.

## 2 POLUIÇÃO E EFEITOS NA SAÚDE

Neste capítulo são apresentados os danos que são causados a saúde.

### 2.1 PRINCIPAIS DOENÇAS RELACIONADAS A POLUIÇÃO DO AR

A poluição do ar é um mal que leva ao comprometimento da saúde das pessoas, um grande problema que nem sempre é claramente visível e que causa, doenças pulmonares, cardíacas, mentais e age como fator de prejuízo ao bem estar da população.

No ano de 2000 a Organização Mundial da Saúde (OMS) iniciou um projeto envolvendo mais de 100 pesquisadores de 30 instituições e 200 revisores, com o objetivo de mensurar a carga global de morte e doenças provocadas pela poluição atmosférica externa, baseando-se nas concentrações de material particulado (Cohen, 2005 *apud* Ribeiro, 2010).

Entre os poluentes atmosféricos, o material particulado é um dos principais causadores de problemas relacionados a saúde. Instituições e profissionais apontam severos danos que este poluente ocasiona.

A conclusão do estudo foi alarmante: a poluição atmosférica externa é responsável direta por aproximadamente 3% da mortalidade cardiovascular, 5% das mortes por câncer de traquéia, brônquio e pulmão e 1% das mortes por infecção respiratória aguda em crianças com menos de 5 anos de idade. Esses números equivalem a aproximadamente 0,8 milhões (1,2%) de mortes prematuras por ano, e 6,4 milhões (0,5%) de anos de vida perdidos (RIBEIRO, 2010, p.12).

Mais da metade da população mundial depende de estrume, restos de plantações ou carvão para geração das suas necessidades energéticas básicas, como o preparo de alimentos e aquecimento. Estes combustíveis sólidos em fogueiras abertas ou fornos sem chaminés produzem poluição atmosférica interna, ou seja, dentro de casa. A fumaça interna resultante contém uma gama de poluentes danosos à saúde, incluindo pequenas partículas de fuligem e poeira, capazes de penetrar profundamente nos pulmões. Em moradias pouco ventiladas, esta fumaça pode exceder os níveis aceitáveis de partículas pequenas no ambiente externo em mais de 100 vezes. A exposição é particularmente alta entre mulheres e crianças, que passam a maior parte do tempo próximos da lareira da casa. Estima-se que, a cada ano, a poluição atmosférica interna seja responsável pela morte de 1,6 milhões de pessoas – 1 morte a cada 20 segundos – devido à pneumonia (risco maior em crianças com menos de 5 anos), doença pulmonar obstrutiva crônica (principalmente com o uso do carvão) e câncer de pulmão [...] (WHO, 2005 *apud* RIBEIRO, 2010).

Grande parte da população mundial de baixa renda, sem acesso a fontes de energia mais adequadas para proporcionar aquecimento e preparação de alimentos, estão expostas a emissões de poluentes em ambiente interno com conseqüente agravo a saúde. Isso poderia ser evitado proporcionando acesso

a fontes adequadas de energia como gás engarrafado, o que muito provavelmente implique em adoção de programas de aumento de renda ou de fornecimento de subsídios.

Em uma revisão sistemática recente, a evidência de uma ligação entre poluição atmosférica interna e asma, catarata e tuberculose foi considerada moderada. Além disto, acredita-se que a poluição esteja ligada a resultados adversos na gestação, particularmente a baixo peso ao nascer, doença cardíaca isquêmica e cânceres de nasofaringe e laringe (WHO, 2005 apud RIBEIRO, 2010, p. 14).

Segundo WHO, 2005 apud RIBEIRO p.14 algumas doenças relacionadas a poluição do ar como as respiratórias e cardíacas também podem estar presentes, impactando seus efeitos na gestação, baixo peso ao nascer e catarata.

A Organização Mundial da Saúde após análise de fatores de risco para doenças em geral, concluiu que a poluição atmosférica interna é o oitavo fator mais importante, responsável por mais de 1,6 milhões de mortes e 2,7% do total de doenças ao redor do globo (WHO, 2009 apud RIBEIRO, 2010, p. 14).

É bastante claro os malefícios apresentados pela queima de combustíveis provenientes de biomassa, que gera poluentes nocivos aos moradores das residências em que os mesmos se encontram. Pode-se observar como as substâncias presentes nos combustíveis podem agir prejudicando a saúde. Também se pode verificar o quanto é prejudicial a falta de dispersão dos poluentes que quando confinados geram problemas ainda maiores relacionados a saúde.

Ribeiro (2010) ressalta o quanto é prejudicial a poluição atmosférica interna, sendo fonte de graves doenças, sobretudo nos países mais pobres e em desenvolvimento. Dessa forma temos que considerar que além dos países mais ricos e desenvolvidos, os países em desenvolvimento também devem buscar legislações e parâmetros mais restritivos que defendam a saúde da população e que para atender esses parâmetros se utilize preferencialmente fontes de energia renováveis.

A deterioração da saúde da população residente em metrópoles com características semelhantes à de São Paulo, tem entre as várias consequências, um aumento do custo dos atendimentos à população nos serviços de saúde pública, dado que os altos níveis de poluição do ar, ocasionam, um aumento da procura pelos prontos socorros, unidades básicas de saúde e hospitais, tanto na cidade quanto na Região Metropolitana. Em outras palavras, aumentam as consultas médicas, as hospitalizações e as mortes, ocasionando, também um incremento do consumo de medicamentos, nas faltas a escola e ao trabalho, além de restringirem a prática de atividades físicas pela população afetada (ESTEVEZ, 2004, p.7).

Problemas relacionados a poluição do ar são fatores que levam a população em busca de serviços de saúde e isso ocasiona custo elevado pelo fato das pessoas utilizarem mais este serviço. Também podem ocorrer ausências e afastamento de trabalho, escola, além de, diminuição das atividades físicas. Isso gera impacto tanto social quanto econômico.

“Episódios de poluição excessiva causaram aumento do número de mortes em algumas cidades da Europa e Estados Unidos” (AMARAL; PIUBELI, 2003, p. 2).

O aumento no índice de poluição está diretamente ligado ao número de internações e óbitos. Atualmente as tecnologias de emissões de poluentes em fontes fixas e fontes móveis melhoraram significativamente, mas o volume de indústrias e veículos também aumentaram, daí se tem uma relevância em controlar os limites de emissão de poluentes.

Os mais afetados pela baixa qualidade do ar são as crianças, os idosos e as pessoas com problemas respiratórios (bronquite, asma e alergias). Vale mencionar que 15% da população total do município de São Paulo é composta por crianças e idosos, o grupo mais suscetível aos efeitos nocivos da poluição. [...] Em crianças, a poluição atmosférica pode resultar em significativas ausências à escola e aumento do uso de medicamentos em crianças acometidas de asma. Nas pessoas normais, sejam elas adultas, crianças, ou idosos, a poluição ocasiona mudanças no sistema imunológico (MARTINS, 2002 apud ESTEVES, 2004, p.7).

Uma parcela significativa das pessoas no município de São Paulo é formada por crianças e idosos. Esses dois grupos de pessoas estão mais expostos as consequências da poluição do ar. Alguns períodos quando ocorre tempo seco e maior presença de poluentes as pessoas tendem a recorrer em maior número aos hospitais e centros de saúde em busca de atendimento emergencial.

Estudos clínicos e epidemiológicos associaram a exposição ao material particulado a uma série de efeitos adversos para a saúde, entre eles: aumento da mortalidade total, cardiovascular e respiratória; aumento do número de admissões hospitalares em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica e doença cardiovascular; exarcebação dos sintomas e maior uso de medicações na asma; aumento do risco de infarto agudo do miocárdio; aparecimento de doença pulmonar inflamatória e doenças inflamatórias sistêmicas; disfunção vascular e endotelial; desenvolvimento de arteriosclerose; e aumento do risco de câncer de pulmão (RIBEIRO, 2010 p. 22).

De acordo com os problemas apresentados por Esteves (2004) e Ribeiro (2010), fica claro que problemas relacionados a parte respiratória e cardíaca estão relacionados a poluição do ar. Nestes problemas as maiores vítimas são os grupos sensíveis, ou seja, pessoas que já possuem problemas crônicos e também as crianças e idosos.

“Estima-se que a cada aumento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração de MP há entre 3% a 4% de aumento diário em mortes por doenças cardiovasculares, e 6% por respiratórias” (SCHIMITT, 2014, p.11).

A literatura mundial tem corroborado o fato de a variação tóxica dos poluentes no ambiente afetar a saúde de diferentes maneiras e níveis de gravidade. Por exemplo, a poluição do ar está relacionada à redução da expectativa de vida e ao aumento do risco de arritmias e infarto agudo do miocárdio, bronquite crônica e asma, doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC), obesidade, câncer do pulmão e depressão (RODRIGUES, 2015).

Segundo RODRIGUES, 2015 é citado que a variação tóxica dos poluentes afeta a saúde das pessoas. Rodrigues afirma que a poluição do ar age no sistema respiratório e cardíaco e também causa depressão. Muitos desses agentes tóxicos podem ser provenientes da queima de combustíveis e emissão por indústrias. Mesmo partículas nanométricas e em concentrações da ordem de parte por trilhão (ppt) podem ter efeito nocivo.

Depois de inaladas, substâncias nocivas podem ser aprisionadas nos pulmões, causando danos locais, ou difundir através da membrana capilar alveolar para a circulação sistêmica, afetando diretamente órgãos distantes. Além disso, a inflamação pulmonar pode contribuir indiretamente na gênese dos efeitos sistêmicos da poluição aérea, ao aumentar os níveis sanguíneos de substâncias inflamatórias, como as citocinas, provocando estresse oxidativo (RIBEIRO, 2010, p. 9).

As substâncias podem se fixar nos pulmões e pode causar danos locais como câncer de pulmão, e afetar outros órgãos. Também podem atuar no sistema nervoso central entrando na corrente sanguínea.

Atualmente muitos estudos tem indicado o material particulado (PM) atmosférico, como sendo capaz de causar diversos problemas de saúde, na concentração que a população está exposta, principalmente nos grandes centros urbanos como se cita alguns a seguir: BAKONYI, Sonia Maria Cipriano, OLIVEIRA Inês Moresco Danni, MARTINS Lourdes Conceição, BRAGA Alféio Luís Ferreira. 2004. Poluição Atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, também é apresentado o trabalho da autora OLMO, Neide Regina Simões. Poluição atmosférica e exposição humana: A evolução epidemiológica e sua correlação com o ordenamento jurídico. Tese de doutorado apresentado a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010., outro trabalho foi realizado por MENDES, Francisco Eduardo. Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil. Tese de doutorado apresentado ao programa de pós-graduação de engenharia da UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

Segundo Braga et al (2002) *apud* Esteves (2004), o material particulado atinge as vias aéreas inferiores, por ser uma partícula inalável e não pela sua composição química. É um poluente com capacidade de transportar gases adsorvidos até as porções mais distas das vias, onde são efetuadas as trocas de gases no pulmão. Os mecanismos de defesa próprio dos organismos são o espirro, tosse e o aparelho muco-ciliar (ESTEVES, 2004, p.11).

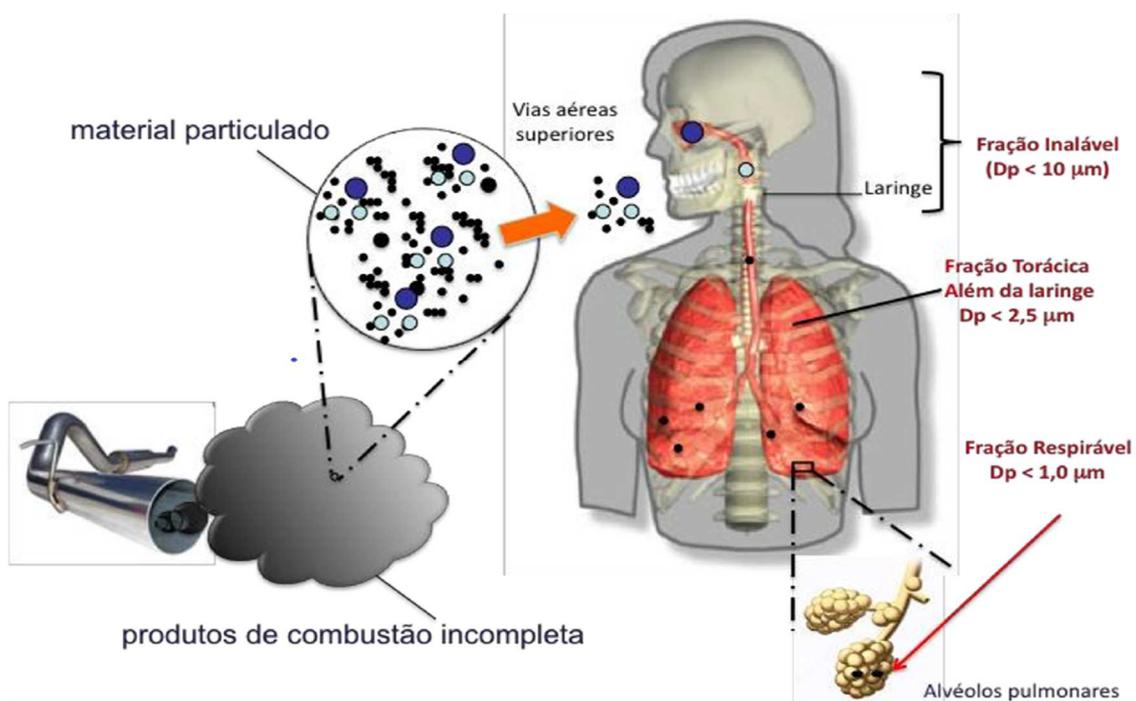
O material particulado atinge as vias aéreas inferiores a traqueia, os pulmões, os brônquios, os bronquíolos e os alvéolos pulmonares dependendo das suas dimensões. Quando em contato com o organismo este possui mecanismo de tentar expelir do corpo com espirro, tosse e o aparelho muco ciliar.

A inflamação é considerada um dos principais mecanismos na gênese de muitos dos efeitos adversos à saúde relacionados ao PM. A causa principal desta inflamação é o aumento do estresse oxidativo. Em asmáticos, o PM é capaz de potencializar a inflamação alérgica, agravando a doença (DONALDSON et. al., 2000; NEMMAR et. al., 1999 *apud* RIBEIRO, 2010, p. 22).

Observa-se no parágrafo acima que pessoas com pré-disposições a doenças são mais afetadas pelo poluente MP. No combate a poluição do ar além de preservar a saúde das pessoas de forma geral, são consideradas principalmente as pessoas com pré-disposição a doenças que é de extrema relevância pois serão primeiramente afetados.

Alguns materiais particulados com diâmetro aerodinâmico médio (DP) < 1,0  $\mu\text{m}$  podem chegar a corrente sanguínea como ilustrado na **figura 01**:

**Figura 01 - Material particulado e efeito no organismo**



Na **figura 01** observa-se o material particulado com seus diferentes tamanhos sendo considerado o de 10 µm a fração inalável, a fração torácica o de 2,5 µm que é absorvida além da laringe e a fração respirável o que tem um tamanho menor que 1,0 µm que é a fração que atinge nos alvéolos pulmonares e posteriormente chega a corrente sanguínea.

Estudo mostra que poluentes primários como o material particulado (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>), os dióxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e o monóxido de carbono (CO) são os poluentes que mais acometem o sistema cardiovascular. Sendo assim, diferentes desfechos de internações hospitalares por doenças cardiovasculares como: crises de angina, infarto agudo do miocárdio, quadros tromboembólicos, arritmias, descompensação de indivíduos com insuficiência cardíaca congestiva, entre outras alterações podem ser desencadeados pela exposição aos poluentes atmosféricos (PESTANA, 2015, p. 51).

Muitos casos de problemas de saúde podem ter suas origens no aumento dos poluentes atmosféricos. Dessa forma pessoas que estão em áreas expostas a maior incidência de poluição atmosféricas estão mais dispostas a desenvolver estas doenças.

“Em relação aos efeitos cardiovasculares, células endoteliais<sup>1</sup> expostas diretamente ao PM<sub>10</sub> demonstram aumento do potencial em gerar trombose” (GILMOUR, 2005 apud RIBEIRO, 2010 p.22).

Segundo GILMOUR, 2005 apud RIBEIRO, 2010 p.22 o MP 10 também é responsável pela geração de trombose que é uma doença extremamente perigosa para saúde humana.

Além disso, o PM pode ter um efeito direto sobre o miocárdio, pela circulação de componentes químicos da sua composição com potencial de interferir na função cardíaca ou no controle autonômico, podendo alterar, por exemplo, a pressão arterial sistêmica ou a frequência cardíaca (BROOK et. al., 2009, MILLS et. al., 2009 apud RIBEIRO, 2010, p. 22).

A composição dos componentes químicos do MP pode-se diferenciar qualitativa e quantitativamente, sua composição pode afetar a pressão arterial que pode ser muito danosa a saúde, uma vez que alterações na pressão arterial podem provocar AVC, ou na frequência cardíaca.

A OMS também afirma que uma dieta pobre em fatores oxidantes pode diminuir os mecanismos de defesa contra poluentes oxidantes como Ozônio (O<sub>3</sub>) e Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>); conseqüentemente, a demora na limpeza das partículas nas vias aéreas pode causar uma infecção. Em países desenvolvidos, a inadequada qualidade do ar pode estar associada à incidência de doenças infecciosas (PINTO; GRANT, 1999, WHO, 1999 apud ROSEIRO, 2003, p. 41).

---

<sup>1</sup> Células endoteliais: As células endoteliais formam o endotélio vascular, um epitélio de revestimento simples e plano que recobre a face interna dos vasos sanguíneos e coração (BORGES, 2011, p.1).

O Ozônio e o Dióxido de Nitrogênio também são compostos usualmente encontrados em atmosferas poluídas. O uso de veículos leves a diesel em alguns países europeus pode aumentar a presença destes poluentes impactando a saúde.

Um dos principais poluentes atmosféricos que prejudicam a saúde humana é  $O_3$  (ozônio), como será apresentado a seguir.

“A absorção do  $O_3$  ocorre por via inalatória, ocorre principalmente no trato respiratório superior e vias aéreas intratorácicas” (BUSH et. al., 1996, SARANGAPANI et. al, 2003 apud RIBEIRO, 2010, p. 25).

“No curto prazo, o  $O_3$  inalado causa inflamação difusa das vias aéreas, particularmente da mucosa nasal e bronquíolos terminais” (CASTLEMAN, 1980 et. al, HERBER, 1996 et. al apud RIBEIRO, 2010 p. 26).

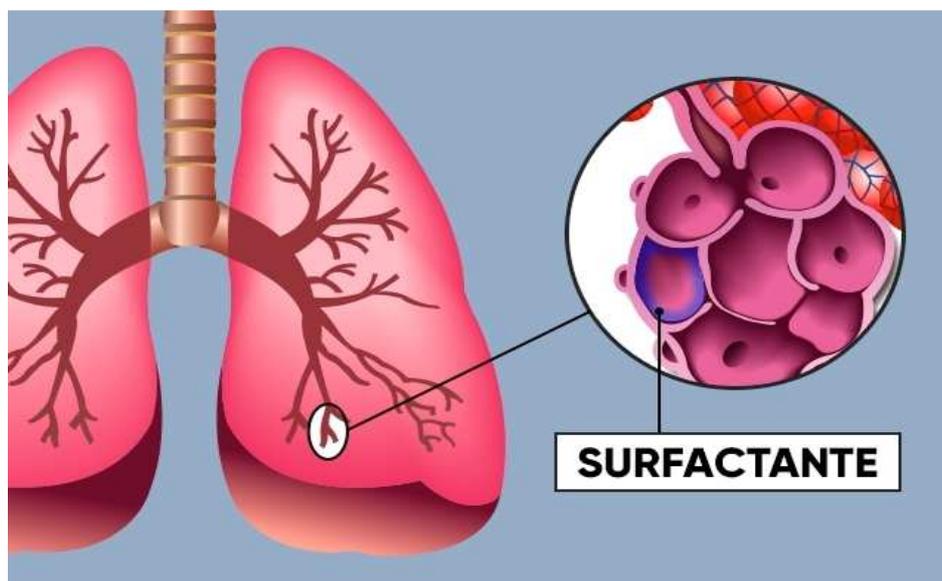
Os problemas causados pela inalação do  $O_3$  podem ocasionar visitas a emergências de hospitais, faltas ao trabalho e a escola.

Os sistemas de defesa pulmonar são afetados, com oxidação do surfactante, que induz a apoptose alveolar (UHLSON et. al, 2002 apud RIBEIRO, 2010) (MACCHIONE, 1998 et. al apud RIBEIRO, 2010),[...] diminuição da atividade de macrófagos e efeitos prejudiciais aos linfócitos circulantes. Estas alterações podem levar horas a dias até serem revertidas (RIBEIRO, 2010 p.26).

Os sistemas de defesa são afetados deixando o organismo, mais exposto ação deste poluente, podendo levar ao aparecimento de outras doenças mais graves.

Na **figura 02** apresenta-se o surfactante no pulmão.

**Figura 02 - Alvéolo normal com surfactante**



Fonte: Beltrame (2017)

Na **figura 02** tem-se o surfactante que é um líquido lipoproteico presente na cavidade alveolar e sua principal função é evitar que os alvéolos colapsam, ou seja, que as paredes dos alvéolos que normalmente estariam afastadas, entrem em contato. Com a oxidação do surfactante e indução de morte alveolar (apoptose), há diminuição da troca gasosa prejudicando a função pulmonar.

O ozônio é um potente oxidante e bactericida, capaz de provocar lesões nas células e, tal como o material particulado, também as porções mais distas das vias aéreas. Estudos de exposição em seres humanos apresentaram três respostas pulmonares: tosse, dor retroesternal à inspiração e decréscimo da capacidade ventilatória forçada (ESTEVEVES, 2004 p.11).

O estímulo de moléculas de  $O_3$  ocasionam uma série de reações que alteram as características celulares. Desta forma fica claro quão danoso pode ser o poluente e o impacto que ele causa no organismo humano. Torna-se cada vez mais relevante o incentivo a pesquisas de formas de controle deste poluente e medidas para manter a boa saúde das pessoas.

“O dióxido de enxofre é mais frequentemente associado a mortes totais e internações por doenças cardiovasculares”. (FREITAS, 2003 apud ESTEVEVES, 2004, p.11).

Segundo o autor (FREITAS, 2003 apud ESTEVEVES, 2004, p.11). O poluente  $SO_2$  tem ação mais direta no sistema cardiovascular, outros poluentes podem ter ação mais direta no sistema respiratório ou até mesmo no sistema nervoso central.

“[...] sendo absorvido pelas regiões mais distas do pulmão quando ocorre aumento da ventilação do mesmo. Sua eliminação se dá pela expiração e pela urina” (ESTEVEVES, 2004, p.11).

A absorção do  $SO_2$  se dá pelo pulmão, mas sua presença no organismo não é acumulativa sendo eliminado pelo corpo humano.

“Embora existam várias espécies químicas de óxidos de nitrogênio, a que apresenta o maior interesse do ponto de vista da saúde humana é o  $NO_2$ ” (RIBEIRO, 2010, p.28).

Os óxidos de nitrogênio causam grande problema a saúde das pessoas, este poluente está presente nos gases de combustão dos veículos a diesel.

“A absorção do  $NO_2$  ocorre por via inalatória. Entre 70 e 90% do  $NO_2$  inalado é absorvido, embora uma porção significativa aproximadamente (40 a 50%) seja removida na nasofaringe” (US-EPA, 1993 apud RIBEIRO, 2010 p. 29).

O NO<sub>2</sub> também é absorvido pela respiração, uma fração é eliminada pelo organismo mas uma parte é absorvida, onde ocorre a contaminação e afeta a saúde.

“Estudos experimentais demonstraram que o NO<sub>2</sub> e os produtos do seu metabolismo podem permanecer nos pulmões por períodos prolongados” (RIBEIRO, 2010, p.29).

O NO<sub>2</sub> pode não apresentar uma capacidade de eliminação, como outros poluentes apresentam podendo permanecer no organismo um período prolongado e causando malefícios a saúde nesse período.

Em estudos experimentais o NO<sub>2</sub> pode gerar efeitos pulmonares metabólicos, estruturais, funcionais, inflamatórios e prejudicar a defesa pulmonar contra infecções. Há, entretanto, uma dificuldade em transpor os resultados destes estudos para humanos, devido a diferença entre espécies na capacidade de inativação do NO<sub>2</sub>, o que faz com que as concentrações tóxicas possam diferir consideravelmente (WHO, 2005 *apud* RIBEIRO, 2010, p.29).

Estudos realizados ainda, apresentam dificuldades em relacionar estes problemas com a saúde humana, segundo a afirmação acima há dificuldade em transpor estes resultados para humanos, sendo interessante ter uma avaliação ou testes com seres humanos a fim de avaliar mais precisamente estes efeitos. Ainda há uma dúvida na dose mínima que este poluente pode causar na saúde das pessoas, gerando problemas associados ao poluente.

Por este motivo, os efeitos tóxicos que poderiam ocorrer em humanos são conhecidos, mas os efeitos que de fato ocorrem após a inalação de uma dose específica de NO<sub>2</sub> não puderam ser ainda completamente descritos (RIBEIRO, 2010 p.29).

O monóxido de carbono tem como sua principal fonte o trânsito urbano, pois é o automóvel que mais emite o poluente. Foi observado que pessoas saudáveis e não fumantes residentes em áreas com altos índices de CO apresentam aumento de até 100% nos níveis de carboxihemoglobina quando comparadas com pessoas saudáveis e não fumantes que não estão expostas a altos índices de CO. É comumente associado à intoxicações, focando seus efeitos principalmente sobre o coração (Freitas, 2003 *apud* Esteves, 2004, p.12).

A carboxihemoglobina citada é a união de hemoglobina com o monóxido de carbono e o seu aumento na corrente sanguínea diminui a suficiência de hemoglobina para transportar o oxigênio. Um esforço considerável para diminuição deste poluente já foi realizado, e ainda há condições de se minimizá-lo ainda mais com o controle de emissões de veículos em uso.

A exposição em áreas onde o material particulado é elevado também se torna um agravante como é citado:

Morar em áreas onde a concentração de Material Particulado é elevada está associado a altas taxas de mortalidade e, embora sem significado estatístico, ao aumento de câncer

pulmonar. Os sinais e sintomas agudos incluem a restrição de atividades, perda de dias letivos e de trabalho, doenças respiratórias, exacerbações de asma e de DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica). Observações clínicas mostraram diminuição da função pulmonar, diminuição da variabilidade de batimentos cardíacos, aumento do uso de medicação para asma, aumento das visitas ao departamento de emergências, aumento de hospitalizações, elevação das taxas de mortalidade por problemas cardíacos e respiratórios. Os idosos (65 anos ou mais) e os portadores de doenças cardíacas e pulmonares constituem um grupo de risco particular (DICKY, 2000 apud ROSEIRO, 2002, p.48).

Locais onde a concentração de MP é elevada se mostram um problema para saúde. Vivendo em locais com alto índice deste poluente as pessoas podem estar mais vulneráveis a adquirir doenças como doenças cardíacas e respiratórias e até mesmo câncer. Outro dano bastante significativo é o gasto com medicamentos, que é necessário para combater os efeitos da poluição.

Ainda em relação a poluição do ar estudos foram realizados comparando locais com maior concentração de poluentes com locais com uma melhor qualidade do ar.

A grande dificuldade enfrentada para a determinação dos efeitos da poluição atmosférica na saúde é oriunda do fato de existir covariáveis de difícil controle. Dentre elas podemos citar o fumo, tanto o ativo quanto o passivo, os ambientes de trabalho e a diversidade populacional. Na tentativa de contornar o problema, o Laboratório de Poluição realizou uma série de experimentos onde ratos e camundongos foram expostos por períodos prolongados (3 meses a 1 ano) à atmosfera do centro de São Paulo e comparados, numa segunda etapa, com outros ratos que haviam sido mantidos na zona rural de Atibaia (por possuir as condições climáticas semelhantes as da cidade de São Paulo) pelo mesmo período de tempo. Os resultados mostraram que os ratos que permaneceram em São Paulo desenvolveram hiper-reatividade brônquica, além de apresentarem disfunção no aparelho muco-ciliar, tornando-os mais suscetíveis a doenças respiratórias (CORREIA, 2001 apud ESTEVES, 2004 *et. al* p. 16).

Observa-se que alguns fatores apresentam dificuldades para confirmar a precisão dos estudos, como o fumo. Nos estudos que envolvem ferramentas estatísticas, esses fatores estão presentes e podem interferir nos resultados, e devem ser consideradas as possíveis interferências relacionadas ao trabalho, mas podem apresentar resultados comparativos importantes para o efeito da poluição nos elementos estudados.

O uso de ferramentas estatísticas, como a análise de séries temporais, abriu portas para uma investigação mais detalhada dos efeitos da poluição atmosférica no homem. Utilizando essa ferramenta foram observados efeitos significativos entre a variável e a mortalidade infantil, sendo o mesmo dominado pelas doenças respiratórias. Outra constatação importante foi a da não existência de um nível de segurança para os poluentes, um nível seguro de poluição, abaixo do qual não se tenha efeitos sobre o ser humano. Os índices de qualidade do ar preservam sim, de certa maneira, a saúde, mas somente da média da população. Uma crítica que se faz a esses tipos de estudos é que existe um espaço de tempo muito estreito com relação ao tempo percorrido entre a variação de poluição e o aumento na mortalidade, podendo então estar se capturando, somente, uma colheita de indivíduos suscetíveis (ESTEVES, 2004 p.16).

“Estudos têm comprovado que pessoas residentes próximas a rodovias têm maior risco de infarto agudo do miocárdio, exacerbação de sintomas respiratórios e incidência de asma” (BECKERMAN et al., 2012; PUETT et al., 2009; SCHIKOWSKI et al., 2005 *apud* SCHIMITT, 2014 p. 13).

A população que está exposta a locais próximos a rodovias, avenidas ou vias com grande fluxo de veículos tendem a estar mais vulneráveis aos poluentes, como o material particulado emitido dos veículos diesel. Desta forma, dispositivos de controle desses poluentes são importantes tanto nos veículos quanto ao redor dessas vias como plantio de árvores, barreiras de proteção aos poluentes ou outras que podem ser desenvolvidas a fim de minimizar este impacto. Também nesse sentido é possível observar a desvantagem de manter moradias próximo a rodovias, de forma que não possa ocorrer uma dispersão adequada dos poluentes. Também seria importante medir os níveis de poluentes informando em uma periodicidade maior a concentração dos gases nocivos à saúde, e as medidas que poderiam ser tomadas nesses instantes para diminuir a contaminação com esses poluentes.

## **2.2 OUTRAS DOENÇAS RELACIONADAS A POLUIÇÃO DO AR**

Muitos estudos do efeito da poluição do ar são relacionados a doenças cardíacas e pulmonares, mas além dessas também são encontradas doenças relacionadas a transtornos mentais, doenças degenerativas e doenças no sistema nervoso.

A exposição à poluição do ar ambiente é uma preocupação de saúde pública séria e comum associada à crescente morbidade e mortalidade em todo o mundo. Nas últimas décadas, os efeitos adversos da poluição do ar nos sistemas pulmonar e cardiovascular foram bem estabelecidos em uma série de grandes estudos epidemiológicos e observacionais. No passado recente, a poluição do ar incluindo acidente vascular cerebral, doença de Alzheimer, doença de Parkinson e distúrbios do desenvolvimento neurológico podem estar fortemente associadas à poluição do ar ambiente. Demonstrou-se que vários componentes da poluição do ar, como partículas nanométricas, podem facilmente translocar para o sistema nervoso central, onde podem ativar respostas imunes inatas. Além disso, a inflamação sistêmica decorrente do sistema pulmonar ou cardiovascular pode afetar a saúde do sistema nervoso central. Apesar de estudos intensos sobre os efeitos da poluição atmosférica na saúde, os mecanismos moleculares subjacentes à susceptibilidade e à doença permanecem em grande medida evasivos. No entanto, evidências emergentes sugerem que a neuroinflamação induzida pela poluição do ar, o estresse oxidativo, a ativação microglial, a disfunção cerebrovascular e as alterações na barreira hematoencefálica contribuem para a patologia do sistema nervoso central. Uma melhor compreensão dos mediadores e dos mecanismos permitirá o desenvolvimento de novas estratégias para proteger os indivíduos em risco e reduzir os efeitos prejudiciais da poluição do ar no sistema nervoso e na saúde (GENC, 2012, p.1).

Como já foi citado neste trabalho os poluentes podem ter baixa concentração e serem muito tóxicos. Alguns estudos indicam que podem ocorrer algumas doenças relacionadas ao sistema nervoso central por conta dos poluentes.

A exposição a poluição atmosférica é até à data apontada como um importante fator de risco para a Perturbação do Espectro do Autismo (PEA), e um dos fatores que poderá justificar a sua complexidade. No estudo de Volk *et al*, as mães de crianças com PEA apresentavam uma probabilidade duas vezes maior de viver perto de auto-estradas (VOLK *et al*, 2011 *apud* SANTOS, 2015, p.13).

No trecho acima é citada a poluição atmosférica como fator de risco para o autismo. Mesmo não sendo comuns os estudos e trabalhos que tratam sobre este assunto apresentam uma relação entre a exposição das mães à poluição, com a constatação do autismo em seus filhos.

Especificando os poluentes estudados, Kalkbrenner *et al* encontram maior risco com a exposição a cloreto de metileno, quinolina e estireno ( $p < 0.05$ ) Perturbações do Espectro do Autismo: Fatores de Risco e Protetores associam este risco a uma exposição a diesel, chumbo, manganês, mercúrio e também cloreto de metileno, associação mais significativa no sexo masculino (ROBERTS *et. al*, 2013 *apud* SANTOS, 2015, p.13).

Estudos recentes, realizados nos EUA, voltam a correlacionar positivamente vários tóxicos de tráfego urbano e de emissões industriais com o risco de PEA. Entre eles o cianeto, cádmio, níquel, solventes aromáticos, formaldeído e chumbo (VON EHRENSTEIN *et. al*, 2014, TALBOTT *et. al*, 2014 *apud* SANTOS, 2015, p.13).

Mais um estudo correlaciona doença mental com a exposição a compostos tóxicos oriundos do tráfego urbano, afirma que pessoas que situam-se próximos a locais onde o tráfego urbano é mais intenso podem desenvolver maiores problemas de saúde quando comparadas a pessoas que vivem mais afastadas do tráfego urbano.

Um estudo avaliou a relação entre a exposição ao material particulado fino e o desenvolvimento de Alzheimer em mulheres entre 68 e 79 anos. A exposição foi estimada pela distância da residência até a rua movimentada mais próxima. A conclusão foi que a exposição crônica ao material particulado de fontes veiculares pode estar envolvida no desenvolvimento da doença de Alzheimer (TOLEDO, 2011).

O parágrafo acima afirma que pessoas expostas ao material particulado de ruas movimentadas estão mais vulneráveis a desenvolver a doença de Alzheimer que pessoas menos expostas ao poluente.

Considerando que diferentes regiões do encéfalo são afetadas, é natural a busca por alterações comportamentais associadas à poluição do ar. As doenças neurodegenerativas são foco de pesquisas para descobrir até que ponto a poluição contribui para esse surgimento. As doenças de Alzheimer e Parkinson são as mais prevalentes e a participação dos poluentes tem se demonstrado notória. Os primeiros estudos nesse âmbito foram conduzidos com cães cronicamente expostos à poluição em nível ambiental. Esses animais apresentaram deposição de proteína amilóide mesmo com idade inferior a um ano de vida. Os cães mais velhos tinham apoptose de células da

glia, rupturas das barreiras da mucosa nasal e olfativa; além de placas de proteína amiloide uma década antes dos animais que viviam em áreas menos poluídas (CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, 2001, 2002, 2008b *apud* SCHIMITT, 2014 p.20).

Na citação de (CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, 2001, 2002, 2008b *apud* SCHIMITT, 2014 p.20) constatou-se que existem evidências que confirmam que a poluição do ar colabora para doenças de Alzheimer e Parkinson, os cães expostos à poluição apresentaram efeitos que são causados nas pessoas portadoras de doenças e em menor tempo de vida quando comparado a animais que vivem em áreas menos poluídas.

Um estudo com partículas de diesel encontrou um aumento de TNF $\alpha$ <sup>2</sup> no sangue e cérebro e ativação da microglia<sup>3</sup> em ratos. Os autores ressaltam que a exposição ao diesel ativa a microglia e aumenta a sensibilidade dessas células a mediadores inflamatórios, além de provocar uma inflamação sistêmica e neuroinflamação local nas áreas cerebrais relacionadas as doenças de Alzheimer e Parkinson. O modelo utilizado nesse estudo foi de exposição aguda através de instilação intratraqueal e o efeito observado após vinte e quatro horas. A instilação intratraqueal de residual *oil fly ash* (ROFA), partículas liberadas pela atividade industrial, promoveu lipoperoxidação<sup>4</sup> do tecido estriado, hipocampo e cerebelo e alterações comportamentais motoras (ZANCHI *et al.*, 2008, 2010 *apud* SCHIMITT, 2014 p.20).

Realizou-se em ratos uma exposição a partículas de diesel que resultou no aumento de TNF $\alpha$ , que é um grupo de citocinas capaz de provocar a morte de células, resultando na ativação da micróglia, segundo o estudo isso ocasiona neuroinflamação que podem estar relacionados à doenças de Alzheimer e Parkinson. Foram apresentadas alterações no comportamento dos animais.

“O alumínio em forma de material particulado encontrado na atmosfera provém principalmente de processos industriais e da queima de combustíveis” (ALMEIDA, 1999 *apud* ASSMANN, 2017 p. 31).

O material particulado além do carbono pode conter materiais altamente tóxicos variando da composição da queima do combustível e elementos que podem estar presentes nos funcionamentos dos motores, e outros dispositivos que contribuem para emissão de poluentes no ar.

A solubilidade de metais potencialmente tóxicos como o alumínio na chuva é dependente do pH, sendo que o alumínio é considerado fitotóxico e causa prejuízo ao sistema de raízes, o que afeta o crescimento das sementes e decomposição da matéria morta do chão e interagindo com os ácidos para aumentar o prejuízo às plantas e aos ecossistemas aquáticos (GEPEQ, 1999 *apud* ASSMANN, 2017 p. 31).

---

<sup>2</sup> TNF $\alpha$  Fator necrose tumoral de - $\alpha$  (BORGES, 2011)

<sup>3</sup> Micróglia: A microglia, as células imunes residenciais do sistema nervoso central (SNC) (PERRY, 2013)

<sup>4</sup>Lipoperoxidação: oxidação dos ácidos graxos polinsaturados das membranas celulares (FERREIRA, 1997)

Uma forma de contaminação pelo alumínio, ocorre nos vegetais, alguns dos quais podem ser ingeridos e nos contaminar.

Já em humanos os principais efeitos nocivos associados à saúde humana ocasionados pela intoxicação crônica com o alumínio são a osteoporose, Alzheimer, Parkinson e a hiperatividade em crianças (MENDES, 2005 apud ASSMANN, 2017 p.31).

Diretamente o alumínio provoca efeitos nocivos a saúde podendo agir no sistema nervoso central causando doenças degenerativas como Alzheimer e Parkinson, também pode prejudicar a saúde das crianças interferindo até mesmo no comportamento no caso da hiperatividade.

O O<sub>3</sub> é um potente agente oxidante, que pode induzir direta e indiretamente danos oxidativo em tecidos, mediado por uma série de transferências de elétrons. A instável molécula de O<sub>3</sub> inicia uma série de reações do tipo redox com moléculas adjacentes - proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA. A interação do O<sub>3</sub> com os lipídios provoca o início de um processo autocatalítico que prejudica integridade da membrana e organelas celulares. A oxidação de proteínas provoca fragmentação e degradação proteica na célula. Além disto, a formação de dobras anormais nas proteínas (na sua configuração tridimensional) devido à formação de ligações cruzadas proteína-proteína pode leva-las a se acumular no retículo endoplasmático, fenômeno idêntico ao que ocorre em algumas doenças neurológicas como o Alzheimer e o Parkinson (CALDERON et. al, 2004, MCMILLAN, GETHING, SAMBROOK, 1994 apud RIBEIRO, 2010 p. 26).

Segundo (CALDERON et. al, 2004, MCMILLAN, GETHING, SAMBROOK, 1994 apud RIBEIRO, 2010 p. 26) a ação do O<sub>3</sub> ocasiona um fenômeno idêntico ao que ocorre em algumas doenças neurológicas como Alzheimer e Parkinson, mais uma vez apresenta-se uma descrição dos efeitos dos poluentes ocasionando doenças degenerativas.

O aumento do índice de poluição também pode estar relacionado ao número de pacientes com depressão.

Biologicamente, o ozônio pode alterar o sistema imune, rebaixando as defesas do organismo; é um irritante poderoso do complexo sensomotor trigeminal (parte do tronco encefálico cerebral responsável pela coordenação motora e sensorial); e causa alterações no sistema neurotransmissor do cérebro, como a serotonina, relacionada à impulsividade, agressão, depressão e ao comportamento suicida. (BIERMANN, 2009).

É citado que o poluente ozônio causa danos à saúde, agindo na serotonina podendo comprometer a saúde mental das pessoas, levando a maior número de pacientes com depressão, ansiedade, e podendo torná-las mais agressivas. O ambiente em que a pessoa está inserida é grande responsável pelos danos ocorridos impactando na saúde mental, como síndrome do pânico, depressão, ansiedade e outras doenças relacionadas ao comportamento mental.

A exposição a pesticidas é positiva quanto a tentativa de suicídio, e apresenta que a inalação de partículas (PM) pode afetar o sistema nervoso central. Um trabalho recente com animais experimentais forneceu evidências de efeitos neuropatológicos, incluindo redução dopaminérgica. No entanto, há uma falta de pesquisa clínica sobre os efeitos

neurológicos induzidos por PM em seres humanos. PM é uma mistura complexa de produtos químicos que podem variar no tempo e espaço e pode incluir entre seus constituintes substâncias que são diretamente neurotóxicas, por exemplo COVs e metais como manganês e chumbo (SZYSZKOWICZ, 2010, p. 83).

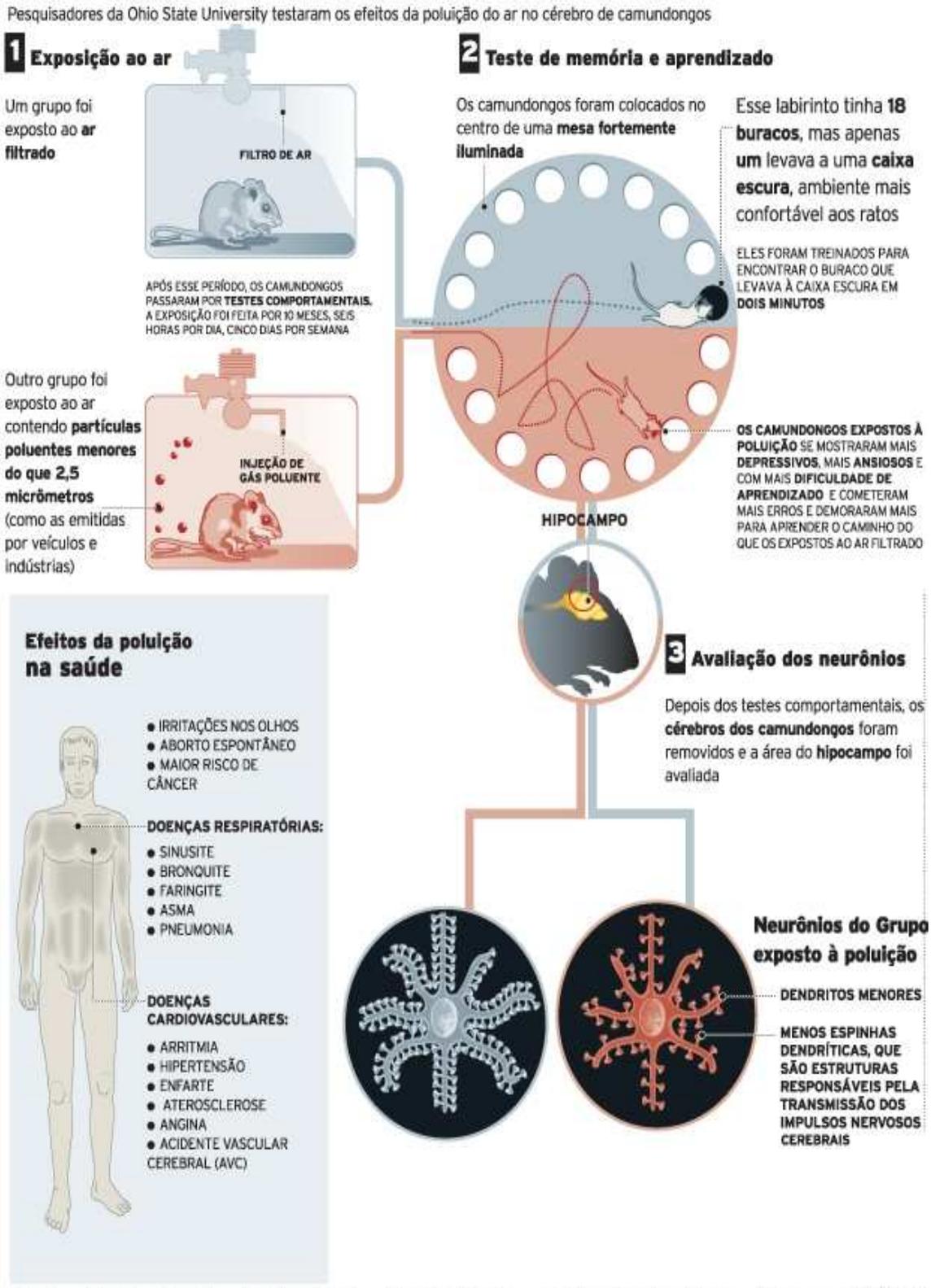
Um artigo Canadense apresenta, por método estatístico, a exposição a poluentes atmosféricos como um crescente número de tentativas de suicídios. Nesse mesmo artigo é citado que os elementos tóxicos que podem estar presentes na combustão dos combustíveis, atuam gerando danos no sistema nervoso central, variando de acordo com a qualidade do combustível.

O efeito cumulativo da inalação contínua de partículas e gases tóxicos como chumbo e cádmio podem causar outra série de problemas de saúde, que vão desde o aparecimento ou agravamento de doenças respiratórias, até problemas cardíacos, aumento da pressão arterial, diminuição da produção de lágrima, maior coagulação sanguínea, depressão, esquizofrenia e problemas reprodutivos (OMS, 2013 *apud* AMORIM, 2014, p.7).

Um estudo realizado pela *Ohio State University* publicado na revista *Molecular Psychiatry*, expôs um grupo de camundongos ao ar poluído e outro grupo ao ar filtrado e constatou que há evidências de surgimento de doenças degenerativas causadas pela poluição, como mostra a foto a seguir (LENHARO, 2011).

Na **figura 03** apresenta-se um experimento onde camundongos são expostos a poluição do ar.

**Figura 03 - Efeitos da poluição no cérebro de camundongos**



INFOGRÁFICO/AE

Observa-se na **figura 03** os efeitos negativos no cérebro dos camundongos expostos ao ar poluído mostrando evidências de alterações no comportamento e aprendizado, depressão, ansiedade e menos espinhas dendríticas nos neurônios, que são estruturas responsáveis pela transmissão dos impulsos nervosos centrais.

Estudos recentes investigaram a elevada toxicidade dos metais tóxicos entre os constituintes do material particulado (MP) ao organismo dos seres vivos. Dentro dessa classe, de acordo com a classificação da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), o cádmio é considerado a espécie mais tóxica seguido do mercúrio com alto efeito carcinogênico humano. O chumbo também é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana (PESTANA, 2015 p. 32).

O chumbo também é prejudicial à saúde da população. A emissão de chumbo na atmosfera das cidades brasileiras foi muito diminuída ou quase zerada a partir da eliminação do chumbo tetraetila na gasolina. Isso aconteceu no início da década de 80 quando se começou a adicionar o etanol à gasolina em substituição ao chumbo tetraetila (que era usado como antidetonante).

Muitos fatores podem interferir na investigação de doenças associadas a poluentes atmosféricos, dada a complexa relação de confiabilidade de dados viáveis para estudos e levantamentos de tais doenças. Desta forma, as metodologias utilizadas são muito importantes para o desenvolvimento desses estudos, para que possam reduzir ao máximo essas interferências na busca dessa representatividade.

Atualmente, a poluição do ar por MP mata mais do que a AIDS e o trânsito junto, apenas na cidade de São Paulo. Nesta, as doenças provocadas pela poluição do ar causam cerca de nove mortes por dia e custo anual de US\$ 1,5 milhão para tratar as doenças provocadas por essa poluição (CAVALCANTI, 2016).

Grande parte da presença de MP provém de veículos automotores. No Brasil a maior parte de transporte é realizados via rodoviário diferentes de alguns países onde existem maior número de linhas ferroviárias.

A exposição ao (MP 2,5) é estimado causando 3,5 milhões de óbitos prematuros anualmente, 4,3 milhões são atribuídos a exposição ao (MP 2,5) da combustão doméstica de combustível sólido. A exposição ao ozônio é responsável por cerca de 150000 mortes (WHO, 2015 p.1).

A poluição do ar, muitas vezes é um problema silencioso, mas muito grave, visto os números de mortes e doenças que ocorrem e que podem ser associadas a esse problema.

Desta forma, deve-se levar em consideração os fatores que implicam na deterioração da saúde, e um fator é o que está associado à poluição do ar. Daí

a importância de planejamento e controle organizado e responsável relativo as emissões.

### 3 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

As atividades humanas podem gerar incômodos para o bem estar da população no que refere-se a poluição atmosférica no resultado de processos industriais e emissões veiculares. É importante que se busque meios para que sejam monitorados e controlados estes poluentes, pois podem causar problemas para o meio ambiente e saúde.

#### 3.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Os dados da qualidade do ar são atualizados diariamente no site da CETESB, informando a quem desejar informações sobre a situação que se encontra a qualidade do ar na determinada região que se deseja solicitar as condições da medição.

A divulgação da qualidade do ar se dá pelo pior índice registrado de determinado poluente, por exemplo pode-se ter uma qualidade boa de todos os poluentes, mas se ocorrer de um poluente apresentar qualidade ruim, a qualidade do ar naquela região será registrada como ruim.

Na **Tabela 1** é apresentado a qualidade do ar, associados aos riscos da saúde e medidas que as pessoas devem tomar para controlar seus impactos.

**Tabela 1 – Qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde**

(continua)

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 8h	CO (ppm) 8h	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20

**Tabela 1 – Qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde**

(continuação)

N3 - MODERADA	41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>25 - 50 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>100 - 130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>200 - 240 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>20 - 40 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.
N4 - RUIM	81 - 120	>100 - 150 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente e pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>50 - 75 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente e pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>130 - 160 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente e pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>11 - 13 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>240 - 320 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente e pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>40 - 365 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente e pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.
N5 - MUITO RUIM	121-200	>150 - 250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>75 - 125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>160 - 200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>13 - 15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar esforço físico e vias de tráfego intenso.	>320 - 1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>365 - 800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.

**Tabela 1 – Qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde**

(continuação)

N6 - PÉSSIMA	>200	>250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre e vias de tráfego intenso.	>1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.
--------------	------	---	---	---	--	--	---

Fonte: CETESB (b) (2016, p. 29)

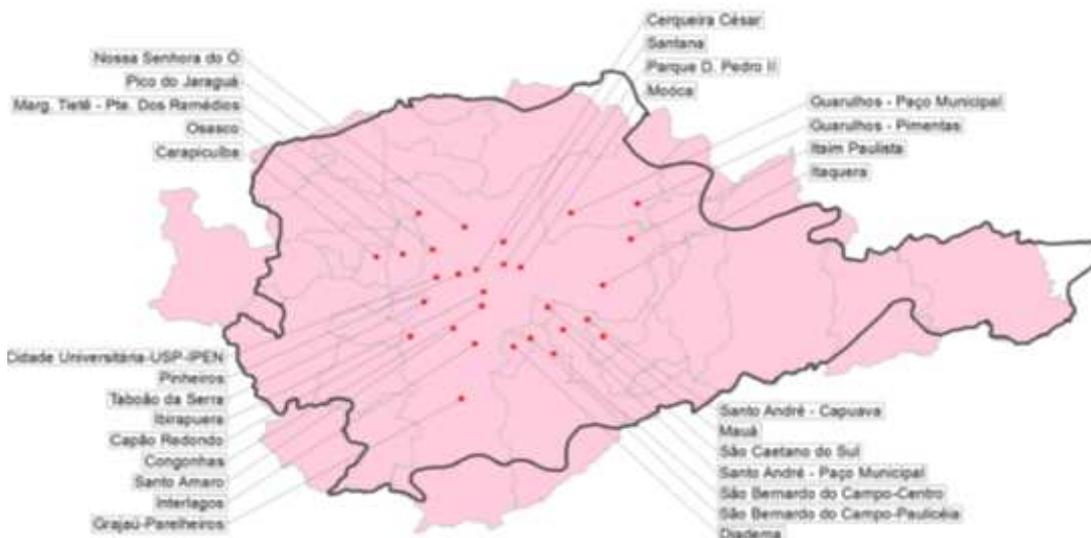
A **Tabela 1** apresenta as restrições que se deve ter quando da piora da qualidade do ar, principalmente crianças e idosos e pessoas com problemas crônicos como cardíacos e pulmonares. Medidas importantes devem ser consideradas para manutenção da saúde da população que devem ser seguidas.

Também se mostra importante a localização das estações da telemétrica distribuídas em diferentes locais na RMSP e diferentes municípios distribuídos pelo interior de São Paulo.

Os municípios da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, pertencentes à UGRHI 6, contaram com 29 estações fixas.

Na **figura 04** apresenta-se a localização das redes automáticas de medição da qualidade do ar distribuídas pelas regiões da Região Metropolitana de São Paulo.

## Figura 04 - Localização das redes automáticas de medição da qualidade do ar

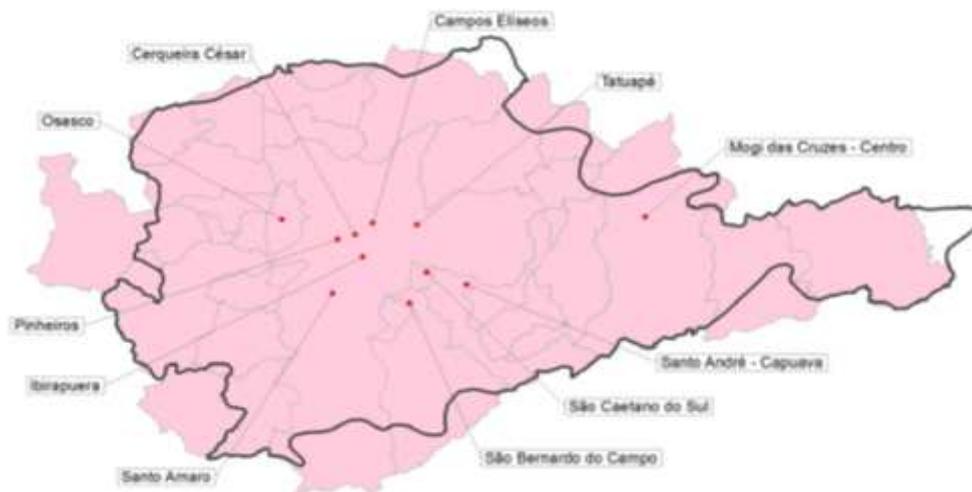


Fonte: CETESB (b) (2016, p.36)

Na **figura 04** tem-se as localizações das redes automáticas de medição da qualidade do ar distribuídas pelas diversas regiões da Região Metropolitana de São Paulo. As estações são distribuídas na região central do município de São Paulo e no Grande ABC, municípios vizinhos como Osasco e Guarulhos e zonas leste, oeste, norte e sul.

Na **figura 05** tem-se a distribuição das estações das redes manuais de medição da qualidade do ar distribuídas na Região Metropolitana de São Paulo.

**Figura 05 - Localização das redes manuais de medição da qualidade do ar**



Fonte: CETESB (b) (2016, p.37)

Na **figura 05** tem-se a localização das redes manuais de medição da qualidade do ar em menor quantidade quando comparada as redes automáticas, mas também estão posicionadas próximos aos centros onde também ocorre considerável quantidade de emissões veiculares nestes locais.

As estações da Rede Automática se caracterizam pela capacidade de processar na forma de médias horárias, no próprio local e em tempo real, as amostragens realizadas a intervalos de cinco segundos. Estas médias são transmitidas para a central de telemetria e armazenadas em servidor de banco de dados dedicado, onde passam por processo de validação técnica periódica e, posteriormente, são disponibilizadas de hora em hora no endereço eletrônico da CETESB. Já nas estações da Rede Manual, a amostragem é realizada durante 24 horas a cada 6 dias e durante 1 mês no caso dos amostradores passivos. As amostras coletadas são analisadas nos laboratórios da CETESB, podendo, eventualmente no caso de material particulado, serem caracterizadas quanto à sua composição, fornecendo indícios da fonte das emissões (CETESB, (b) 2016, p.38).

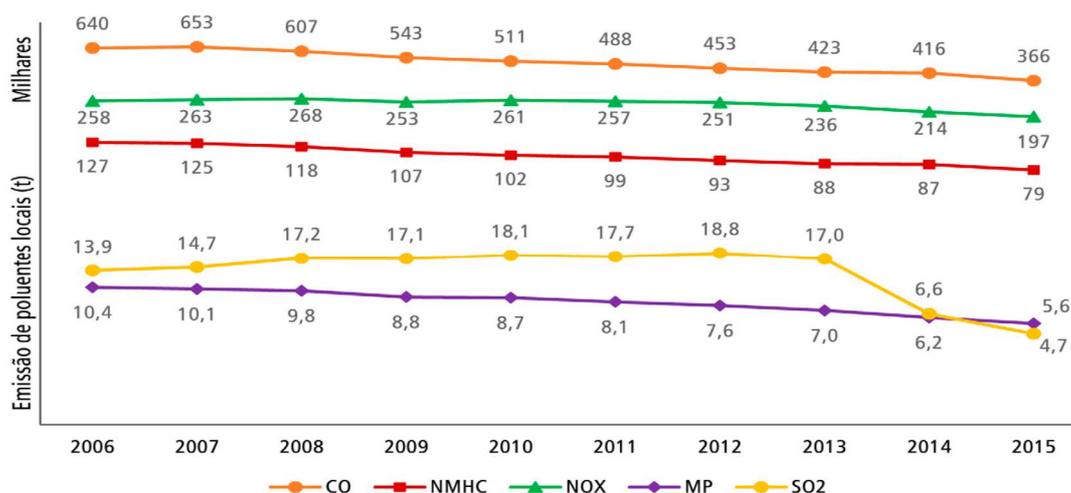
Os dados das estações de medições de qualidade do ar são disponibilizados para consultas no site da CETESB, a partir dessas informações pode-se ter orientação quanto as restrições que se deve ter no período em que a qualidade do ar apresenta-se prejudicial à saúde.

A partir do monitoramento de rotina e dos estudos especiais é possível efetuar uma análise comparativa das concentrações observadas com os padrões de qualidade do ar, tanto para longos períodos de exposição (normalmente médias anuais), quanto para curto tempo de exposição (menor ou igual a 24 horas). Os resultados obtidos no monitoramento refletem as variações na matriz de emissões dos poluentes, tais como modificações na frota de veículos, alterações no tráfego, mudanças de combustível, alterações no parque industrial, implantação de tecnologias mais limpas, etc., e também as condições meteorológicas observadas no ano (CETESB, 2016 (b) , p.43).

De acordo com as estações de monitoramento observa-se que suas posições permitem que as emissões de poluentes veiculares possam ser registradas pelas medições das estações, dessa forma grande parte dos poluentes emitidos por veículos são registrados pelas estações de monitoramento de qualidade do ar. Algumas estações estão mais próximas as vias com grande fluxo de veículo como a estação de Pinheiros que encontra-se próxima a Marginal Pinheiros onde ocorre um grande fluxo de veículo, o mesmo ocorre na Estação Parque D. Pedro II, onde ocorre uma grande concentração de veículos em baixa velocidade onde há considerável emissão de poluentes neste regime de funcionamento.

No **gráfico 1** apresenta-se os poluentes CO, NMHC, NO<sub>x</sub>, MP, SO<sub>2</sub> e a quantidade de emissões em milhares de toneladas de 2006 a 2015.

**Gráfico 1 - Evolução das emissões de poluentes veiculares no Estado de São Paulo.**



Fonte: CETESB (b) (2016, p. 46)

Observa-se no **gráfico 1** que ocorre um decréscimo da quantidade de poluente isto está relacionado com as novas tecnologias apresentadas pelos veículos e 2013 ocorre uma redução ainda maior do poluente SO<sub>2</sub>, isto está relacionado com a redução do teor de enxofre no diesel a partir de 2013 e redução do teor de enxofre da gasolina em 2014.

A deterioração da qualidade do ar na RMSP é decorrente das emissões atmosféricas provenientes dos veículos e das indústrias. A tabela 02 apresenta a estimativa da frota circulante da RMSP em dezembro de 2015. Pode-se notar que a RMSP concentrou 48% da frota do Estado em apenas 3,2% do território. Agrava o fato que, na RMSP, residem

aproximadamente 21,2 milhões de habitantes (IBGE 2016 apud CETESB, 2016), que corresponde a 47% da população total do Estado (CETESB, 2016, p. 56).

O município de São Paulo tem dimensões de um país, o que é reforçado pelo número de habitantes residentes neste município e a porcentagem da frota de veículos. Grande parte dos veículos concentram-se em um território como o município de São Paulo

Na **tabela 2** apresenta-se a estimativa da frota de veículos da RMSP, com suas respectivas categorias e combustível.

**Tabela 2 - Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2015**

(continua)

Categoria		Combustível	Frota Circulante na RMSP	% Frota RMSP/Estado
Automóveis		Gasolina C	1.882.641	55%
		Etanol Hid.	121.999	42%
		<i>Flex-fuel</i>	3.273.643	50%
Comerciais Leves		Gasolina C	366.724	59%
		Etanol Hid.	11.079	39%
		<i>Flex-fuel</i>	409.071	44%
		Diesel	184.652	45%
Caminhões	Semi Leves	Diesel	14.763	39%
	Leves		45.823	39%
	Médios		27.043	39%
	Semipesados		45.174	40%
	Pesados		46.693	39%
Ônibus	Urbanos	Diesel	34.477	53%
	Rodoviários		15.220	54%
	Micro-ônibus		7.785	52%

**Tabela 2 - Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2015**

(continuação)

Motocicletas	Gasolina C	771.205	37%
	<i>Flex-fuel</i>	128.292	23%
Total		7.386.283	48%

Fonte: CETESB (b) (2016, p.56)

Observa-se na **tabela 2** que grande porcentagem da frota de veículo encontra-se na RMSP, isso mostra o quanto é significativo a fiscalização veicular somada ao grande número de habitantes concentrados nessa região, devido as grandes atividades que são realizadas na RMSP.

Na **tabela 3** é apresentado a emissão dos poluentes CO, HC, NO<sub>x</sub>, MP<sub>10</sub><sup>1</sup> e SO<sub>x</sub> referente aos combustíveis utilizados de acordo com sua categoria.

**Tabela 3 - Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP.**

(continua)

	Categoria	Combustível	Emissão (1000 t/ano)					
			CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP <sub>10</sub> <sup>1</sup>	SO <sub>x</sub>	
M O > E - S	Automóveis	Gasolina C	45,18	9,69	5,84	0,03	0,07	
		Etanol Hid.	14,70	2,73	1,18	nd	nd	
		Flex-Gas. C	7,46	3,16	0,75	0,02	0,04	
		Flex-Et. Hid.	14,86	4,44	1,21	nd	nd	
	Comerciais Leves	Gasolina C.	7,93	2,37	0,79	0,005	0,02	
		Etanol Hid.	0,91	0,22	0,09	nd	nd	
		Flex-Gas. C	1,06	0,54	0,14	0,002	0,01	
		Flex-Et. Hid.	2,79	0,73	0,23	nd	nd	
		Diesel	0,94	0,24	3,99	0,18	0,20	
	Caminhões	Semi Leves	Diesel	0,21	0,06	1,07	0,05	0,03
		Leves		0,88	0,26	4,91	0,20	0,13
		Médios		0,59	0,19	3,34	0,16	0,08
		Semipesados		1,29	0,28	7,35	0,21	0,23
		Pesados		1,23	0,31	7,52	0,20	0,22

**Tabela 3 - Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP.**

(continuação)

M O V E - S	Ônibus	Urbanos	Diesel	2,34	0,49	11,74	0,33	0,01
		Rodoviários		0,40	0,12	0,83	0,08	0,08
		Micro-ônibus		0,17	0,03	2,52	0,02	0,001
	Motocicletas	Gasolina C	23,40	3,03	0,79	0,05	0,01	
		Flex-Gas. C	0,50	0,08	0,04	0,002	0,001	
		Flex Et. Hid.	0,33	0,06	0,02	nd	nd	
	% Emissão Veicular			127,16	29,03	54,35	1,53	1,13
E - X A S	OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (2008)			4,18 <sup>1</sup>	5,6 <sup>2</sup>	26,1 <sup>2</sup>	3,57 <sup>2</sup>	5,59 <sup>1</sup>
	(Número de indústrias inventariadas)			(62)	(124)	(162)	(193)	(146)
	BASE DE COMBUSTÍVEL LIQUIDO (2008)			-	3,68 <sup>2</sup>	-	-	-
	(9 empreendimentos)							
TOTAL				131,34	38,31	80,45	5,10	6,72

Fonte: CETESB (b) (2016, p.58)

1 - Ano de referência do inventário: 2008.

2 - Ano de referência do inventário de fontes: 2008. Estimativa de emissão baseada no PREFE 2014.

Obs.1: As emissões evaporativas provenientes da frota de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto estão incorporadas nas próprias emissões de HC, incluindo também a estimativa de emissão evaporativa de abastecimento dos veículos nos postos de combustível.  
Obs.2: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2015.

nd: não disponível.

Na **tabela 4** é apresentada a contribuição das fontes de poluição CO, HC, NO<sub>x</sub>, MP<sub>10</sub><sup>1</sup> e SO<sub>x</sub> referente aos combustíveis utilizados de acordo com sua categoria.

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

(continua)

M O V E - S	Categoria	Combustível	Poluentes (%)				
			CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP <sub>10</sub> <sup>1</sup>	SO <sub>x</sub>
	Automóveis	Gasolina C	34,40	25,30	7,26	0,68	1,02
		Etanol Hid.	11,19	7,14	1,47	nd	Nd

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

(continuação)

M O > E - S	Automóveis		Flex-Gas. C	5,68	8,24	0,93	0,40	0,66	
			Flex-Ét. Hid.	11,32	11,60	1,51	nd	Nd	
	Comerciais Leves		Gasolina C.	6,04	6,19	0,98	0,13	0,28	
			Etanol Hid.	0,69	0,56	0,11	nd	nd	
			Flex-Gas. C	0,80	1,40	0,17	0,06	0,14	
			Flex-Ét. Hid.	2,12	1,90	0,28	nd	nd	
			Diesel	0,71	0,63	4,96	4,63	2,95	
	Caminhões		Semi Leves	Diesel	0,16	0,16	1,33	1,30	0,41
			Leves		0,67	0,68	6,11	5,19	1,93
			Médios		0,45	0,49	4,15	4,19	1,19
			Semipesados		0,98	0,73	9,13	5,51	3,42
			Pesados		0,93	0,82	9,34	5,14	3,35
	Ônibus		Urbanos	Diesel	1,78	1,29	14,59	8,65	0,17
			Rodoviários		0,31	0,31	3,13	2,05	1,12
			Micro-ônibus		0,13	0,09	1,04	0,57	0,01
	Motocicletas		Gasolina C	17,82	7,90	0,99	1,43	0,10	
			Flex-Gas. C	0,38	0,21	0,04	0,06	0,01	
			Flex Ét. Hid.	0,25	0,15	0,03	nd	nd	
	% Emissão Veicular				96,82	75,78	67,56	40,00	16,77
	F - X A S	OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (2008)			3,18	14,62	32,44	10,00	83,23
BASE DE COMBUSTÍVEL LÍQUIDO (2008)			-				-		
O D T R A S	RESSUSPENSÃO DE PARTICULAS			-			25,00	-	
	AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS			-			25,00	-	
TOTAL				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fonte: CETESB (b) (2016, p.59)

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.

Na **tabela 4** observa-se que diferentes tipos de veículos emitem diferentes tipos de poluentes de acordo com suas características e combustíveis, quando trata-se de combustíveis como gasolina e etanol a emissão de CO e HC se mostram mais significativas quando comparadas a outros combustíveis como o diesel que apresentam maior emissão dos poluentes como NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e MP. Também pode-se constatar que a maior contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP é proveniente da emissão veicular.

### 3.2 MOTOR DIESEL

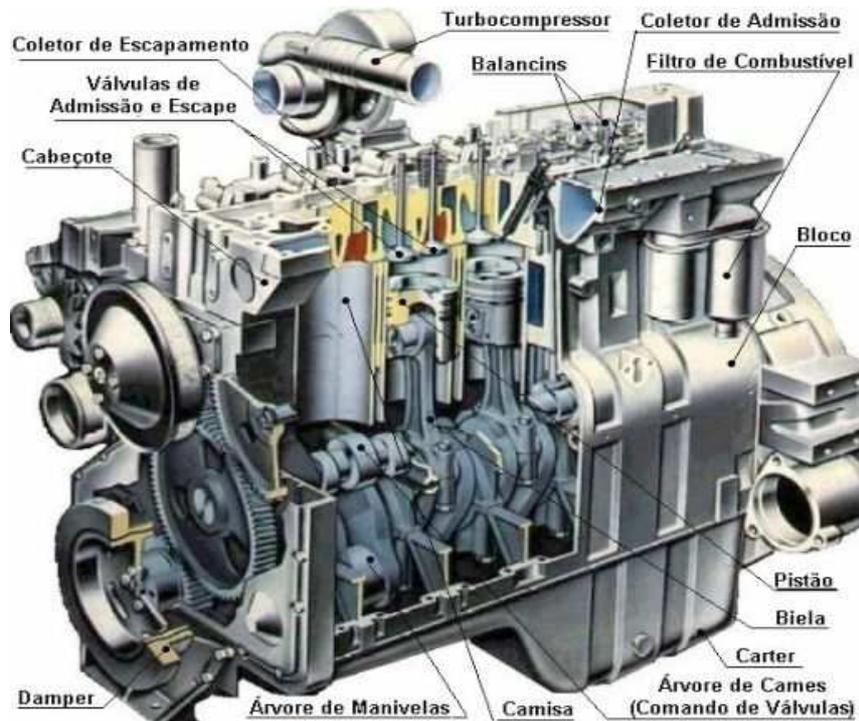
“O óleo diesel é um combustível derivado do petróleo constituído por, predominantemente, hidrocarbonetos alifáticos contendo de 9 a 28 átomos de carbono na cadeia” (BRAUN, 2004).

A obtenção do óleo diesel é feita a partir do refino do petróleo por meio de destilação. O diesel combustível pode ser utilizado em veículos automotores sua combustão se dá por meio da compressão de combustível no interior do motor, diferente dos veículos ciclo Otto que a explosão do combustível se dá por meio de uma faísca.

“Uma nova versão do motor de combustão interna, utilizando o princípio descrito foi desenvolvida por volta de 1890 por Rudolf Diesel” (VOLVO, 2007 *apud* SILVA, 2007, p.19).

O motor diesel ao longo do tempo foi muito utilizado em veículos. No Brasil, seu uso é na maioria dos casos utilizados em utilitários, para transportes de cargas, mas em alguns países do mundo seu uso também é realizado por veículos leves. Esse fato é preocupante devido as emissões provenientes desse tipo de motorização pois contribui ainda mais para aumento da concentração atmosférica de poluentes derivados característicos de veículos diesel como o material particulado e os óxidos de nitrogênio.

Na **figura 06** apresenta-se o motor diesel e as partes que o compõem.

**Figura 06 - Motor Diesel**

Fonte: BONFIM (2012)

Na **figura 06** tem-se o motor diesel com seus diversos componentes, alguns fatores são de grande importância para o bom funcionamento do motor como a manutenção preventiva adequada.

O motor Diesel funciona através de quatro processos, o que corresponde a 4 cursos do pistão, por 2 voltas do virabrequim. No primeiro processo, que é o curso descendente, acontece a admissão de ar puro. No segundo processo, que é o curso ascendente, acontece a compressão do ar puro, no terceiro processo, que é o segundo curso descendente, onde ocorre a injeção do combustível, combustão e expansão. No quarto processo, que é o segundo curso ascendente, ocorre o escapamento ou descarga dos gases queimados (ADAM, 1978 *apud* KONIG,2000, p.25).

No parágrafo acima é descrito o funcionamento do motor diesel complementando a informação da figura.

### 3.3 TIPOS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Encontra-se diversos tipos de poluentes no meio ambiente. Dentre estes poluentes pode-se citar alguns que podem estar mais presentes, e serem mais facilmente encontrados derivados de processos industriais ou emissão veicular.

### 3.3.1 Material Particulado

“O material particulado está associado à fumaça preta tradicionalmente emitida pelos veículos equipados com motores diesel. Os particulados do óleo diesel formam um sistema complexo de aerossóis” (CAPANA, 2008, p.21).

Na fumaça preta emitida pelos veículos encontra-se elementos presentes no diesel, estes elementos impactam na saúde e no meio.

Material particulado é todo tipo de material sólido ou líquido que, devido ao seu tamanho, se mantém suspenso na atmosfera. Ele é constituído por uma grande variedade de componentes, tais como poeiras, fumaças, fumaça preta e fuligens (KÖNIG, 2000, p.15).

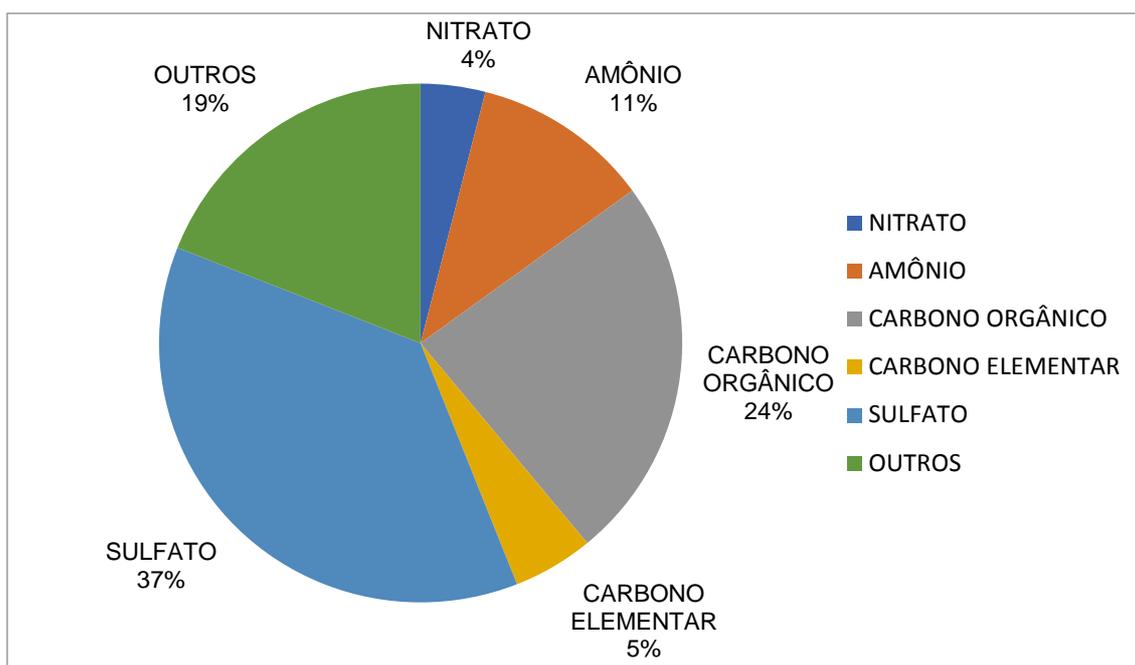
O material particulado pode ser constituído por elementos químicos, fuligens que podem ser provenientes de combustíveis, de poeiras como insumos de produtos químicos, minerais como o caso do solo e também partículas com dimensões pequenas que podem ser prejudiciais a saúde e ao meio ambiente.

“As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros” (SANTOS, 2010, p.20).

“O tamanho, a composição química, e outras propriedades físicas e biológicas dependem da origem (fonte) e das transformações atmosféricas sofridas pelas partículas” (ARBEX, 2001, p.31).

O MP pode ser proveniente dos processos industriais, podem ter origem biológica como partículas de vegetais e física provenientes de poeiras, areias e solos. Estas partículas podem agir de forma isolada ou em conjunto com outros compostos.

No **gráfico 2** apresenta-se a composição típica do aerossol fino continental com seus elementos.

**Gráfico 2 - Composição Típica do Aerossol Fino Continental**

Fonte: (HEINTZENBERG, 1989; JACOB, 1999, (adaptado) *apud* BORSARI, 2015, p.38)

Observa-se no **gráfico 2** que a maior contribuição para o aerossol fino é o sulfato, composto que pode contribuir na formação de chuva ácida na atmosfera. O segundo elemento com maior presença no aerossol fino é o carbono orgânico, que pode ter origem na queima incompleta dos combustíveis.

A fracção carbonosa da matéria particulada consiste em carbono elementar e uma variedade de compostos orgânicos. O carbono elementar (CE), tem uma estrutura similar à grafite impura e é emitido diretamente para a atmosfera pela combustão. O carbono orgânico é emitido diretamente (CO primário) ou é formado "in situ" por condensação de produtos pouco voláteis da fotooxidação de hidrocarbonetos (CO secundário) (SEINFELD, 1998 *apud* AFONSO, 2004, p.1).

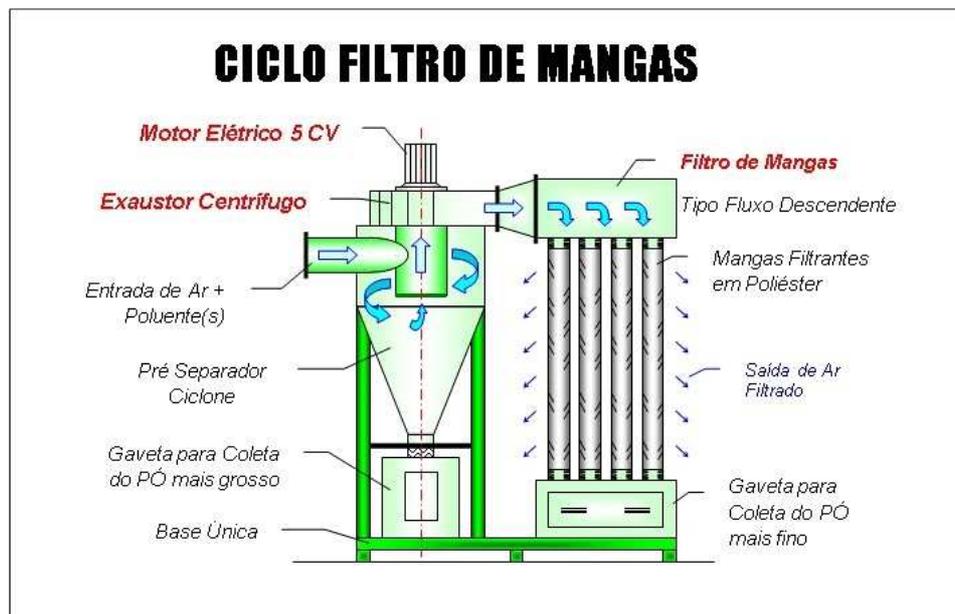
O carbono é um elemento que tem grande presença no material particulado. A fumaça emitida pelos veículos diesel apresenta coloração preta, devido ao fato da grande presença de carbono na sua composição.

O carbono presente nos aerossóis representa uma mistura de compostos inorgânicos (CI), carbono orgânico (CO) e carbono negro (CN), este último também designado como carbono elementar (CE). Os compostos de CN e CO constituem, em parte, produtos primários de origem antropogênica, representando no seu conjunto aquilo a que se chama o aerossol carbonoso ou carbonáceo. Uma fracção do carbono orgânico é, no entanto, resultante da condensação de moléculas orgânicas sobre a superfície de partículas durante a permanência destas na atmosfera. Os CI são fundamentalmente compostos primários de origem natural, embora seja possível que uma pequena percentagem seja formada por reações atmosféricas. As partículas de CN são formadas por cadeias de átomos de carbono apresentando uma estrutura microcristalina semelhante à da grafite (ALVES, 2005, p.862).

É importante o monitoramento de processos que emitam material particulado para que se possa escolher adequadamente os instrumentos que possam diminuir ou cessar a emissão deste poluente. Em fontes estacionárias cita-se os ciclones, filtro de mangas e precipitadores eletrostáticos como equipamentos de controle de poluição.

Na **figura 07** apresenta-se o filtro de mangas e seu ciclo de funcionamento.

**Figura 07 - Filtro de mangas**



Fonte: APOIOPROJETOS (2017)

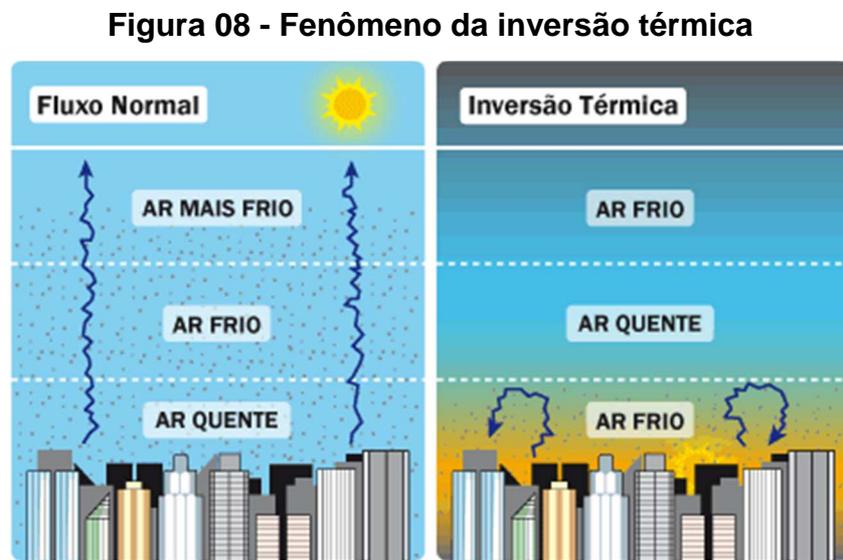
Na **figura 07** tem-se o equipamento de controle de poluição do ar de fontes fixas denominado filtro de mangas. Este equipamento retém as partículas de poluentes pelas mangas em poliéster. É importante que se mantenha estes filtros em boas condições de limpeza para que sempre se possa realizar a retenção dos particulados.

Já, em fontes móveis, a melhor maneira de se evitar a fumaça preta é a manutenção preventiva do veículo, levando-se em consideração a qualidade do combustível utilizado, a correta manutenção do filtro de ar, a integridade do lacre da bomba injetora, a correta calibragem dos pneus e todos os fatores que propiciem o melhor desempenho do veículo considerando a menor emissão de poluente possível ao meio ambiente.

“A concentração do material particulado em uma determinada região depende das condições meteorológicas observadas nessa área” (FREITAS, 2009).

As condições meteorológicas são muito importantes para a qualidade do ar, em dias com tempo secos ocorrem maiores chances de persistirem um maior índice de poluentes na atmosfera. Algumas vezes é possível observar a cor da atmosfera mais escura devido a presença de poluentes. Um fenômeno que também ocasiona pior qualidade do ar é a inversão térmica que é apresentado na **figura 08**.

Na **figura 08** apresenta-se o fenômeno da inversão térmica comparada a uma situação em dias com condições meteorológicas normais.



Fonte: TODA MATÉRIA (2017)

Na **figura 08** tem-se o fenômeno da inversão térmica que ocorre quando uma camada de ar frio é sobreposta por uma camada de ar quente, este efeito ocasiona um efeito tampão na atmosfera mantendo os poluentes numa camada inferior. Este é um exemplo de condições meteorológicas que aumentam a poluição.

Alguns fatores meteorológicos como dispersão dos ventos, chuvas, topografia do terreno podem influenciar na dispersão dos poluentes.

“Os motores a diesel de embarcações emitem material particulado, fumaça preta e carregam diversos compostos carcinogênicos de elevado impacto à saúde humana e aos ecossistemas” (KOSLOWSKI, 2014 *et. al.*, p.2)

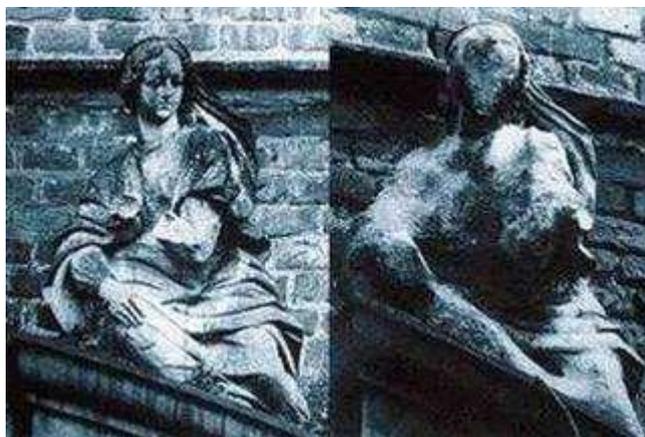
As embarcações também podem emitir poluição acima do especificado, é importante que estejam em boas condições de manutenção, e não emitam poluentes que possam impactar na saúde. As embarcações também podem estar sujeitas ao cumprimento das legislações para baixa emissão de material particulado.

“O elevado teor de enxofre além de contribuir para formação da chuva ácida, também contribui para a emissão de particulados” (CERQUEIRA, 2000 *apud* KONIG, 2000, p.16).

A chuva ácida é caracterizada pela presença principalmente de NOx e SOx e ocorrem pela queima de combustíveis fósseis. Quando essa chuva cai ela provoca danos em construções, plantas, solo e também ocasiona danos à saúde humana. A chuva ácida ocorre principalmente em países industrializados devido a maior utilização dos combustíveis fósseis, e pode ocorrer maior incidência nos grandes centros devido a maior concentração de veículos.

Na **figura 09** apresenta-se a ação da chuva ácida em uma estátua.

**Figura 09 - Estátua danificada pela ação da chuva ácida**



Fonte: ESTUDOPRATICO (2017)

A chuva ácida provoca desde efeitos na saúde humana até deterioração nas construções. Na **figura 09** constatamos os efeitos desta poluição degradando a estátua e suas formas.

“O tamanho e forma das partículas estão intimamente relacionados com o seu comportamento e permanência no ar, além de estarem associados ao seu potencial em afetar à saúde humana” (BARROS, 2014, p.26).

As dimensões físicas das partículas também influenciam no tempo em que permanecem no ar e podem comprometer a saúde humana causando danos. De acordo com o tamanho da partícula esta pode se instalar nas vias aéreas superiores, pulmão ou corrente sanguínea e a partir daí levar as partículas tóxicas para todo o organismo.

“As partículas inaláveis grossas (MP<sub>2,5-10</sub>) são as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio no intervalo de 2,5 a 10  $\mu\text{m}$  e as partículas finas ou respiráveis (MP<sub>2,5</sub>) são as inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$ ” (FREITAS, 2009).

As partículas finas inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$  são as mais perigosas pois atuam na troca gasosa que ocorre nos pulmões, levando as partículas para corrente sanguínea, e podem causar danos em outras partes do organismo. Já as partículas inaláveis grossas tendem a permanecer no sistema respiratório e causar dano local.

Na **tabela 05** apresenta-se as partículas finas e grossas, sua formação, composição, solubilidade, fontes, duração da vida e distância viajada.

**Tabela 5 - Características das partículas finas e grossas**

(continua)

PARTICULAS	FINAS	GROSSAS
Formada por	Gases	Sólidos grandes/ gotas
	Reações químicas; aglutinação; condensação; coagulação; evaporação de nevoeiro e chuva	Ruptura mecânica (esmagamento, refinamento, abrasão de superfícies); evaporação de sprays; suspensão de poeiras

**Tabela 5 - Características das partículas finas e grossas**

(continuação)

Composta por	Sulfato $\text{SO}_4^{2-}$ ; nitrato $\text{NO}_3^-$ ; amônia $\text{NH}_4^+$ ; íon de hidrogênio, $\text{H}^+$ ; carbono; compostos orgânicos (ex: PAHs); metais (ex: Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe); partícula ligada a água	Poeiras em suspensão (ex: poeira de terra, pó das ruas); pó de carvão e óleo, óxidos metálicos de elementos (Si, Al, Ti, Fe) $\text{CaCO}_3$ NaCl, sal do mar; pólen; esporos; fragmentos de plantas/animais; desgaste dos pneus.
Solubilidade	Largamente solúvel, higroscópica e dissolvente	Largamente insolúvel e não higroscópica
Fontes	Combustão de carvão, óleo, gasolina, madeira; transformação atmosférica de $\text{NO}_x$ , $\text{SO}_2$ e componentes orgânicos incluindo espécies biogênicas (ex: fundições, manufatura de aço, etc)	Poeira industrial em suspensão e poeira nas estradas; suspensão do solo (ex: poeira agrícola, mineração, estradas sem asfalto); fontes biológicas; construções e demolições; carvão e óleo combustível; vapor do oceano.
Duração da vida	Dias até semanas	Minutos até horas
Distância viajada	100s a 1000s de km	<1 a 10s de km

Fonte: USEPA *apud* WHO *apud* ROSEIRO (2002, p. 33)

Observa-se na **tabela 5** que as características entre partículas finas e grossas podem variar em sua formação, suas características físicas e químicas, as fontes, duração de vida e a distância que essas partículas podem ter em sua dispersão.

Na **figura 10** apresenta-se as dimensões do material particulado.



Fonte: MOUTINHO (2017)

“As partículas componentes da fumaça preta podem servir de transporte para materiais tóxicos como metais pesados para dentro dos pulmões” (GRALLA, 1998 *apud* KONIG, 2000, p.16).

Os metais pesados são nocivos à saúde humana podendo ser causadores de doenças como câncer ou inflamação de alguns órgãos, e afetar o sistema nervoso e cérebro. E esses metais na interação com o organismo são muito prejudiciais e em combinação com compostos orgânicos podem ocasionar maiores problemas a saúde. Daí tem-se a importância de utilizar medidas de controles eficazes no controle de emissões veiculares e também a necessidade de utilizar combustíveis de qualidade.

O tamanho do material particulado está extremamente ligado ao seu potencial de causar doenças. As partículas com diâmetro igual ou menor a 10 micrômetros ( $MP_{10}$ ), são as de maior preocupação, pois conseguem passar facilmente pelo nariz e garganta, atingindo os pulmões e podendo causar uma série de doenças respiratórias e cardíacas. Outros danos estão associados ao material particulado, como perda de visibilidade, perda da qualidade da água, poluição do solo, danos à flora, entre outros. (RESENDE, 2007, p.47).

Além dos efeitos do material particulado a saúde outros efeitos agem de forma negativa causando problemas na estética local, na segurança por perda de visibilidade e contaminação do meio ambiente.

“As partículas grandes com diâmetro acima de 100  $\mu m$  não permanecem por muito tempo em suspensão e tendem a se precipitar rapidamente” (ARBEX, 2001, p.31).

As partículas com pequena dimensão, são mais danosas pois podem apresentar maior tempo suspensa na atmosfera e penetrar nas partes mais sensíveis do organismo, afetando órgãos mais críticos comprometendo a saúde.

“MP é chamado de primário quando é encontrado na atmosfera da mesma forma em que foi emitido e secundário se for formado através de reações químicas no ar ambiente” (HOINASKI, 2010, p.39).

Quando o material é encontrado na forma que foi emitido define-se como primário como o caso do poluente carbono que é emitido diretamente dos escapamentos dos caminhões, é considerado secundário quando o elemento químico de origem do poluente se liga a outro elemento formando um novo elemento, como a decomposição de óxidos de nitrogênio pela radiação solar formando ozônio.

### 3.3.2 Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

“O SO<sub>2</sub> é um gás incolor, ácido, irritativo, sendo considerado um dos mais frequentes poluentes atmosféricos. Esse gás exala forte odor, semelhante ao produzido na queima de palitos de fósforo” (ROSEIRO, 2002, p. 30).

O SO<sub>2</sub> é um gás que pode causar muito incomodo a saúde e muito presente como poluente. Sua presença é facilmente detectada pelo odor como citado.

“A emissão de dióxido de enxofre está principalmente relacionada com o uso de combustíveis de origem fóssil contendo enxofre, tanto em veículos quanto em instalações industriais” (AMARAL, 2003, p.3).

O SO<sub>2</sub> encontra-se em grande parte nos combustíveis fósseis o uso de veículos resulta em uma maior emissão de SO<sub>2</sub> para atmosfera. Medidas de controle desses poluentes nas indústrias são de grande importância e a diminuição do uso dos veículos também é uma alternativa para redução deste poluente.

O SO<sub>2</sub> é solúvel em água, sendo oxidado e modificado para SO<sub>3</sub> e rapidamente para Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que é então, neutralizado pelo NH<sub>3</sub>, transformando-se em Bissulfato de Amônia e Sulfato de Amônia. Estes componentes contribuem de modo importante para a formação no ambiente de partículas de aerossol. Tais partículas e aquelas formadas pela combustão de óleo e petróleo têm sobrevida menor que 1 hora e se agregam ou se aglomeram, produzindo partículas de 0,2 a 2,0 µm de diâmetro em média, sendo estáveis e de longa vida; podem ser transportadas por centenas de quilômetros antes de se perderem pelo ar, geralmente com resultado de chuvas (WHO, 1999 *apud* ROSEIRO, 2002).

O SO<sub>2</sub> após submetido a reações é transformado em outro elemento até se formarem em partículas de aerossol. Após as reações, as partículas possuem longa vida e podem persistir no ar por diversas horas e viajar centenas de quilômetros. Estes elementos também agem como ação da chuva ácida danificando os objetos e impactando na saúde.

“Acredita-se que a causa principal dos efeitos adversos à saúde e aumento de mortalidade dos londrinos na década de 50 tenha sido causado por ácido sulfúrico inspirado na forma de PM fina e ultrafina” (RIBEIRO, 2010, p.32).

O *smog* causado pela queima do carvão na década de 50 foi um dos principais responsáveis pela poluição que matou diversas pessoas liberando enxofre. A queima do carvão foi um dos grandes responsáveis pela emissão desta substância.

“O SO<sub>2</sub> é altamente solúvel em água e absorvido no trato aéreo superior e inferior liberando H<sup>+</sup> (hidrogênio), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (bissulfito) e SO<sub>3</sub><sup>-</sup> (sulfito) que causam irritação local” (OLMO, 2010, p.10).

A absorção do SO<sub>2</sub> é um elemento que causa irritação, no organismo nas vias em que são absorvidos, este elemento tem características ácidas que reagem com o corpo provocando essa sensação de irritação.

“O ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) é o aerossol ácido mais irritante para o trato respiratório, apresentando pH menor que um” (BRAGA (a), 2001 p. 64).

O H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> é um ácido corrosivo que pode causar inúmeros danos senão utilizado da forma a que se é destinado. Na ocorrência de derramamento e atingindo solo ou algum corpo d'água podendo danificar a flora e fauna. E contato com os seres humanos pode causar severos danos e se inalado, comprometer a saúde provocando sérias lesões no órgão afetado.

“O dióxido de enxofre possui um tempo de vida na atmosfera de 2 a 6 dias podendo atingir cerca de 4000 km de distância de sua fonte de emissão” (OLMO, 2010, p. 24).

Segundo OLMO, 2010, p.24 o SO<sub>2</sub> pode viajar grandes distâncias desde sua fonte de emissão. Mostra-se importante uma boa qualidade do ar em determinada região para que não comprometa os municípios vizinhos. Pode-se citar como exemplo o município de São Paulo. É importante que se mantenha uma boa qualidade do ar em São Paulo, a fim de que não afete os municípios vizinhos e até mesmo alguns municípios fora da RMSP.

O enxofre é um componente presente nos combustíveis como diesel e gasolina devido suas características. A seguir apresentam-se os combustíveis com suas respectivas concentrações de enxofre, conforme o que é praticado atualmente no país.

**Tabela 6 - Tipo de combustível relacionado ao teor de enxofre**

Combustível	Teor de Enxofre mg/kg
Diesel Metropolitano S10	10
Gasolina	50
Diesel S500	500

Fonte: CETESB (a) *apud* Brasil (2014, p.46)

Observa-se na **tabela 6** que as concentrações de enxofre em diferentes combustíveis favorecem uma menor concentração deste elemento na atmosfera, torna-se interessante ao meio ambiente um diesel com baixa concentração na Região Metropolitana como o S10. Fica claro o quanto é importante a diminuição da concentração do enxofre nos combustíveis que é relacionado diretamente com os malefícios à saúde da população.

### 3.3.3 Óxidos de Nitrogênio

Os óxidos de nitrogênios são substâncias formadas por dois átomos de grande importância para os humanos como o nitrogênio e o oxigênio, mas quando na formação destes elementos químicos causam grandes danos a saúde e meio ambiente como descrito a seguir.

Os óxidos de nitrogênio, NO e NO<sub>2</sub>, estão entre as mais importantes moléculas na química atmosférica. Além de serem eles próprios poluentes, também contribuem na formação do “*smog*” fotoquímico, devido a sua alta reatividade. O ozônio é um dos poluentes que é gerado na atmosfera pela ação, entre outros compostos, dos óxidos de nitrogênio (BORSARI, 2014, p.24).

Os óxidos de nitrogênio são agentes que prejudicam a saúde das pessoas, eles contribuem para formação do *smog* fotoquímico que é uma mistura de poeira, fumaça, neblina e poluentes, e também é um precursor para formação do Ozônio.

“As principais fontes de óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) são os motores dos automóveis” (CANÇADO, 2006, p.57).

Os automóveis são os grandes emissores dos gases de NO<sub>2</sub> e NO, é muito importante que os veículos estejam regulados e com a manutenção em dia e que não seja emitido para a atmosfera grandes quantidades desses gases,

também seria interessante que houvesse um controle desses gases exigindo um limite máximo de emissão com uma regulamentação.

É formado pela reação do óxido de nitrogênio e do oxigênio reativo, presentes na atmosfera. Pode provocar irritação da mucosa do nariz manifestada através de coriza e danos severos aos pulmões, semelhantes aos provocados pelo enfisema pulmonar. Além dos efeitos diretos à saúde, o dióxido de nitrogênio também está relacionado à formação do ozônio e da chuva ácida (AMARAL, 2003, p.3).

O NO<sub>2</sub> é formado por uma reação secundária pois este se forma com outro gás que é o oxigênio reativo, e provoca danos a saúde na forma inalatória e também na forma de chuva ácida.

“Estudos experimentais em animais e humanos indicam que o NO<sub>2</sub> – em concentrações acima de 200 µg/m<sup>3</sup> – é um gás tóxico com efeitos na saúde significativos” (RIBEIRO, 2010, p.28).

Ribeiro define que há uma quantidade que o NO<sub>2</sub> causa danos na saúde com efeitos significativos de 200 µg/m<sup>3</sup>. É importante esse dado pois apresenta uma margem em que as pessoas começam a apresentar os primeiros sinais em que se sentem afetadas por esse gás. Também pode ser útil como uma margem de segurança a partir da qual pode-se observar danos a saúde.

“O dióxido de nitrogênio dissolve-se na água das vias aéreas formando ácidos nítrico e nitroso que danificam a forração epitelial” (OLMO, 2010, p.10).

O dióxido de nitrogênio causa uma ação corrosiva na forma de ácido nítrico e nitroso, este é inalado na respiração causando danos a saúde, se expostos continuamente a estes ácidos, os danos podem aumentar e causar doenças mais graves. A exposição contínua a este elemento pode provocar, doenças por efeito deste poluente.

#### **3.3.4 Ozônio**

“O ozônio é um gás invisível, com cheiro marcante, composto por 3 átomos de oxigênio, altamente reativo que está presente na alta atmosfera e na superfície” (AMARAL, 2003, p.3).

“A formação do Ozônio acontece através de reações químicas complexas entre os Compostos Orgânicos Voláteis e os Óxidos de Nitrogênio na presença de luz solar” (ROSEIRO, 2002, p.28).

“É o mais persistente poluente do ar urbano, e é o principal responsável pela formação da névoa fotoquímica urbana mais conhecida como *smog*” (RIBEIRO, 2010, p. 23).

“O ozônio é um potente oxidante e bactericida, capaz de provocar lesões nas células e, tal como o material particulado, também as porções mais distas das vias aéreas” (ESTEVEZ, 2004, p.11).

A presença de ozônio na troposfera gera consequências diferentes quando comparadas a sua presença na estratosfera, uma vez que sua presença na estratosfera faz com que haja absorção dos raios ultravioletas evitando que alcancem o solo e produzam danos a plantas e animais e por via de consequência, controla o fluxo de calor através da atmosfera. No nível do solo o ozônio provoca tosse, desnaturação de proteínas e diminuição da capacidade pulmonar (CETESB, 2008 apud OLMO, 2010, p. 26).

“Caracteristicamente, seus níveis de concentração aumentam no meio da manhã, algumas horas após o *rush* matinal do trânsito” (BRAGA (a), 2001).

“Altas concentrações de O<sub>3</sub> podem persistir por 8 a 12 horas ao dia, por vários dias, quando existem condições atmosféricas favoráveis para formação de O<sub>3</sub> e pobre dispersão” (ROSEIRO, 2002, p. 29).

### 3.3.5 Hidrocarbonetos

“Hidrocarbonetos, ou mais apropriadamente emissões orgânicas, são uma consequência da combustão incompleta do combustível” (CAPANA, 2008, p.16).

São gases ou vapores irritantes para os olhos, pele, nariz e para todo o trato do aparelho respiratório superior. Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos, essencialmente, por cadeias de átomos de carbono e hidrogênio. Diversos hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos. Eles contribuem para diminuição da visibilidade no ambiente, ou seja contribuem para a formação do “smog” fotoquímico e sua área de abrangência pode ser de centenas de quilômetros. Eles são resultantes da evaporação e da queima incompleta de combustíveis (BENN e MACAULIFFE, 1981 apud KONIG, 2000, p.13).

Com a grande demanda de veículos no mundo é importante o uso de mecanismos que possam minimizar os impactos dos poluentes emitidos pela frota veicular.

Os HC's emitidos são divididos em duas categorias: (i) reativos: aqueles que contribuem para a formação do *smog* fotoquímico; (ii) não reativos; compostos estáveis que não contribuem nas reações fotoquímicas. Como forma de simplificação, os reativos são denominados de HC não-metano, e os não reativos de HC metanos. Os hidrocarbonetos reagem na presença do NO<sub>x</sub> e da luz do sol formando ozônio e contribuindo para a formação do *smog* fotoquímico (JACONDINO, 2005, p.28).

Uma das formas de combate ao ozônio consiste no controle dos hidrocarbonetos, medidas como o controle de substâncias voláteis dos combustíveis tornam-se uma forma deste controle. No momento de abastecimento do veículo uma parcela considerável de voláteis é emitido liberando compostos tóxicos para atmosfera.

## 4 FONTES DE EMISSÕES

“Com a emissão dos poluentes na atmosfera tem-se o início da poluição e estes poluentes são chamados de primários. Eles podem ser originados por fatores naturais e por ação antrópica” (KÖNIG, 2000, p.12).

O homem vem aumentando sua presença no planeta e isso acarreta diversas circunstâncias que podem ocasionar a poluição atmosférica, seja no aumento de números de indústrias, aumento de número de veículos ou fatores que levam a sociedade em busca pelo conforto e outras comodidades que favorecem o bem estar das pessoas.

Na **figura 11** apresentam-se emissões de chaminés de indústrias.

**Figura 11- Emissões de poluentes por indústrias**



Fonte: PLANTIER (2017)

Na **figura 11** observa-se a emissão de gases emitidos por indústria. Esses gases podem contribuir com a poluição se não estiverem devidamente regulamentados dentro das especificações.

A tecnologia é um fator imprescindível para o desenvolvimento da sociedade, mas também é responsável pela poluição.

“Poluição corresponde às alterações das características físicas ou químicas do meio ambiente, de forma a torná-lo impróprio à relação de vida em comum dos seres que habitam determinada região” (LEMOS, 2010, p.28).

Deve-se preservar as características do meio que estamos, a fim de gozarmos de boas condições de uso do meio ambiente. Alguns mecanismos são importantes, como mitigadores da emissão de poluentes. No caso de veículos, por exemplo, temos os catalisadores que contribuem significativamente para redução dos níveis de emissões veiculares, o que ilustra o quanto são importantes as soluções tecnológicas usadas para a redução de poluentes.

“As fontes de poluição do ar podem ser classificadas em estacionárias e móveis” (LEMOS, 2010 p. 36):

- “Fontes estacionárias (p. [ex]. chaminés de indústrias): produzem cargas pontuais”
- “Fontes móveis (veículos automotores): produzem cargas difusas”.

Fontes estacionárias se não apresentarem dispositivos de controle de poluição eficientes podem comprometer a qualidade do ar. Muitos processos industriais podem emitir gases nocivos para a atmosfera de modo que comprometa a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente como um todo. Nos veículos também é importante que dispositivos de controle de poluição estejam em boas condições. Os combustíveis que são utilizados devem estar em conformidade com as especificações técnicas, o que torna importante a fiscalização dos combustíveis em postos de abastecimento e bases distribuidoras de forma que se evite a adulteração com substâncias químicas, que depois de utilizada nos veículos não emita compostos tóxicos desconhecidos e nocivos que causem doenças, que comprometam a saúde humana e o meio ambiente.

Os órgãos ambientais têm papel fundamental na manutenção da qualidade do ar com a intensificação da fiscalização e a busca pelos pontos mais críticos de poluição, a fim de coibir possíveis infratores que estejam emitindo poluentes acima dos limites permitidos pela legislação. Dessa forma pode-se observar a importância dos órgãos ambientais na função de fiscalizar de forma idônea e imparcial os diversos setores possuidores de frotas veiculares como transportadoras, transportes urbanos, frotas de ônibus e também quaisquer que forem passíveis de emissão de poluentes. É também importante o

atendimento da legislação de controle das emissões de veículos novos, por parte das empresas automobilísticas, bem como por parte dos proprietários autônomos e possuidores de frotas veiculares, no que tange ao correto uso dos veículos. Descumprimento da legislação, caso ocorra, deve ser seguido pela devida punição pelos órgãos responsáveis.

Alguns fatores como a meteorologia interferem diretamente na dispersão e alcance das emissões das fontes de poluição como a direção do vento e condições do clima uma vez que nos dias ensolarados há uma maior susceptibilidade de ocorrência de reações fotoquímicas, responsável pela formação do ozônio que também é prejudicial a saúde humana.

Veículos automotores quando estão desregulados ocasionam uma maior emissão de poluentes, essa poluição é distribuída ao longo do percurso, daí a necessidade de manter os veículos regulados, afim de que possa ser emitido o mínimo de poluentes possíveis na atmosfera.

“Os poluentes atmosféricos podem ser elencados como poeiras/fumaças e gases/vapores”(SAMUEL, 2004 *apud* OLMO, 2010, p. 6).

Os poluentes atmosféricos podem ter suas fontes de veículos, indústrias, fenômenos da natureza como erupções vulcânicas, e podem apresentar-se como mais ou menos tóxicas quando se tem um poluente comparado a outro.

Na **figura 12** apresenta-se condição do ar ruim associado ao grande número de veículos nas ruas.

**Figura 12 - Poluição Atmosférica na Rodovia Castelo Branco**



Fonte: Elaboração própria ( 2018)

Na **figura 12** tem-se visivelmente a degradação da qualidade do ar, pode-se observar uma camada escura no horizonte próximo a superfície da Rodovia Castelo Branco no km 18 no município de Osasco, isso pode ocorrer em dias onde há menor dispersão do ar somado a grande concentração de veículos nas ruas da cidade.

Considera-se poluente do ar qualquer substância que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem público, danoso aos materiais, fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (AMARAL, 2003, p. 2).

Os poluentes são elementos que degradam a qualidade do ar e são nocivas a saúde e ao meio ambiente. Interferem nas condições de saúde para a sociedade.

Muitas atividades podem causar degradação da qualidade do ar, e é dever de todos na sociedade zelar pelas boas condições do meio ambiente.

“A urbanização rápida, associada ao aumento das emissões industriais e veiculares, vem gradativamente deteriorando a qualidade do ar que respiramos”(RIBEIRO, 2010, p. 9)

Observa-se no dia a dia com o aumento da frota veicular nas cidades e o desenvolvimento dos centros urbanos um incremento no lançamento de poluentes na atmosfera.

A **tabela 7** mostra os principais poluentes atmosféricos e suas propriedades. “Um desses poluentes, o ozônio, presente na troposfera é formado por uma série de reações catalisadas pela luz do sol envolvendo NO<sub>x</sub>, HCs, derivados de emissões de veículos, indústrias e usinas termoelétricas” (CANÇADO, 2006 *et. al*, p. 57).

Dispositivos a fim de minimizar os elementos NO<sub>x</sub> e HCs se tornam uma forma de reduzir a emissão de ozônio para atmosfera. Dessa forma torna-se importante o desenvolvimento de alternativas. Os veículos quando circulando pelas ruas da cidade estão expostos ao calor pela ação da luz solar, esse calor pode ocasionar a emissão de compostos voláteis presentes no combustível do tanque, para a atmosfera, sendo essa mais uma forma de emissão de poluentes que contribuem para a formação de ozônio.

Na **tabela 7** são apresentados poluentes, composições, características, principais fontes, remoção e tempo de permanência.

**Tabela 7 - Poluentes atmosféricos e suas composições, características, principais fontes, remoção e tempo de permanência.**

Poluente	Composição	Características	Principais fontes	Remoção	Tempo de permanência no meio ambiente
Material particulado (MP <sub>10</sub> )	Variável	Partículas sólidas ou gotas líquidas, Incluem gases, fumaça, poeira e aerossóis	Processos industriais, resíduos de incineração, combustão de óleo, combustível, óleo diesel e queima de madeira.	Precipitação ou deposição seca e por degradação bacteriana ou deposição no solo.	De minutos a vários dias
Monóxido de carbono	CO	Levemente solúvel em água. Gás incolor, inodoro e tóxico.	Combustão de combustíveis, especialmente gasolina	Absorvido e convertido para CO <sub>2</sub> no solo.	De 1 mês a 2,7 anos
Dióxido de enxofre	SO <sub>2</sub>	Solúvel em água. Gás incolor, com odor irritante, pesado.	Combustão de carvão, de combustíveis que contém enxofre tais como óleo diesel, óleo combustível e outros. Também provém de emissões de refinarias, fundição de metais e da indústria de papel.	Precipitação e oxidação na atmosfera ou degradação bacteriana no solo	De 20 minutos a 7 dias
Dióxido de nitrogênio	NO <sub>2</sub>	Razoavelmente solúvel em água. Gás com coloração de vermelho a marrom.	Emitido por motores automotivos e industriais de processo. Produzido pela reação entre N <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> do ar atmosférico com compostos nitrogenados contido nos combustíveis	Precipitação e oxidação na atmosfera ou degradação bacteriana no solo.	De 3 a 5 dias
Hidrocarbonetos	Variável	Compostos que contém elementos carbono e hidrogênio. Alguns são muito tóxicos e outros inofensivos	Produzidos na combustão em motores veiculares e processos industriais.	Oxidados na atmosfera ou absorção e degradação bacteriana no solo	Até 2 anos
Ozônio	O <sub>3</sub>	Gás como coloração azul clara e odor adocicado. Razoavelmente solúvel em água.	Produzido a partir de reações fotoquímicas na atmosfera entre hidrocarbonetos voláteis (C <sub>7</sub> HY), NO, O <sub>2</sub> e radiação ultravioleta da luz solar	Reações fotoquímicas na atmosfera. Degradação do O <sub>3</sub> a O <sub>2</sub>	De 2 horas a 3 dias

Fonte: BARTHOLOMEW *apud* LORA, TEIXEIRA *apud* LEMOS (2010 p. 34)

Observa-se na **tabela 7** que alguns compostos podem ter um tempo de permanência prolongado no ambiente, como é o caso do monóxido de carbono que pode apresentar um tempo de 1 mês a 2,7 anos. Outros compostos apresentam um tempo de permanência inferior como o caso do H<sub>2</sub>S, assim não deixam de ser menos preocupante como poluente em comparação a outros.

As características de como os poluentes se apresentam também são diferentes como observa-se no material particulado que pode se apresentar como partículas sólidas ou gotas líquidas. Já o poluente CO, apresenta-se como um gás incolor, inodoro e tóxico.

“Os problemas de poluição local são oriundos de episódios críticos de poluição nas cidades e dependem das condições climáticas existentes para a dispersão dos poluentes gerados” (LEMOS, 2010, p. 36).

No estado de São Paulo no período de inverno, se torna mais crítico a poluição atmosférica devido a diminuição das chuvas e a ocorrência do ar mais seco. Neste período é importante a intensificação da fiscalização de emissões veiculares, o que é realizado pela CETESB.

“Temos hoje uma situação onde um dos maiores geradores de poluição atmosférica nos grandes centros são as fontes móveis em circulação”(ESTEVES, 2004, p. 2).

A grande concentração populacional nos grandes centros e a intensa atividade decorrente, acarretam maiores concentrações de veículos. Isso ocasiona maiores emissões de poluentes na atmosfera, podendo aumentar os problemas de saúde e deteriorar as condições ambientais. Torna-se importante também a manutenção de áreas verdes, oferecendo às cidades um ambiente melhor por causa da vegetação. O estudo de iniciativas e projetos que possam minimizar os efeitos da poluição nos grandes centros deve ser incentivado.

#### **4.1 EMISSÕES VEICULARES**

“Frota com idade avançada, transporte público deficiente, fiscalização ineficaz e falta de planejamento urbano configuram um cenário caótico para o tráfego nas cidades brasileiras, em especial na cidade de São Paulo” (LEMOS, 2010, p. 66).

O fato do cidadão querer possuir seu próprio veículo para locomover-se ou obter mais conforto no seu dia a dia pode acarretar problemas de mobilidade deixando o trânsito mais congestionado devido ao grande número de veículos atrelado a cada cidadão. Na **figura 13** apresenta-se grande quantidade de veículos em ruas de grandes cidades.

**Figura 13 - Grande número de veículos em ruas das cidades**



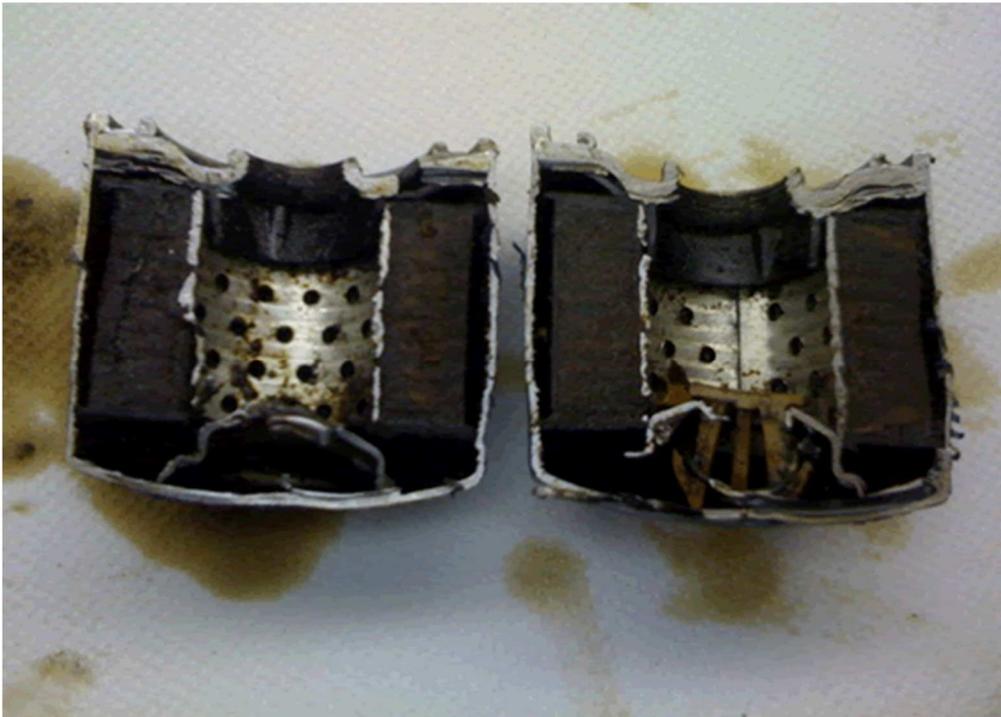
Fonte: ROMANZOTTI (2010)

Na **figura 13** observa-se um grande número de veículos nas ruas. Esse fato aliado a um mau funcionamento do transporte público e falta de investimentos, incentiva as pessoas a utilizarem seus veículos particulares, colocando um maior número de automóveis nas ruas contribuindo para a piora do trânsito.

“Nas grandes capitais brasileiras, assim como nos grandes centros urbanos de países desenvolvidos e em desenvolvimento, a elevada concentração de veículos automotores é a principal causa de degradação ambiental” (SILVA, 2007, p. 13).

O cuidado com a manutenção do veículo é um fator de enorme contribuição para manter os veículos regulados, e minimizar o lançamento de poluentes na atmosfera.

Troca do filtro de óleo, observação das velas, bicos injetores, filtro de combustível são fatores de extrema importância para manter os veículos em dia com o meio ambiente. Na **figura 14** apresenta-se a parte interna de um filtro de óleo usado.

**Figura 14 - Filtro de óleo usado**

Fonte: PNEUSFACIL (2017)

O filtro de óleo tem a função de reter as impurezas presentes no sistema de lubrificação do motor, tem importância pois não permite que compostos provenientes do sistema de lubrificação deteriore o motor causando problemas mecânicos como é apresentado na **figura 14**. Quando saturado este filtro deixa de ter a utilidade de origem e torna-se um problema para o veículo podendo emitir poluentes em maiores concentrações para atmosfera e também trazer danos para o veículo.

De modo geral, quando comparado às principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos, os veículos do ciclo Otto, movidos à gasolina, estão fortemente relacionados à emissão de CO e HC (hidrocarbonetos). Já os veículos do ciclo Diesel, movidos à Diesel, são responsáveis pela maior parte da emissão do material particulado e NOx (CETESB, 2016 *apud* BURIGO, 2016, p. 5)

De acordo com o combustível do veículo, ocorre uma concentração maior de emissão de determinado poluente, mas todos estes devem ter a mesma atenção para que sejam diminuídos pois todos afetam a saúde da população independente do tipo de poluente.

Veículos mal regulados com idade avançada provocam uma maior deterioração emitindo maior quantidade de poluentes, o que torna importante que se pense em um mecanismo de renovação da frota de modo a contribuir com a diminuição de emissão de poluentes atmosféricos.

“A outra medida importante foi a redução, a partir de 1996, dos teores máximos de enxofre no óleo diesel de 1,0% para 0,5% e a criação de duas versões de óleo diesel metropolitano, com 0,3% e 0,2% de enxofre” (MENDES, 2004 p. 49).

A redução no teor de enxofre presente no diesel continua. Hoje já está disponível o diesel com no máximo 10 ppm de enxofre (diesel S-10), para utilização nos veículos mais novos, fabricados a partir de 2012, e o diesel com no máximo 500 ppm de enxofre (diesel S-500) para os demais veículos. A tendência é de substituição gradual do diesel S-500 pelo S-10 em todo o país.

“Os poluentes locais causam impactos na área de entorno por onde é realizado o serviço de transporte, por exemplo, os ruídos gerados pelos motores dos veículos e a fuligem expelida pelos escapamentos” (CARVALHO, 2011 p. 8).

Outro problema encontrado para emissões veiculares é o ruído. Quando as pessoas são expostas diretamente, pode ocasionar problemas de saúde. O longo período de exposição ao ruído também é uma forma de degradação da saúde humana. Há de se levar em consideração períodos extensos a fontes ruidosas, temos como exemplos a exposição no trânsito das grandes cidades, dessa forma deve-se buscar soluções para minimizar esse efeito.

“Mundialmente, com a finalidade de diminuir a emissão veicular e o impacto ao meio ambiente, a indústria automobilística direcionou suas pesquisas para a redução dos produtos indesejáveis da combustão incompleta” (SILVA, 2007, p. 39).

A indústria modernizou em grande parte suas unidades na busca da diminuição da emissão de poluentes, novas tecnologias foram utilizadas a fim de minimizar estes agentes poluidores como recursos eletrônicos que possam direcionar com eficácia a relação de queima de combustíveis com ar, e sistemas inteligentes que não permitam que combustível não queimado seja emitido para atmosfera nessa forma. Dispositivos que atuam para controle e diminuição de poluentes também foram modernizados ao longo do tempo, apresentando-se mais eficazes e úteis no controle das emissões.

Os veículos leves e pesados são uma das principais fontes de poluição atmosférica, sendo responsáveis por 77,0% das emissões de CO, 68,0% de HC, 66,1% de NOx, 19,9% de SOx e 38,1% de material particulado inalável (MP10) (BURIGO, 2016, p. 6).

Mais uma vez é citado que grande parte da poluição é por conta dos veículos leves e pesados, estes poluentes causam problemas ao meio ambiente e a

saúde. É muito importante que se desenvolvam pesquisas para que se diminua cada vez mais estes poluentes.

É importante levar-se em conta a idade média dos veículos e a renovação da frota considerando que com a idade mais avançada a depreciação do veículo também é maior, ocasionando maiores problemas de manutenção e mais gastos para o proprietário conforme o tempo que mantém o veículo, desse modo torna-se tão importante um programa eficaz de renovação da frota veicular.

Na **figura 15** apresenta-se um veículo com problemas de emissão veicular.

**Figura 15 – Veículo Desregulado**



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Na **figura 15** apresenta-se um veículo desregulado circulando pela Região Metropolitana de São Paulo, na Av. Jacu Pêssego altura do nº 800 no município de São Paulo emitindo grande quantidade de poluente para atmosfera. Dessa forma mostra-se a necessidade da fiscalização de emissões veiculares como a fumaça preta, para que diminua o impacto causado na saúde das pessoas e no meio ambiente.

Na **tabela 8** apresenta-se a idade média dos veículos de acordo com o ano, categoria e combustível.

**Tabela 8 - Evolução da idade média da frota no estado de São Paulo no período de 2006 a 2015.**

Categoria		Combustível	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Automóveis		Gasolina C	9,6	10,2	11,0	11,7	12,4	13,0	13,6	14,3	15,0	15,5
		Etanol Hid.	17,8	18,6	19,4	20,2	21,0	21,8	22,6	23,4	24,3	25,1
		<i>Flex-fuel</i>	1,6	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	4,0	4,4	4,9	5,5
Comerciais Leves		Gasolina C	9,2	9,6	9,9	10,1	10,1	9,8	9,8	10,1	10,4	11,1
		Etanol Hid.	17,0	17,8	18,7	19,5	20,4	21,3	22,1	23,0	23,9	24,8
		<i>Flex-fuel</i>	1,8	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	5,1
		Diesel	9,4	9,4	9,0	8,8	8,3	7,9	7,7	7,5	7,5	7,9
Caminhões	Semi Leves	Diesel	15,7	15,7	15,6	15,7	15,8	15,8	16,0	16,3	16,7	17,1
	Leves		15,4	15,3	15,1	15,0	14,5	14,1	13,9	13,8	13,8	14,0
	Médios		14,6	14,9	15,1	15,4	15,5	15,6	15,8	16,0	16,2	16,6
	Semipesados		8,8	8,5	8,1	8,1	7,8	7,5	7,7	7,8	8,1	8,6
	Pesados		8,9	8,6	8,2	8,2	7,8	7,6	7,6	7,6	7,8	8,3
Ônibus	Urbanos	Diesel	11,4	11,1	10,8	10,8	10,6	10,3	10,2	10,3	10,3	10,7
	Rodoviários		12,8	12,6	12,4	12,6	12,6	12,4	12,4	12,4	12,2	12,3
	Micro-ônibus		7,7	7,7	7,7	8,0	8,1	8,0	8,2	8,4	8,7	9,3
Motocicletas		Gasolina C	5,1	4,9	5,0	5,3	5,9	6,3	6,8	7,3	7,9	8,5
		<i>Flex-fuel</i>	-	-	-	-	1,0	1,5	2,0	2,2	2,7	3,2
Total			9,0	8,8	8,6	8,6	8,4	8,4	8,4	8,5	8,6	8,9

Fonte: CETESB (2015, p.74)

Na **tabela 8** apresenta-se a idade média dos veículos. Tem-se uma idade média maior para os veículos a gasolina e etanol por serem modelos antigos e uma idade menor para veículos flex por ser uma tecnologia mais recente, o mesmo acontece com os veículos comerciais leves. Também observa-se uma queda em referência aos diesel nos últimos anos. Nos caminhões tem-se uma idade maior nos médios, leves e semi leves quando comparados aos pesados

e semipesados. Para os ônibus, os urbanos apresentaram uma idade maior seguido pelos rodoviários e micro-ônibus. As motocicletas apresentaram uma idade inferior para os modelos flex-fuel e isso está associado a ser uma tecnologia mais nova.

“A evolução dos níveis de emissões ocorre em função da substituição de veículos mais velhos (e mais poluidores) por veículos mais novos, menos poluidores” (MENDES, 2004, p. 121).

Alternativas como renovação da frota é importante para que ocorra diminuição dos poluentes. Seria interessante programas de financiamentos que colaborasse para facilitar a renovação da frota, possibilitando ao proprietário condições mais favoráveis para troca do veículo.

Além de estresse aos motoristas, o gargalo do trânsito de São Paulo traz também prejuízo aos cofres públicos. Segundo a Secretaria de Estado dos Transportes, o trânsito da região metropolitana de São Paulo gera um custo de R\$ 4, 1 bilhões por ano. A constatação tem como base estudo da Fundação Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e da Federal Highway Administration (FHWA), que convertem em dinheiro o tempo gasto pelas pessoas nos seus deslocamentos (R\$ 3,6 bilhões), além do prejuízo causado pela poluição atmosférica (R\$ 112 milhões) e com os acidentes de trânsito (R\$ 312 milhões), anualmente (LEMOS, 2010, p. 72).

Segundo LEMOS, 2010, p.72 o trânsito causa problemas consideráveis, alternativas como transporte público de qualidade beneficiaria a qualidade do tráfego, as condições ruins de trânsito afetam a qualidade de vida, a saúde e a economia. Isso mostra que um oferecimento de transporte público com qualidade oferece vantagens para a sociedade.

## **4.2 COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS**

Face aos combustíveis fósseis que são os grandes responsáveis pela emissão de poluentes, tem-se alguns combustíveis que atuam emitindo menor quantidade de poluentes para atmosfera. Estes combustíveis podem ser uma alternativa eficaz diante da poluição e alguns tipos de combustíveis seriam uma opção como energia mais limpa.

### **4.2.1 Etanol Combustível**

O Brasil é um grande produtor deste combustível denominado etanol, sua importância refere-se ao fato de não ser um combustível de origem fóssil,

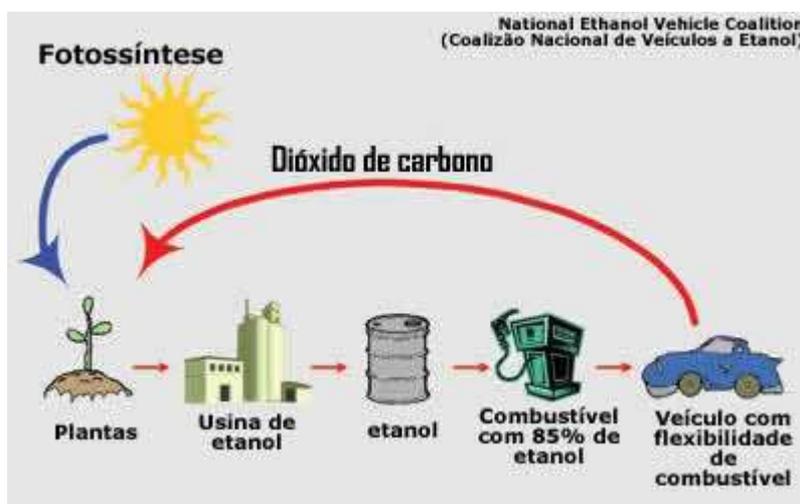
mesmo assim ainda é importante que se saiba se os compostos resultantes da sua combustão não são muito nocivos ao meio ambiente e saúde e se forem que sejam controlados esses poluentes.

“Um dos objetivos da política energética é a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Os biocombustíveis são uma das alternativas para o setor de transportes. O Brasil é o líder na produção de etanol extraído da cana de açúcar” (KOHLHEPP, 2010).

O CO<sub>2</sub> é um gás prejudicial ao meio ambiente, o etanol além de contribuir para diminuição dos gases de efeito estufa, também é importante na redução de poluentes para atmosfera.

Na **figura 16** apresenta-se o ciclo do etanol.

**Figura 16 - Ciclo do etanol como energia renovável**



Fonte: FRAUZINO (2017)

Na **figura 16** apresenta-se o ciclo do etanol mostrando-se as fases do processo desde a plantação até o processamento na usina de etanol, para depois ser obtido o etanol até chegar aos postos de combustíveis e por fim chegarem aos usuários para abastecimento dos veículos.

Do ponto de vista da sustentabilidade o etanol é de grande valia por ser um combustível renovável.

“Nos anos 1970, a preocupação com a qualidade do ar nas grandes cidades e com os efeitos negativos das emissões veiculares nessa qualidade renovou o interesse pelos biocombustíveis” (LEITE, 2007).

Os biocombustíveis surgiram como alternativa para as emissões provenientes dos combustíveis fósseis. Seu uso reduziu significativamente as emissões

originadas pelos combustíveis fósseis mas deve-se analisar se os compostos emitidos pelos biocombustíveis não são nocivos a saúde.

“O Brasil é o maior produtor de cana de açúcar do mundo, seguido por Índia, Tailândia e Austrália (ÚNICA, 2006 *apud* RODRIGUES, 2006, p.6). É responsável por 45% da produção mundial de etanol combustível”

O fato do Brasil ser o maior produtor de cana de açúcar do mundo, o favorece no cenário mundial e contribui como grande fornecedor de bioenergia, o etanol utilizado pelo Brasil provém da cana de açúcar que é uma das matérias-primas que fornecem maior energia. Na **tabela 9** apresenta-se as matérias primas relacionada a energia renovável / energia fóssil usada.

**Tabela 9 - Balanço de energia na produção de etanol, com diversas matérias primas.**

Matérias-primas	Energia renovável / energia fóssil usada
Etanol de milho (USA)	1,3
Etanol de cana (Brasil)	8,9
Etanol de beterraba (Alemanha)	2,0
Etanol de sorgo sacarino (África)	4,0
Etanol de trigo (Europa)	2,0
Etanol de mandioca	1,0

Fonte: MACEDO (2007, p.157)

A **tabela 9** mostra uma posição muito favorável ao Brasil, que também apresenta um número expressivo quando comparado a fontes de outros países na questão de energia renovável / energia fóssil usada. Isso mostra o quão viável é produção de etanol por cana de açúcar e também como o Brasil está a frente de outros países.

O potencial do biocombustível no Brasil fortifica a sua posição como potência regional com influência global e garante a sua pretensão de líder político na América Latina. Os mais recentes desenvolvimentos no setor de biocombustíveis mostram que o Brasil passa por um processo abrangente de transformação, conduzindo não somente a enormes consequências econômicas, mas também na política interna levando a mudanças sociais, socioculturais e ecológicas. Seguem análises sobre essas questões que tangem às políticas energética, agrária, social e de meio ambiente, com base no exemplo da produção do etanol e biodiesel (KOHLHEPP, 2010).

O Brasil apresenta enormes vantagens por ser um país rico em recursos naturais, o Brasil é uma potência no que se refere a energia e poderia ser

melhor explorado, também nos casos de energia solar e eólica. O desenvolvimento em termos de energia reflete também em melhores consequências econômicas, sociais e políticas. Desse modo é claro os benefícios que se somam ao desenvolvimento de alternativas de energia.

“Está sendo desenvolvida a tecnologia de produção de etanol a partir do bagaço e palha de cana. A hidrólise do material ligno-celulósico ainda é uma tecnologia em desenvolvimento” (GUARDABASSI, 2006 p. 57).

Quando essa tecnologia for disponibilizada em larga escala o reaproveitamento desses materiais para produção de etanol será outra alternativa eficaz.

“A expansão canavieira não prevê nem pretende o abastecimento mundial com o etanol brasileiro, pois não se pode expandir essa cultura nas áreas de Cerrado e sobre a Amazônia” (COELHO, 2007 p. 5).

Deve-se considerar a proteção ao meio ambiente não tornando a cana de açúcar uma monocultura, e também preservando áreas ecologicamente importantes como Cerrado e Amazônia. É importante uma delimitação das áreas permissíveis das culturas de cana de açúcar afim de manter a sustentabilidade, evitando dessa forma o desmatamento e a destruição dos habitats das espécies características dessas regiões.

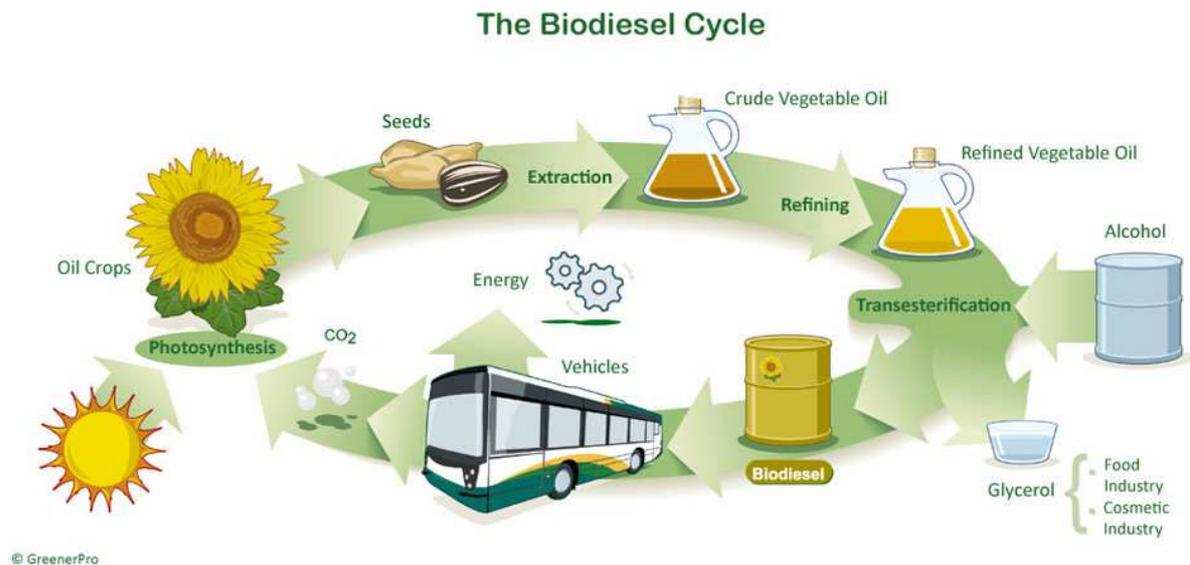
#### **4.2.2 Biodiesel**

“Desde a invenção do motor de combustão interna, com ignição por compressão (ciclo diesel), mais de 100 anos atrás, sabe-se que os motores podem utilizar óleos vegetais como combustível alternativo” (PLÁ, 2002, p. 179).

O fato de apresentar outra opção de combustíveis é importante pelo fato de se utilizar óleos proveniente de fontes de origens vegetais e de fonte renovável que contribui para diminuição de gases nocivos ao meio ambiente.

Na **figura 17** é apresentado o ciclo da cadeia do biodiesel.

**Figura 17- Ciclo da cadeia do biodiesel**



Fonte: BIOMIL (2017)

Na **figura 17** apresenta-se o ciclo da cadeia do biodiesel, desde a origem na vegetação até a extração do óleo vegetal das sementes, em seguida ocorre o refino, após essa etapa é realizada uma reação de transesterificação obtendo o glicerol como subproduto e o biodiesel como produto final.

“O biodiesel não é tóxico e é proveniente de fontes renováveis, além da melhor qualidade das emissões durante o processo de combustão” (LÔBO, 2009, p. 1596)

Com a crescente necessidade pela obtenção de energias renováveis o biodiesel se faz presente por resultados satisfatórios devido sua composição físico química ser semelhante ao diesel de origem de petróleo, e dessa forma servir como alternativa de combustível.

“Dentre as fontes de biomassa prontamente disponíveis, os óleos vegetais têm sido largamente investigados como candidatos a programas de energia renovável” (RAMOS, 2003, p. 29).

Os óleos vegetais surgem como alternativa frente aos combustíveis fósseis, estudos que comprovem a substituição de combustíveis fósseis por óleos vegetais poderiam contribuir para diminuição dos poluentes, desde que fosse comprovado que houvessem elementos menos nocivos a saúde do que os combustíveis fósseis e também que fossem viáveis economicamente.

“No começo do século XX, ficou comprovado que a utilização de óleos vegetais sem qualquer modificação causava problemas ao funcionamento dos motores” (PLÁ, 2002, p. 179).

Para utilização dos óleos vegetais é necessário que haja um processo que melhore suas condições físico-químicas e não cause danos aos motores dos veículos. Para isso alguns processos são indicados.

“O biodiesel é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta, esta reação tem como coproduto o glicerol” (LOBO, 2009 p. 1596).

A transesterificação é uma reação que pode ser realizada em larga escala resultando em um processo para obtenção do biodiesel.

“Além de ter propriedades físico-químicas semelhantes as do diesel, a sua composição química lembra bastante a desse combustível fóssil” (OLIVEIRA, 2008, p. 4).

Além de apresentar características semelhantes ao diesel, o biodiesel possui característica semelhante ao de combustíveis fósseis, isso pode ser uma vantagem por não comprometer o desempenho do veículo.

“A utilização de óleos vegetais in natura como combustível alternativo tem sido alvo de diversos estudos nas últimas décadas” (Nag et al., 1995; Piyapom et al., 1996 *apud* RAMOS, 2003 p. 29).

É importante que seja realizado estudos de alternativas com óleos vegetais que possa servir de alternativa aos combustíveis fósseis. É necessário que seja avaliado o desempenho dos óleos vegetais in natura sendo que suas reações não impliquem em emissões de elementos nocivos a saúde e ao meio ambiente de acordo com sua composição.

“No Brasil, já foram realizadas pesquisas com os óleos virgens de macaúba, pinhão-manso, dendê, indaiá, buriti, pequi, mamona, babaçu, cotieira, tingui e pupunha” (BARRETO, 1982; MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA DO COMÉRCIO, 1985; SERRUYA, 1991 *apud* RAMOS, 2003 p.29) .

O Brasil tem uma diversidade muito rica, observa-se que foram realizadas pesquisas com fontes de vegetais diversas, é importante que continue as pesquisas e ocorram avanços para que ocorra maior substituição de óleo diesel ou outros combustíveis fósseis por óleos vegetais.

“Nos testes realizados com esses óleos em caminhões e máquinas agrícolas, foi ultrapassada a meta de um milhão de quilômetros rodados” (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, 1985 *apud* RAMOS, 2003 p. 29).

Os veículos não devem apresentar alterações mecânicas como desgaste de motores ou comprometimento das peças muito acima do desgaste que ocorre com combustíveis fósseis.

No entanto, esses estudos demonstraram a existência de algumas desvantagens no uso direto de óleos virgens: (a) a ocorrência de excessivos depósitos de carbono no motor; (b) a obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; (c) a diluição parcial do combustível no lubrificante; (d) o comprometimento da durabilidade do motor; e (e) um aumento considerável em seus custos de manutenção (RAMOS, 2003, p.29).

Ainda há necessidade de melhoria no desempenho dos óleos vegetais. É necessário que se busque alternativas para que ocorra melhora no uso destes óleos ou que se desenvolva substâncias que minimizem as desvantagens atualmente presentes.

“Em relação à performance combustível, tem-se constatado que os motores funcionam melhor com o biodiesel devido à sua maior lubricidade” (PLÁ, 2002, p. 181).

O biodiesel pode apresentar maior lubricidade mas ainda é necessário que se observe outros elementos que podem danificar os motores dos veículos, e se suas emissões não são danosas a saúde mesmo sendo um óleo vegetal.

“O biodiesel não possui enxofre na sua composição, diminuindo, assim, o impacto ambiental do uso de motores a combustão interna” (OLIVEIRA, 2008, p. 7)

Os combustíveis fósseis mantêm na sua composição enxofre que são prejudiciais ao meio ambiente estes são responsáveis pela chuva ácida, o biodiesel por não possuir enxofre apresenta uma enorme vantagem quando utilizado como combustível. Outro modo de aplicação do biodiesel seria em frações de porcentagem adicionado ao diesel que diminuiria o impacto causado com menores emissões de gases tóxicos ao meio ambiente.

“A grande compatibilidade do biodiesel com o diesel convencional o caracteriza como uma alternativa capaz de atender à maior parte da frota de veículos a diesel já existente no mercado” (RAMOS, 2003, p. 30).

O fato da compatibilidade desses compostos beneficiarem o uso do biodiesel, isso oferece a frota a possibilidade de utilizar o biodiesel e não ter um desgaste prematuro de peças e desgaste dos motores dos veículos.

No Brasil, a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, passa a vigorar com as seguintes alterações:

I - 8% (oito por cento), em até doze meses após a data de promulgação desta Lei;

II - 9% (nove por cento), em até vinte e quatro meses após a data de promulgação desta Lei;

III - 10% (dez por cento), em até trinta e seis meses após a data de promulgação desta Lei.

Art. 1º-A Após a realização, em até doze meses contados da promulgação desta Lei, de testes e ensaios em motores que validem a utilização da mistura, é autorizada a adição de até 10% (dez por cento), em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, observado o disposto no inciso XI do art. 2º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997.

Art. 1º-B Após a realização, em até trinta e seis meses contados da promulgação desta Lei, de testes e ensaios em motores que validem a utilização da mistura, é autorizada a adição de até 15% (quinze por cento), em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, observado o disposto no inciso XI do art. 2º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997.

Parágrafo único. Realizados os testes previstos no caput deste artigo, é o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE autorizado a elevar a mistura obrigatória de biodiesel ao óleo diesel em até 15% (quinze por cento), em volume, em todo o território nacional.”

Art. 1º-C São facultados a adição voluntária de biodiesel ao óleo diesel em quantidade superior ao percentual obrigatório e o uso voluntário da mistura no transporte público, no transporte ferroviário, na navegação interior, em equipamentos e veículos destinados à extração mineral e à geração de energia elétrica, em tratores e nos demais aparelhos automotores destinados a puxar ou arrastar maquinaria agrícola ou a executar trabalhos agrícolas, observado o disposto no inciso XI do art. 2º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997.

É importante a adição do biodiesel ao diesel por força de lei, de forma a diminuir a dependência do diesel derivado do petróleo. Esta alternativa da adição de biodiesel em frações ao diesel contribui para ampliação da matriz energética, utilizando-se de um combustível de origem vegetal e sustentável.

#### 4.2.3 Gás Natural Veicular

O GNV também pode servir como alternativa como combustível além de poder oferecer vantagem ambiental, também pode servir como vantagem econômica.

O gás natural é um combustível formado por uma mistura de hidrocarbonetos leves que, a temperatura ambiente e pressão de uma atmosfera, permanece no estado gasoso. O hidrocarboneto principal na composição do gás é o metano (CH<sub>4</sub>), responsável por quase 90% de sua formação. O etano, o propano, e outros gases como o nitrogênio (N<sub>2</sub>), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o vapor d'água (H<sub>2</sub>O), são responsáveis pelo restante de sua composição (JUNIOR, 2006, p. 1).

Na **figura 18** são apresentados os componentes de instalação do GNV e sua distribuição no veículo.

**Figura 18 - Componentes de instalação do GNV**

## EQUIPAMENTO DE GNV

### Componentes de instalação Quinta geração do sistema



- 01** **Válvula de Cilindro**  
Válvula com dispositivo de segurança
- 02** **Cilindro GNV**  
Armazena o GNV em alta pressão
- 03** **Suporte de Cilindro**  
Estrutura que fixa o cilindro no veículo
- 04** **ECU**  
Controla a mistura ar/gás
- 05** **Variador de avanço**  
Controla o ponto de ignição, melhorando o desempenho
- 06** **Chave comutadora**  
Faz a comutação combustível líquido/gás natural
- 07** **Redutor**  
Reduz a pressão do gás para admissão no motor
- 08** **Válvula de abastecimento**  
Local por onde abastece o sistema
- 09** **Indicador de nível**  
Indica a pressão do gás no sistema
- 10** **Bicos injetores e suporte**  
Injetam o gás na entrada da válvula de admissão

Fonte: BRAGA (b) (2017)

Na **figura 18** tem-se os componentes de instalação do GNV e os dispositivos necessários para utilização desse gás. Esses dispositivos representam um kit de conversão do combustível de origem em conjunto com o gás natural.

“O Gás Natural Veicular (GNV) é o gás natural comprimido a uma pressão de aproximadamente 220 atm e armazenado em cilindros que são embarcados no automóvel” (CONPET, 2000 *apud* PRAÇA, 2003, p. 25).

O GNV é comprimido a 220 atm, é importante a questão de segurança pois o gás está comprimido a uma elevada pressão, se esse cilindro não estiver de acordo com as normas de segurança este armazenamento pode tornar-se de elevado risco.

“Na técnica *fast fill*, o abastecimento do veículo leva de 2 a 3 minutos. O uso do reabastecimento por cascata requer um compressor com grande capacidade, além de cilindros de armazenamento” (PERRUT, 2005, p. 40).

A técnica *fast fill*, torna eficaz o abastecimento do veículo de modo prático, em que o consumidor pode levar um tempo semelhante aos de outros combustíveis, é interessante que se mantenha condições adequadas de segurança para que o abastecimento seja realizado de forma correta.

Os cilindros de GNV são carregados em postos de combustíveis com capacidade de abastecimento, os veículos são acoplados a fonte de

abastecimento e os compressores do sistema são acionados de forma que o gás dos reservatórios abasteça os veículos.

“O que se considera estrategicamente correto seria a substituição do diesel utilizado no transporte coletivo das grandes cidades, o que pode melhorar a qualidade do ar e reduzir as necessidades de importação deste combustível” (PRATES, 2006 p. 58).

Segundo Prates, 2006 as emissões por GNV se tornam menos agressíveis do que o diesel, e ainda se torna uma alternativa para fontes de combustíveis de forma que seja menos poluente. Dessa forma seria interessante a expansão do uso desse combustível na matriz energética, visto os benefícios que o mesmo possa trazer.

“Outros estudos procuram associar o potencial de redução de gás natural com outros poluentes regulamentados pela legislação ambiental, são eles: CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e MP” (LINKE 2004, apud FILHO, 2006 apud CONCEIÇÃO, 2006, p. 3).

O GNV pode apresentar vantagens quando comparado a emissões de veículos diesel. O uso do GNV poderia servir como alternativa a outros combustíveis como o diesel nos grandes centros urbanos.

“Seu processo de queima gera baixo teor de óxido de enxofre, fato que não ocorre com os demais combustíveis, o que o torna isento da produção de particulados, tais como cinza e fuligem” (PRAÇA, 2003, p. 15).

O uso do GNV contribuiria de forma a melhorar a saúde pública, utilizando-se menos recursos das redes de saúde devido aos poluentes atmosféricos do ar, o incentivo a utilização deste combustível, como a substituição de outros combustíveis por GNV reduziria significativamente o impacto na saúde da população.

“Outro fator ambiental apresentado, também, em favor dos veículos a gás natural é o potencial do ruído característico dos motores diesel tradicionais” (CONCEIÇÃO, 2006, p. 3).

Alguns veículos diesel apresentam alto nível de ruído, como os ônibus que circulam no município de São Paulo. A diminuição do ruído seria uma grande vantagem como fator ambiental aliado a diminuição da emissão de poluentes.

“O CONPET realiza ações pontuais e estratégicas tendo como principais objetivos reduzir o consumo de óleo diesel e diminuir a emissão de fumaça preta, difundir o uso do gás natural como combustível” (KNIGHT, 2006, p. 43).

Esse programa com o intuito de incentivar o GNV em face do diesel é uma boa iniciativa e parte do governo, também é importante considerar o uso racional de energia de forma que não ocorra desperdício e seja utilizada a melhor opção para seu determinado fim.

“A principal motivação para utilização do gás natural nos EUA é a questão ambiental. Além da rigidez da legislação ambiental federal cada estado possui a sua própria norma, igual ou mais rígida que a norma federal” (CONCEIÇÃO, 2006, p. 30).

A legislação que faz obrigatória a utilização de combustíveis menos poluentes soma sua contribuição ambiental, impondo que empresas com frotas de veículos, ou a população utilizem alternativas de redução de emissões atmosféricas. Uma legislação que seja rígida para com o seu cumprimento, serve como exemplo quando implementada pelos países, para que haja uma forma de conscientização na sociedade no que se refere a diminuição de emissões atmosféricas.

A conversão de motores usados pode ser de dois tipos: dedicada ou dual. A tecnologia dedicada é aquela em que o motor convertido passa a utilizar somente GNV. O processo utilizado neste caso é a transformação do motor de ciclo diesel para ciclo Otto (daí o nome *ottorização*). A conversão dual fuel é uma tecnologia que utiliza diesel e GNV em proporções variáveis. Ela trabalha com taxas de substituição do diesel por GNV que variam, em geral, entre 30% e 80%. Ao contrário do que ocorre com veículos a gasolina, não existe a possibilidade de utilização bi-fuel, no qual o proprietário escolhe empregar apenas GNV ou gasolina. Na tecnologia dual, o uso do diesel é necessário, pois é ele que fornece a “faísca” necessária para a explosão do gás natural.” (SILVA, 2006 *apud* KNIGHT, 2006, p. 58).

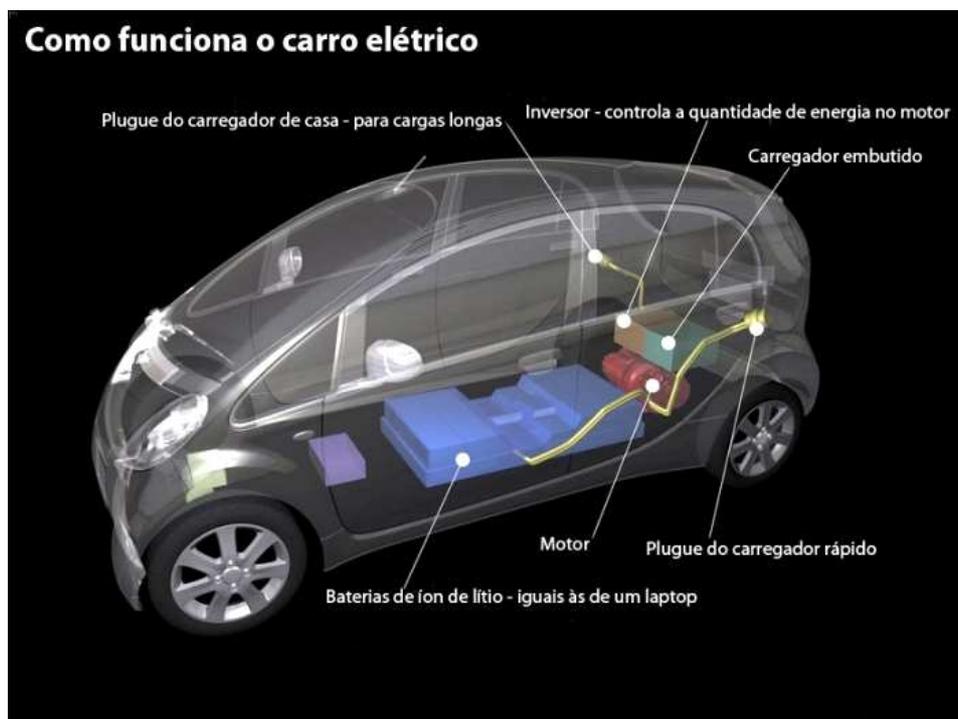
É importante notar, no entanto, que a potencial vantagem do uso do GNV como combustível veicular está atrelada especificamente ao seu uso em motores e veículos que foram originalmente projetados e fabricados para esse fim. Isso inclui o uso por exemplo em ônibus urbanos ou em frota de veículos leves que tenham saído de fábrica com a possibilidade de usar esse combustível. A prática de se transformar motores de veículos em uso para o uso do GNV, via de regra leva a resultados ruins. Em geral a emissão de poluentes por esses veículos tende a aumentar, visto que a intervenção desconfigura as condições originais dos veículos e motores, inviabilizando o uso do GNV para a diminuição da emissão de poluentes.

## 4.3. VEÍCULOS ALTERNATIVOS

### 4.3.1 Veículos Elétricos

Com a necessidade de se encontrar fontes menos poluentes, os veículos elétricos apresentam-se como alternativa por não exigirem motores de combustão. Na **figura 19** apresenta-se o funcionamento do carro elétrico.

**Figura 19 - Funcionamento do carro elétrico**



Fonte: BESSEL (2011)

Na **figura 19** tem-se o esquema de funcionamento de um veículo elétrico com a bateria de lítio ligado ao motor, o carregador, os plugues dos carregadores um para cargas longas e outros para cargas rápidas e o inversor para controlar a quantidade de energia no motor.

“Os motores utilizados neste tipo de veículo são elétricos, sendo que a fonte de eletricidade é em geral uma bateria que converte energia química em eletricidade” (MOREIRA, 2013 p. 3).

Para utilização dos veículos elétricos se requer bateria íon-lítio, atualmente esta bateria ainda requer um custo elevado, seria importante que houvesse progresso na fabricação dessas baterias para que diminuísse seu custo.

“Embora haja certamente avanços tecnológicos importantes nos veículos elétricos atuais, como as baterias de íon de lítio e toda a tecnologia digital presente nos carros modernos, em essência o conceito básico se mantém”(BARAN, 2010, p. 208).

O conceito de funcionamento do veículo elétrico mantém-se parecido desde o início da criação deste veículo. Desde sua criação avanços tecnológicos ocorreram mas o conceito se manteve o mesmo, mas ainda pode melhorar de modo que este veículo seja disponibilizado em grande escala.

“Em todos os países em que o VE é lançado, duas das principais fontes de incerteza dizem respeito ao tamanho do mercado para este tipo de produto e ao tempo que ele leva para se difundir entre os consumidores” (BARAN, 2012, p. 88).

O mercado gera incerteza na utilização dos veículos elétricos, mas estes seriam uma excelente alternativa face aos veículos movidos a combustíveis fósseis onde o litro de combustível apresenta um alto custo no Brasil e constantemente seu valor é reajustado aumentando-o ainda mais.

“Até ao mês de Fevereiro de 2013 já se contabilizam perto de 80 mil VE comercializados nos EUA” (MOREIRA, 2013, p. 8).

O veículo elétrico é uma opção bastante válida para fins de energia sustentável já que a eletricidade usada pode ser obtida por fontes de energias também renováveis como exemplo a eólica que pode apresentar expansão em sua rede de fornecimento a fim de proporcionar energia limpa para a sociedade. Outro tipo de energia que também se mostra muito interessante é a energia solar proveniente de painéis fotovoltaicos, com a abundância desse recurso natural é uma excelente alternativa como matriz energética e também uma ótima opção para desenvolvimento de pesquisas a fim de tornar mais viável economicamente a utilização desses painéis.

“Há três fatores principais responsáveis pelo crescente interesse nos veículos elétricos: a superação de entraves tecnológicos, as preocupações com o meio ambiente e com a segurança energética dos países” (CASTRO, 2010 p. 269).

Fatores como citados acima demonstram que novas alternativas devem ser desenvolvidas para satisfazer a disseminação do tipo de veículo elétrico com a busca por novas tecnologias para satisfazer essa demanda, conseqüentemente a eficiência e o acesso a este tipo de veículo, torna-se viável este tipo de

desenvolvimento. Em referência a questão energética é importante que se busque matrizes energéticas que ofereçam opções que satisfaçam o desenvolvimento sustentável, sempre buscando opções de energias limpas.

No atual panorama mundial, os EV constituem uma mais-valia face à necessidade de redução da dependência dos combustíveis fósseis, cujos preços são muito voláteis e têm vindo a aumentar nos últimos anos. Em termos de sustentabilidade ambiental, apresentam-se como um meio de transporte não poluente, trazendo vantagens à melhoria da qualidade do ar, ruído do tráfego automóvel e redução das emissões de gases de efeito estufa (MOREIRA, 2013, p.11)

Conforme Moreira (2013) cita acima, devido aos benefícios que os veículos elétricos apresentam, alguns mecanismos poderiam ser utilizados a fim de aumentar o comércio desse tipo de veículo, como por exemplo os incentivos fiscais que poderiam diminuir seu valor, aumentando o acesso de um maior número de cidadãos ao veículo elétrico. Por se tratar de uma tecnologia nova para as montadoras que buscam a produção dos veículos elétricos, o preço ainda não se tornou atrativo para a maior parte da população.

Alguns países europeus estabeleceram prazos para retirada de veículos movidos a gasolina e diesel, outras cidades europeias também seguiram este modelo e determinaram prazos para o fim de veículos movidos a esses combustíveis. Diante disso pode-se considerar a real necessidade dos veículos movidos a combustíveis fósseis e a utilização de veículos movidos a energia limpa como é o caso dos veículos elétricos. Algumas montadoras como a Volvo anunciaram também o fim da produção de veículos movidos a gasolina e diesel. É importante a iniciativa da indústria na produção de veículos com energia limpa, e também é esperado essa iniciativa no Brasil buscando uma melhor qualidade do ar.

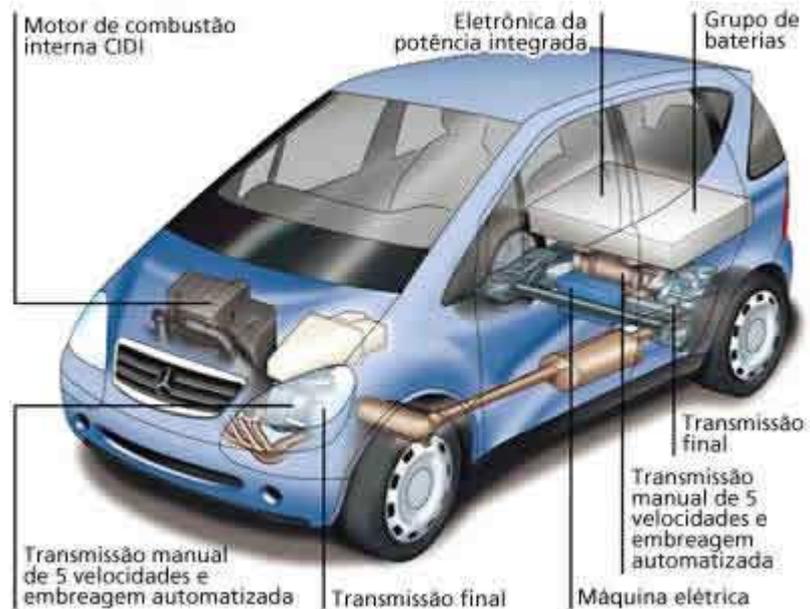
#### **4.3.2 Veículos Híbridos**

“Os sistemas de propulsão híbridos elétricos devem seu nome ao fato de combinar o funcionamento de um motor de combustão com um motor elétrico” (SOUZA, 2010 p. 12).

O veículo híbrido tem a vantagem que em locais onde a velocidade do trânsito for lenta, o veículo aciona um dispositivo que aciona a parte elétrica do motor, tendo uma emissão mínima de poluentes para atmosfera. Alguns modelos já

foram lançados no Brasil, mas o preço ainda se torna um problema devido a um custo mais elevado dos veículos. Na **figura 20** apresenta-se o esquema de funcionamento de veículo híbrido.

**Figura 20 - Esquema de funcionamento de veículo híbrido**



Fonte: HSW (2017)

Na **figura 20** apresenta-se o funcionamento do veículo híbrido e seus componentes, observa-se que em comparação ao veículo elétrico o veículo híbrido possui um motor a combustão como é apresentado na parte frontal do veículo e as baterias na parte traseira.

“O motor de combustão convencional (ciclo Otto) a gasolina é relativamente ineficiente (de 5% a 10%) em baixa rotação, e relativamente mais eficiente (até 28%) em alta rotação, sendo a eficiência média em torno de 15%” (BARAN, 2012, p. 24).

O motor ciclo Otto no veículo híbrido apresenta baixa eficiência quando o veículo está em baixa rotação, isto se deve ao fato de se estar utilizando a parte elétrica do veículo, quando em alta rotação o ciclo Otto é mais utilizado e menos exigido o motor elétrico.

“O período no qual o veículo pode ser operado com energia fornecida somente pelas baterias deve ser o maior possível, indo ao encontro às normas de restrição de emissão” (CORREA, 2013, p. 20).

O veículo elétrico em seu projeto deve oferecer um regime de funcionamento em que na maioria do tempo seja utilizado a parte elétrica, emitindo o mínimo possível de poluentes para atmosfera e até obter uma economia em relação aos custos quando comparado ao combustível fóssil.

Os sistemas de propulsão híbridos elétricos devem seu nome ao fato de combinar o funcionamento de um motor de combustão com um motor elétrico. Estes sistemas, em função da sua configuração, podem dividir-se em dois grandes grupos: híbridos série e híbridos paralelo. Num sistema de propulsão híbrido série um motor de combustão aciona um gerador que alimenta as baterias e/ou o motor elétrico de tração do veículo. Num sistema Híbrido Paralelo a propulsão do veículo ocorre pelo motor de combustão, pelo motor elétrico ou pelos dois em simultâneo, podendo o motor elétrico funcionar como gerador para carregar as baterias quando não estiver a ser utilizado para tração (EHSANI, GAO, *et al.*, 2005 *apud*, SOUZA, 2010 p.1).

EHSANI, GAO, *et al.*, 2005 *apud*, SOUZA, 2010 p.1 define as formas que podem se apresentar os motores de veículos híbridos o sistema de funcionamento do veículo híbrido que pode ser acionado no motor a combustão onde o motor elétrico funciona como um gerador para carregar as baterias.

## 5 DISPOSITIVOS E AÇÕES PÚBLICAS NO CONTROLE DE EMISSÕES

Ações de controle de emissões são extremamente necessárias para minimização do impacto de emissão de poluentes, através destas ações e dispositivos podem ser citados como legislações, fiscalizações, denúncias entre outras ações que podem indicar se há alguma desconformidade ou fraude que ocorra em emissões acima do permitido pela legislação.

### 5.1 PROCONVE

Com o aumento da frota veicular no país e deficiência da manutenção dos mesmos e a crescente emissão de poluentes na atmosfera, teve a necessidade da criação de programas para redução das emissões veiculares.

Anterior a essa data os veículos poluíam demasiadamente por serem veículos com tecnologias precárias que culminavam em uma alta emissão de poluentes, diante disso muitas empresas automobilísticas foram obrigadas a rever as suas tecnologias transformando suas instalações em fábricas com inovações tecnológicas a fim de melhorar suas emissões. Daí então foram criadas legislações que atenderiam essa demanda.

O PROCONVE desde a sua criação reduziu significativamente as emissões de poluentes veiculares, fato que contribuiu para uma melhor condição da qualidade do ar, sendo que ainda hoje a frota veicular cresce muito em comparação a data da criação do programa.

“O particulado no motor diesel está sujeito às legislações de emissões ao redor do mundo e, em conjunto com o NO<sub>x</sub>, tornou-se o foco nas tecnologias de controle de emissões” (CAPANA, 2008, p. 21).

Uma forma de conter as emissões de determinados poluentes como o material particulado e o NO<sub>x</sub>, talvez os mais críticos a saúde e ao meio ambiente, foram as legislações para controlar essas emissões. Talvez seja importante estudos que considerem outros poluentes nas legislações para que se tenha menores emissões impactando na saúde e no meio ambiente.

Constatada a gravidade da poluição gerada pelos veículos, a CETESB, durante a década de 80, desenvolveu as bases técnicas que culminaram com a Resolução nº 18/86 do

CONAMA que estabeleceu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), posteriormente complementada por outras resoluções. O PROCONVE foi baseado na experiência internacional dos países desenvolvidos e exige que os veículos novos atendam a limites máximos de emissão, em ensaios padronizados e com combustíveis de referência (BORSARI, 2009, p. 49).

O PROCONVE segue modelos de outros países em relação ao controle de poluentes. Os limites máximos de emissão são muito importante em relação a quantidade de poluentes que vão ser lançados na atmosfera, e de certa forma pode significar o impacto que a saúde das pessoas vão ser expostas a estes poluentes em um determinado período.

“O PROCONVE evita 04 mortes por dia que poderiam ser causadas por problemas relacionados com poluição do ar” (LINKE, 2007 *apud* LEMOS, 2010 p. 48).

O PROCONVE age diretamente na causa da saúde. É importante que sejam determinados criteriosamente os limites de emissão para que a saúde e a vida das pessoas sejam poupadas de acordo com os poluentes lançados para a atmosfera.

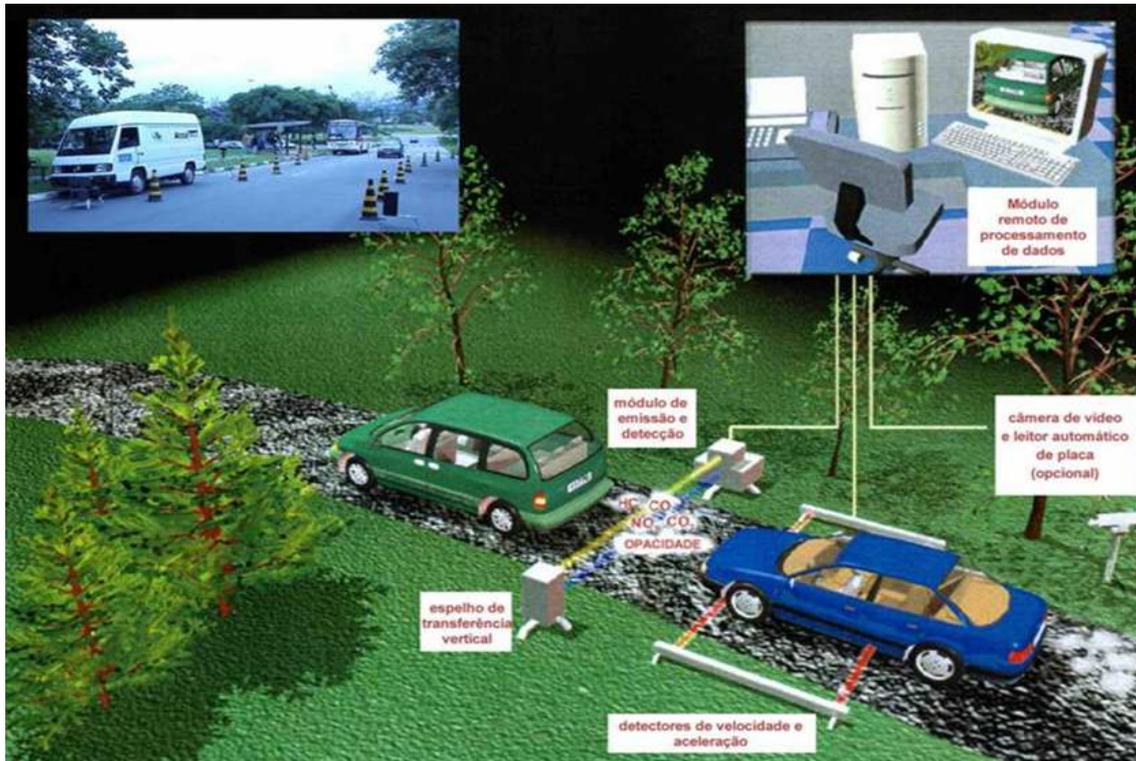
A Resolução CONAMA 18/1986 ainda define que os fabricantes de motores e/ou veículos automotores do ciclo Diesel devem declarar aos órgãos competentes, inclusive ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), os valores típicos de emissão de fuligem, expressa em grau de enegrecimento do elemento filtrante e opacidade, das configurações de motor em produção. Além disso, os valores máximos especificados da emissão de fuligem nas faixas de velocidades angular de utilização do motor devem ser fornecidos aos consumidores e às Redes de Serviços Autorizados (BURIGO, 2016, p. 21).

Os valores típicos de emissão de fuligem que também são denominados valores de opacidade são utilizados em atividades de fiscalização de veículos diesel pela CETESB. Usa-se também valores de rotações de motor, mínimos e máximos, que são definidos como rotação de marcha lenta e rotação máxima de corte, que é um dos fatores que demonstram se o funcionamento dos motores dos veículos inspecionados ou fiscalizados estão em conformidade com a legislação e se a emissão nesse regime de funcionamento está em conformidade. Este procedimento consiste na utilização de um *software* que realiza a leitura da cor da fumaça expelida pelos veículos que percorre uma câmara óptica na presença de uma luz, quanto maior o grau de enegrecimento da fumaça maior a dificuldade da luz ultrapassar esse caminho de fumaça preta, sendo, portanto, maior o índice de fumaça preta do veículo inspecionado. Outro dispositivo que pode ser utilizado como fiscalização de emissão veicular é o sistema de Sensoriamento Remoto, que consiste na fiscalização de

emissões veiculares em determinados pontos fixos distribuídos pelos municípios realizando fiscalizações por meio de equipamento.

Na **figura 21** apresenta-se o sistema de sensoriamento remoto.

**Figura 21 - Sensoriamento Remoto**



Fonte: BRANCO (2016)

Na **figura 21** apresenta-se o dispositivo de sensoriamento remoto que seria bem aproveitado nos locais onde são realizadas as fiscalizações de fumaça preta de veículos. A grande vantagem seria a medição com o veículo em movimento. Além disso, outros tipos de fiscalização seriam importantes de se realizar de modo que o aumento nas emissões pudesse ser detectado com essas medições, aumento esse que pode se dever desde pequenas interferências até grandes interferências como adulteração de combustíveis ou adição de substâncias que resultariam em emissões de compostos tóxicos em maior escala.

Sensores remotos, desenvolvidos na década de 80, medem as modificações na intensidade de fecho de luz apontado para a via provocadas pela pluma de exaustão de um automóvel. Junto com o sensor acopla-se uma câmara de vídeo para identificação da placa do veículo, e através do acesso aos registros de licenciamento determina-se a idade, o tipo e eventualmente a quilometragem do veículo (JACONDINO, 2005, p. 40).

Como citado, seria interessante o desenvolvimento de novas técnicas de fiscalização, que se utilizasse de equipamentos com recursos que ofereceria a fiscalização de forma automática podendo oferecer maior abrangência na fiscalização de fontes móveis.

É realizado um trabalho de licenciamento de veículos pela CETESB. Ocorre quando a indústria determina um novo modelo de motor, ou nova configuração no veículo que altere as condições originais e possa influenciar nas emissões ou quando é realizado a importação de determinado número de veículos que necessite do ensaio de homologação pela CETESB.

A CETESB atua como braço técnico do Governo Federal. A parceria entre a CETESB e o Governo Federal está oficializada por meio de um convênio com o IBAMA, cabendo à CETESB realizar e acompanhar os ensaios de homologação no Brasil e no exterior, elaborar pareceres técnicos para subsidiar o IBAMA na emissão das LCVM's, emitir pareceres técnicos de assuntos de interesse do programa, processar e verificar os resultados e informações fornecidos pelas montadoras para a homologação de seus produtos e controle da linha de produção e assessorar o IBAMA nas reuniões do MERCOSUL. A CETESB também tem contribuído para a proposição e elaboração de normas técnicas, procedimentos operacionais e administrativos e novos regulamentos, pesquisas com novos combustíveis, organização de cursos de treinamento e eventos técnicos além de outras atividades correlatas (MENDES, 2004, p. 45).

De acordo com MENDES, 2004, p.45 é informado a competência da CETESB tecnicamente para atuar como corpo técnico do IBAMA para acompanhar os testes de emissões nos laboratórios e obter as licenças para os veículos, a CETESB também age pela sua experiência técnica em trabalhar em conjunto com outros órgãos em medidas que regule os limites de emissões.

Os poluentes que são regulamentados são monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), aldeídos (RCHO), material particulado (MP) - além dos gases de efeito estufa - dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (BURIGO, 2016, p. 8).

Os poluentes regulamentados causam impactos significativos na saúde das pessoas. É interessante discutir se novos poluentes possam ser regulamentados. Estudos e pesquisas podem definir se estes poluentes são suficientes ou se há necessidade de controlar outros poluentes.

## 5.2 CATALISADORES

Com a grande demanda de veículos no mundo é importante o uso de mecanismos que possam minimizar os impactos dos poluentes emitidos pela frota veicular.

“A utilização de catalisadores automotivos visa minimizar as emissões decorrentes da queima de combustíveis em veículos, geralmente monóxidos de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio” (BOLDT, 2013, p. 248).

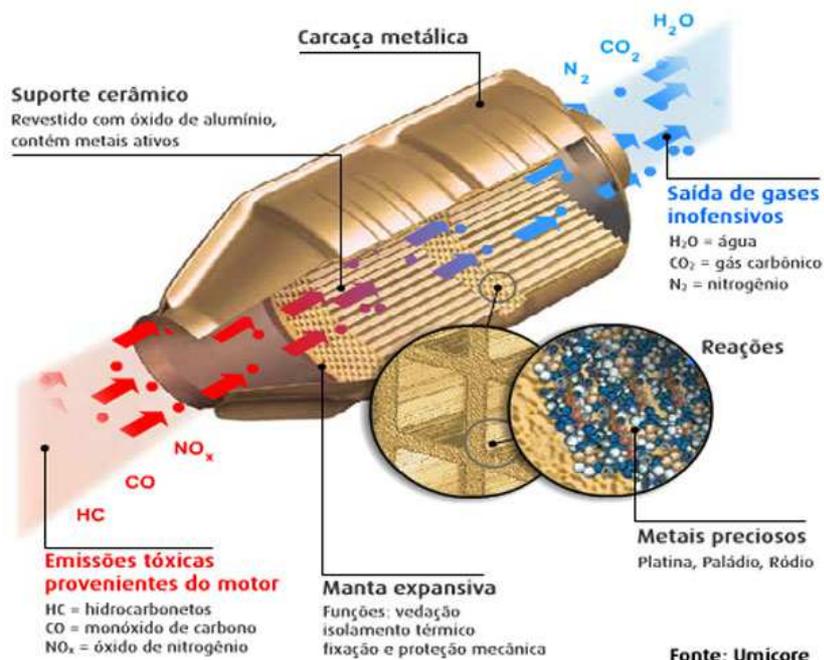
Os catalisadores agem diretamente em alguns gases específicos como monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio que são gases muito nocivos a saúde, e que procura-se minimizar com novas tecnologias e dispositivos em uso.

O tratamento das emissões poluentes se aprimorou com aplicação de sistemas catalíticos, representados pelos conversores catalíticos ou simplesmente catalisadores, os quais convertem quimicamente os poluentes CO, HC e NOx em emissões menos nocivas como dióxido de carbono, vapor d'água e nitrogênio. Portanto, o propósito do conversor catalítico é reduzir quimicamente os poluentes contidos no gás de exaustão, através de reações catalíticas heterogêneas de oxidação e redução na superfície do monólito, permitindo às espécies dos gases de escape difundirem dentro do material catalítico. O processo químico de catálise é promovido pela presença dos metais preciosos, tais como, platina, paládio e ródio que aceleram o processo das reações dos óxidos de nitrogênio e oxidação do monóxido de carbono e hidrocarbonetos na superfície das paredes para o centro do canal monolítico (MARTINS, 2006, p. 47).

O catalisador é um equipamento que possui elementos químicos que em alta temperatura realizam reações químicas que transformam os poluentes em elementos inertes que não causam problemas a saúde. São utilizados elementos nobres como os metais citados, estes participam da catálise da reação dos elementos nocivos.

Na **figura 22** apresenta-se a ilustração do catalisador e seu funcionamento.

**Figura 22 - Catalisador e funcionamento**



Fonte: CENTROCARMECANICA (2017)

Na **figura 22** constata-se o catalisador e seus elementos que proporcionem a saída dos gases inofensivos após a entrada das emissões tóxicas provenientes dos gases expelidos pelos motores dos veículos. É possível verificar que os gases tem contato com os metais nobres onde ocorre a reação para emissão dos gases inertes como o CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e também H<sub>2</sub>O.

“Um bom catalisador automotivo deve ter habilidade para reduzir seletivamente o NO para N<sub>2</sub>, na presença de H<sub>2</sub>, sem produzir amônia. Deve ser ativo na presença de enxofre, oxigênio e água” (CONTE, 2007, p. 3).

O catalisador deve ser um equipamento de qualidade e a concentração dos elementos que realizam a reação química deve ser suficiente para conversão dos elementos nocivos em substâncias que não afetem a saúde. E também há necessidade de que na reação não ocorra transformação para outra substância nociva.

“A escolha de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como suporte é ditada pela necessidade de aumentar a área de superfície do monólito do tipo colméia, cujo valor se encontra geralmente entre 2 a 4 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>” (SILVA, 2008 p. 7).

O suporte está relacionado com a área superficial que as substâncias nocivas terão com os metais nobres presentes, para que ocorra a reação química.

“O catalisador é envolvido por uma manta expansiva, que serve de vedação, proteção mecânica e isolante; nas suas extremidades possuem cones metálicos, denominados difusor e bocal” (MARTINS, 2006, p.16).

É citado por Martins, 2006, p.16 a forma que o catalisador possui de vedação e que o sistema fechado, que o catalisador deve apresentar para que ocorra uma reação que seja completa e não tenha interferências de outros elementos.

O substrato puro é composto de material inerte que não interfere nas reações químicas. Para que as reações ocorram, é preciso que o substrato receba uma ou mais camadas de “wash-coat”, que contém componentes químicos capazes de distribuir uniformemente os metais ativos na sua superfície. É um preparado líquido à base de alumina e contém sais de metais ativos do grupo da Platina (Pt, Pd, Rh) que favorecem as reações químicas desejadas para as reações de redução e oxidação dos gases poluentes. O processo de aplicação do “wash-coat” no substrato cerâmico ou metálico deve ser de grande precisão, de maneira homogênea em toda sua superfície e na quantidade exata. Além disso, as características físico-químicas do “wash-coat”, tais como PH e viscosidade, devem ser controladas durante todo o processo, visando evitar que células sejam bloqueadas por excesso de produto e garantir sua perfeita aderência ao substrato visando suportar as condições de uso do catalisador (PAIXÃO, 2013, p.37).

Paixão cita o funcionamento do catalisador dizendo que no *wash coat* existem componentes químicos que favorecem a reação dos gases nocivos da combustão dos veículos. A reação que ocorre é uma reação de redução e oxidação. É importante que seja utilizada uma quantidade adequada do substrato para que haja uma reação equilibrada.

“O monólito é montado no recipiente envolto em um material (geralmente fibra de vidro) para assegurar a resistência à vibração” (SILVA, 2008, p. 6).

O monólito é uma parte do catalisador onde os elementos se encontram para que ocorram a reação, deve ter uma sustentação que resista as vibrações que os catalisadores vão estar expostos no decorrer do seu uso, também deve assegurar que não se rompam as partes do catalisador podendo ocorrer danos mecânicos ao catalisador.

“Diferente da maioria dos catalisadores industriais que costumam operar em condições de estado estacionário, os automotivos são expostos a constantes variações das condições de trabalho” (BOLDT, 2013, p. 254).

Boldt, 2013, p.254 afirma que os catalisadores industriais atuam diferentemente dos veículos. Devem ser levados em consideração mecanismos que suportem as ações mecânicas ocorridas pelos escapamentos.

“Os catalisadores de três vias atuais são formados por uma “colmeia” feita de cerâmica, constituída por minúsculos canais que perfazem uma superfície total equivalente a quatro campos de futebol” (CONTE, 2007, p.13).

Os catalisadores possuem uma superfície de contato muito alta e são distribuídas de formas compactadas. Isto favorece a reação por permitir que os gases nocivos interajam com os elementos que participem da reação resultando nos gases inertes.

“Os sensores de O<sub>2</sub>, por sua vez, são posicionados imediatamente antes e depois do catalisador na região de exaustão” (RANGEL e CARVALHO, 2003 *apud* BOLDT p. 254).

Estes sensores tem a função de equilibrar a mistura de oxigênio nas reações dos catalisadores variando as reações em ricas ou pobres levando em conta a relação ar/combustível.

“Embora um catalisador acelere uma reação química, ele nunca determina o equilíbrio ou o ponto final da reação” (MARTINS, 2006, p. 17).

Embora o catalisador acelere as reações químicas ele não as finaliza, sendo que o que determina que esta ainda ocorra é a quantidade gases que estão sendo emitidos em contato com os elementos presentes no catalisador.

“Os produtos desejados (dióxido de carbono, água e nitrogênio) são termodinamicamente favorecidos nas temperaturas típicas de exaustão” (500°C) (CONTE, 2007, p.15).

Para atingir esta temperatura é necessário que o veículo já esteja em funcionamento. É interessante que o catalisador também atue no início do funcionamento do motor do veículo, mesmo a baixas temperaturas, pois este pode passar por possíveis testes como inspeção veicular e o veículo pode apresentar um resultado diferente do que o veículo realmente pode emitir em se tratando de poluentes.

“A combustão catalítica constitui a alternativa mais conveniente para eliminar compostos orgânicos, em baixas concentrações, em fase vapor” (RANGEL, 2003).

Esta tecnologia é a mais recomendada para eliminação de poluentes e usada até os tempos atuais.

“No caso do catalisador com substrato cerâmico, o encapsulamento é responsável pela sua proteção termomecânica” (PAIXÃO, 2013, p.38).

Para manter a temperatura do catalisador é necessária uma proteção termomecânica, que mantenha o catalisador na temperatura ideal para que se realize as reações.

“Dependendo das condições de operação do catalisador, este é desativado, devido principalmente a três fatores: envenenamento, formação de fuligem e desativação térmica” (SILVA, 2009).

O catalisador como tantos outros equipamentos possuem vida útil e devem ser trocados. Também é necessário que se utilize combustíveis de qualidade para que não comprometa o funcionamento dos catalisadores.

Nesse sentido, é fundamental entender a questão da desativação dos catalisadores automotivos. A durabilidade desses catalisadores está associada a fenômenos complexos de desativação, resultantes de interações físico-químicas que se processam no decorrer da utilização do catalisador. Podem-se dividir esses processos em desativação térmica, química ou mecânica. Na primeira, a perda de atividade catalítica se dá devido às altas temperaturas às quais o catalisador é submetido, que pode ser acentuada pela presença de vapor de água dos gases de escapamento; a segunda relaciona-se ao envenenamento dos sítios ativos do catalisador por agentes químicos presentes no meio, tanto o envenenamento reversível como, principalmente, o não reversível, e a última está associada a efeitos físicos como abrasão e choques, gerando perda de material ou fluxo de gases inadequado nos canais da colméia do catalisador (SÁ, 2009, p. 3).

SÁ, 2009, p.3 define sobre a desativação dos catalisadores, sendo desativação térmica, química ou mecânica e os fatores que podem levar a esta ocorrência.

“Muitos aditivos foram estudados para melhorar a estabilidade térmica do sistema evitando a perda de área específica dos óxidos  $Al_2O_3$  e  $CeO_2$  e coalescência da fase metálica” (ZOTIN, 2005, p. 1).

É importante que mantenham os estudos para melhorarem as performances dos catalisadores e fornecer novas tecnologias para diminuição dos poluentes dos gases de escape. Também são importantes elementos que possam promover a diminuição dos elementos nocivos dos gases de escape e possam contribuir para melhoria das reações que ocorrem nos catalisadores.

### **5.2.1 Catalisador de Redução Seletiva**

A partir de 1º de janeiro de 2012 entrou em vigor a norma de emissões Proconve P7, que determinou que grande parte da frota de caminhões tivessem o sistema de catalisador de redução seletiva (SCR) que contribuiria com a diminuição da emissão de  $NO_x$ .

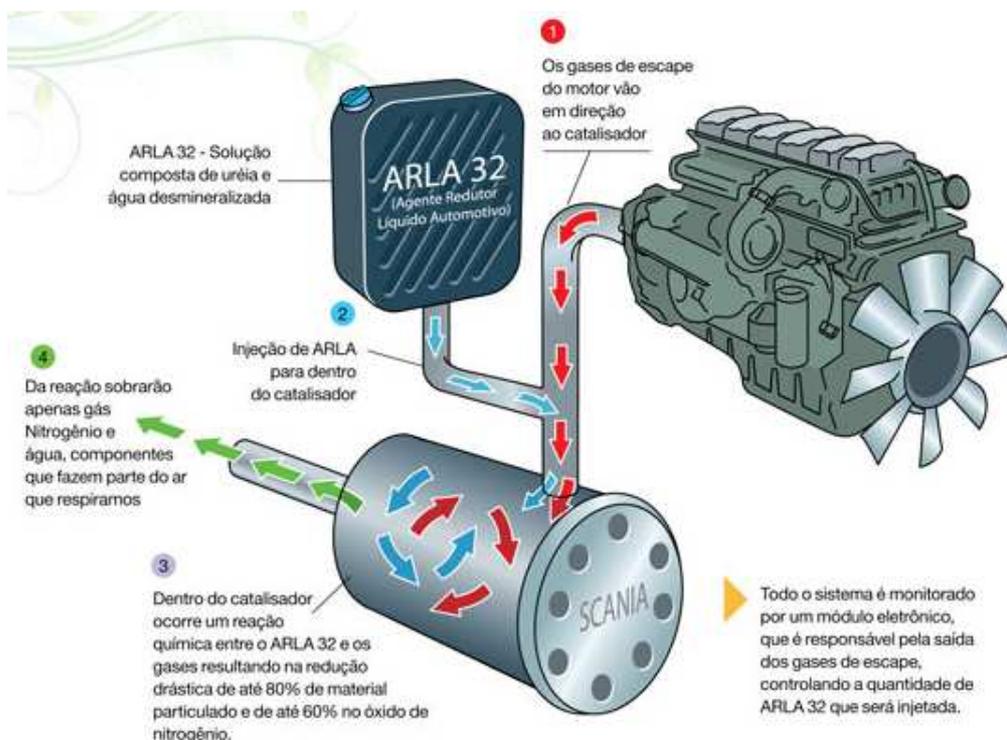
A tecnologia Redução Catalítica Seletiva (SCR) reduz as emissões dos óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) usando um catalisador. A tecnologia SCR pode alcançar uma redução de até 95% de  $NO_x$  no processo de combustão e dessa forma atender à legislação atual e a futura mais rígida. O processo do SCR é a tecnologia mais eficiente, visto que fornece a melhor taxa de conversão (YARABRASIL, 2017).

Mais uma vez é apresentado como o  $\text{NO}_x$  sendo ruim para a saúde, foi desenvolvida uma tecnologia para que fosse minimizado este poluente. É de suma importância que além dos órgãos regulamentadores, os fabricantes se preocupem para que esta tecnologia não seja facilmente burlada.

A finalidade do Sistema SCR é reduzir os níveis de  $\text{NO}_x$  (óxidos de nitrogênio emitidos pelos motores) que são prejudiciais à nossa saúde e ao meio ambiente. O Sistema SCR é a tecnologia de pós-tratamento que trata o fluxo resultante do gás de escapamento ou exaustão do motor. Pequenas quantidades do ARLA32 são injetadas nos gases de escape, no catalisador onde ele se vaporiza e se decompõe para formar a amônia e o dióxido de carbono. A amônia ( $\text{NH}_3$ ) é o produto desejado que, junto do Catalisador SCR, converte o  $\text{NO}_x$  em nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) não tóxicos (CUMMINSFILTRATION, 2017, p.1).

Ainda que possa diminuir os poluentes das emissões de  $\text{NO}_x$ , preocupa o fato de outro poluente apresentar-se como o  $\text{NH}_3$ , resultante da reação do  $\text{NO}_x$ . Deve-se considerar se o  $\text{NH}_3$  não irá comprometer a saúde e o meio ambiente. Na **figura 23** apresenta-se o sistema de funcionamento do SCR.

**Figura 23 - Sistema de funcionamento do SCR**



Fonte: MEVEPI (2017)

Observa-se na **figura 23** que é adicionada aos gases de escape a solução de ARLA 32, que consiste em uma solução de uréia de alta pureza fabricada com água desmineralizada.

### 5.3 COMBUSTÍVEIS LIMPOS RELACIONADOS AOS EFEITOS DA SAÚDE

Os combustíveis limpos são alternativas para os combustíveis de origens fósseis. É interessante que se pense na aplicação nas diversas frotas veiculares que poluem e afetam a saúde da população. Incentivos a frotas de ônibus, frota veicular, frota de caminhões que poderiam utilizar outras formas de combustíveis que se utilizasse de combustíveis limpos. Legislações ou programas que substituíssem esses combustíveis em determinado período favoreceria a saúde da população, torna-se importante o incentivo dessas medidas afim que se tenha uma qualidade do ar com menos poluentes.

As principais fontes poluidoras, que são os veículos automotivos e as indústrias, estão presentes em todos os grandes centros urbanos. Nas últimas três décadas, o melhor conhecimento das origens, composições, comportamentos, interações e, do ponto fulcral, os mecanismos de ação desses verdadeiros inimigos da saúde pública têm mobilizado esforços e recursos tecnológicos e financeiros diversos. Estudos observacionais têm procurado mostrar, com resultados cada vez mais significativos, efeitos de morbidade e mortalidade associados aos poluentes do ar (AMARAL, D.M.; PIUBELI, F.A., 2003 p. 3).

Recursos e esforços estão sendo realizados para tentar combater os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde humana. É importante que se busque alternativas para que sejam diminuídos os impactos dos poluentes na saúde.

As soluções de longo prazo para o problema da emissão de gases poluentes, pelas fontes móveis, passam, necessariamente, pela melhoria da qualidade dos combustíveis comerciais utilizados atualmente e a busca por alternativas energéticas. Por ser um dos fatores principais de emissão (juntamente com a tecnologia dos motores) é de suma importância a realização de pesquisas sobre novas tecnologias de combustão e de dispositivos que controlem essas emissões, tal como a busca por combustíveis limpos (ESTEVEVES, 2004, p. 3).

A ideia de ESTEVES, 2004, p.3 é clara referindo-se a necessidade de se criar alternativas que minimizem o impacto dos poluentes na saúde das pessoas. Pelo que foi apresentado até este momento no trabalho confirma-se a ideia de que se utilizem alternativas para que minimizem a poluição.

Apesar dos veículos produzidos hoje estarem dentro das normas estabelecidas pelos órgãos de regulação, é preciso desenvolver veículos menos poluentes porque os efeitos

da emissão dos gases produzidos por esses veículos trazem danos consideráveis sobre a saúde humana (ESTEVEES, 2004, p. 4).

Um dos aspectos a serem abordados seria o incentivo de políticas públicas afim de minimizar a emissão de poluentes na atmosfera. Outros países deveriam aderir a essa ação visto o grande problema que os poluentes atmosféricos acometem na saúde humana. Muitos problemas de saúde da população podem ser evitados se utilizados veículos com outras formas de combustível, como os combustíveis limpos. Deve ser considerado as fontes de energias para suprir a necessidade de combustível nesses veículos, considerando fontes de energias renováveis e fornecimento de energia limpa.

No Reino Unido pretende-se proibir a venda de carros novos movidos a gasolina e a diesel a partir de 2040, no início de julho a França já tinha anunciado o mesmo feito. A Índia quer o mesmo em 2030 e a Noruega a partir de 2025 (GLOBO, 2017).

Alguns países europeus pretendem adotar a medida de proibir a venda de carros novos movidos a gasolina e a diesel não somente por uma tendência mundial de diminuição da poluição atmosférica, mas também por problemas de saúde pública uma vez detectadas muitas mortes devido a esse problema. Sendo assim, observa-se que a poluição não é só um problema ambiental, mas gera também custos elevados na manutenção da saúde pública. O Brasil poderia adotar medidas que também incentivassem a redução da utilização de combustíveis fósseis por veículos, visando diminuir problemas de saúde relacionados a poluição, uma vez que é considerado como um dos países emergentes para instalação de fábricas de automóveis, visto o grande crescimento deste mercado. Outro fator relevante é o alto custo desses automóveis de energia limpa aqui no Brasil, como os veículos híbridos e elétricos, e para que fosse acessível à grande parte da população, poderia ser implantado algum tipo de incentivo dos órgãos competentes.

#### **5.4 RESPONSABILIDADES NO DESEMPENHO DA FUNÇÃO PÚBLICA**

O trabalho de fiscalização da poluição de veículos e o controle da qualidade do ar tornam-se essenciais para saúde e qualidade de vida somada a isso é importante um trabalho pautado nas legislações. Nesse capítulo serão abordados esses aspectos e o compromisso do serviço público com a sociedade.

É importante que o funcionário no desempenho de sua função seja cordial e prestativo, não sendo agressivo e podendo inibir alguma tentativa de sanar dúvidas a respeito do desempenho das funções oferecendo sempre um ambiente propício para que todos os fatos sejam pautados na transparência e na melhor decisão a ser tomada.

O agente de fiscalização de fumaça preta na sua função deve considerar que tem obrigação de zelar pelo meio ambiente, impondo a penalidade aos infratores, sabendo que tem um compromisso com a sociedade e desta forma deve ser imparcial nas suas funções levando em conta tão somente seu compromisso com a população e a qualidade do meio ambiente.

Art. 1º Os atos de improbidade praticados por qualquer agente público, servidor ou não, contra a administração direta, indireta ou fundacional de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios, de Território, de empresa incorporada ao patrimônio público ou de entidade para cuja criação ou custeio o erário haja concorrido ou concorra com mais de cinquenta por cento do patrimônio ou da receita anual, serão punidos na forma desta lei (BRASIL, 1992, p.1).

A CETESB empresa pública do Estado de São Paulo de economia mista enquadra-se no parágrafo anterior no que se refere a estar sujeita as penalidades da Lei 8429/92.

Art. 2º Reputa-se agente público, para os efeitos desta lei, todo aquele que exerce, ainda que transitoriamente ou sem remuneração, por eleição, nomeação, designação, contratação ou qualquer outra forma de investidura ou vínculo, mandato, cargo, emprego ou função nas entidades mencionadas no artigo anterior (BRASIL, 1992 p.1).

O agente de fiscalização de fumaça preta tem grande responsabilidade nas suas funções uma vez que é o responsável pelas autuações no valor de 60 UFESP podendo este valor ser quadruplicado na reincidência das autuações. Dessa forma devem ser utilizados agentes de fiscalização devidamente treinados para exercício da atividade, considerando que as autuações são realizadas pelo ato de fé pública do agente, daí considera-se o comprometimento que um agente público deva ter com a sua missão para com a sociedade e uma conduta pautada na ética que é solicitada pela CETESB para exercício da função. O agente fiscalizador também é responsável pela constatação da infração podendo ser intimado a comparecer em audiências em juízo, pela busca da conformidade do auto de infração.

No desempenho da fiscalização, o agente permanece exposto às adversidades da função como insultos, xingamentos e hostilidades de possíveis infratores que percebam a ação fiscalizatória e procuram intimidar ou constranger os

agentes no ato da fiscalização. Sendo assim torna-se de grande importância a concentração elevada na ação da fiscalização e um posicionamento para visualização da fumaça preta que mantenha a discriminação, e ao mesmo tempo possa permitir a visualização da emissão de fumaça de forma que não deixe nenhuma dúvida no ato da constatação. É importante para o agente quando da ocorrência de alguma abordagem hostil que tente minimizar e acalmar os ânimos não respondendo aos insultos e explicar de forma clara e objetiva o desempenho da sua função respaldada na legislação.

Deve-se considerar as leis referentes a defesas dos agentes públicos respeitando e protegendo a sua integridade moral, contra insultos, ofensas e xingamentos ou quaisquer outros atos que possam constranger os agentes no exercício da sua função.

Tem-se a seguir as definições que regem as obrigações de funcionário público segundo Decreto-Lei nº 2848, 07/12/40 Código Penal.

Art. 327 - Considera-se funcionário público, para os efeitos penais, quem, embora transitoriamente ou sem remuneração, exerce cargo, emprego ou função pública. § 1º - Equipara-se a funcionário público quem exerce cargo, emprego ou função em entidade paraestatal, e quem trabalha para empresa prestadora de serviço contratada ou conveniada para a execução de atividade típica da Administração Pública. (Incluído pela Lei nº 9.983, de 2000).

Aqueles que atuam em função pública devem ter responsabilidade em suas atividades pois estão sob as penas da lei. Diferentemente dos funcionários que atuam em empresas privadas, os funcionários de empresas públicas estão sujeitos a penas específicas para o exercício da função.

§ 2º - A pena será aumentada da terça parte quando os autores dos crimes previstos neste Capítulo forem ocupantes de cargos em comissão ou de função de direção ou assessoramento de órgão da administração direta, sociedade de economia mista, empresa pública ou fundação instituída pelo poder público. (Incluído pela Lei nº 6.799, de 1980) (BRASIL, 1940)

É importante que o agente exercendo função em cargo público, sempre agir de forma transparente colaborando dessa forma com a sociedade. É imprescindível que aqueles que exerçam funções em empresas públicas possuam uma conduta pautada na ética e em condições tais que exerçam suas atividades de forma idônea garantindo o bom andamento dos trabalhos na administração pública.

Tem-se como ato de improbidade administrativa quando o agente executa de forma ilícita as suas atividades. A lei 8429/92 art.9 parágrafo 1º que cita:

Receber, para si ou para outrem, dinheiro, bem móvel ou imóvel, ou qualquer outra vantagem econômica, direta ou indireta, a título de comissão, percentagem, gratificação ou presente de quem tenha interesse, direto ou indireto, que possa ser atingido ou amparado por ação ou omissão decorrente das atribuições do agente público (BRASIL, 1992, p.2);

O funcionário que recebe vantagens, em virtude do seu cargo cometendo infração está sujeito as penalidades previstas na lei. O funcionário público no exercício da sua função deve ser imparcial e ter autonomia no que se refere ações que se aplicam ao seu cargo.

No Código penal Decreto-Lei nº 2848 de 07 de dezembro de 1940 consta as penas referidos a crimes responsabilizados aos praticantes contra administração pública.

No extravio, sonegação ou inutilização de livro ou documento o artigo 314 descreve que extraviar livro oficial ou qualquer documento, de que tem a guarda em razão do cargo; sonegá-lo ou inutilizá-lo, total ou parcialmente abrange pena reclusão, de um a quatro anos, se o fato não constitui crime mais grave (BRASIL, 1940).

No parágrafo acima é citado a importância dos documentos que se tem acesso e a manipulação e transporte com a responsabilidade de encaminhá-los aos locais de destino garantindo a confiabilidade dos dados inseridos e a transferência dos dados reportando a veracidade dos mesmos.

O artigo 316 refere-se a concussão em que trata-se de exigir, para si ou para outrem, direta ou indiretamente, ainda que fora da função ou antes de assumi-la, mas em razão dela, vantagem indevida que acarreta em pena de reclusão, de dois a oito anos, e multa (BRASIL, 1940).

É de grande importância que os órgãos públicos atuem de forma imparcial buscando sempre a melhoria de seus trabalhos em favor da sociedade, de forma que não sejam considerados atividades em benefícios próprios.

O artigo 317 que trata da corrupção passiva descreve que solicitar ou receber, para si ou para outrem, direta ou indiretamente, ainda que fora da função ou antes de assumi-la, mas em razão dela, vantagem indevida, ou aceitar promessa de tal vantagem gera uma pena de reclusão, de 2 (dois) a 12 (doze) anos, e multa. O § 1º descreve que a pena é aumentada de um terço, se, em consequência da vantagem ou promessa, o funcionário retarda ou deixa de praticar qualquer ato de ofício ou o pratica infringindo dever funcional. Segundo o § 2º o funcionário que pratica, deixa de praticar ou retarda ato de ofício, com infração de dever funcional, cedendo a pedido ou influência de outrem tem como pena detenção, de três meses a um ano, ou multa (BRASIL, 1940).

Algumas funções depositadas em funcionários se tornam de extrema responsabilidade e muitas vezes são confiadas a estes devido aos conhecimentos adquiridos ao longo da experiência profissional, daí se torna essencial o compromisso com a ética realizando um trabalho de qualidade em prol da sociedade. É importante a fiscalização e vistorias verificando a eficácia dos órgãos ambientais. Na CETESB foi implantada uma corregedoria afim de investigar atos irregulares no exercício das atividades, isso se mostra uma

medida positiva afim de oferecer mais segurança a sociedade. A criação de corregedorias eficientes e demais órgãos de auditorias ou verificação do correto andamento dos trabalhos desempenhados pelos órgãos públicos seria de grande valia oferecendo mais transparência e segurança aos cidadãos.

Alternativas de fiscalização em órgãos públicos são de grande importância, a implementação de medidas de controle. Pode ter como alternativa o uso de funcionários com larga experiência criando um corpo que tenha a função de acompanhar o bom andamento de empresas públicas com o objetivo de atender as demandas do bom funcionalismo público.

A seguir são definidas as irregularidades aplicadas ao funcionalismo público:

O artigo 319 se enquadra como prevaricação e descreve que retardar ou deixar de praticar, indevidamente, ato de ofício, ou praticá-lo contra disposição expressa de lei, para satisfazer interesse ou sentimento pessoal tem pena de detenção de três meses a um ano e multa (BRASIL, 1940).

Atualmente o Brasil passa por situações inéditas que referem-se a punição de personagens do serviço público que nunca foram responsabilizado por atos de corrupção, como se tem visto há pouco tempo na PETROBRÁS e demais órgãos. Com diretores, gerentes e indicados políticos sendo responsabilizados. Estes criminosos sendo punidos pelos seus atos são de grande importância para o desenvolvimento do país e também da evolução no que tange as questões ambientais relacionadas a sustentabilidade. É importante que ocorram investigações em setores e funcionários suspeitos e que esses respondam pelos seus atos.

O artigo 328 refere-se a usurpação do exercício de função pública tem-se detenção, de três meses a dois anos, e multa. Se do fato o agente auferir vantagem tem-se pena de reclusão, de dois a cinco anos, e multa. Pena - detenção, de três meses a dois anos, e multa (BRASIL, 1940).

O agente público tem compromisso com a sociedade e a população e este não pode tirar benefícios da função em benefício próprio.

Art. 333 que corresponde a corrupção ativa define-se em oferecer ou prometer vantagem indevida a funcionário público, para determiná-lo a praticar, omitir ou retardar ato de ofício. Tem como pena reclusão, de 2 (dois) a 12 (doze) anos, e multa. . (Redação dada pela Lei nº 10.763, de 12.11.2003). Paragrafo único A pena é aumentada de um terço, se, em razão da vantagem ou promessa, o funcionário retarda ou omite ato de ofício, ou o pratica infringindo dever funcional (BRASIL, 1940).

É extremamente necessário que a lei contra corrupção seja aplicada ao funcionalismo público. É importante que os setores possuam supervisões contra qualquer tentativa de corrupção, e que se encontrado algum indício seja

aberta investigação. Para o bom andamento da empresa pública é importante que as regras e leis sejam para todos e que todos a cumpram respeitando seu compromisso com a sociedade.

## 5.5 FISCALIZAÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES

As fontes móveis de poluição do ar de uso terrestre, como os veículos movidos a diesel caracterizam-se por serem poluidoras, e dessa forma necessitam ações da CETESB, para controle desses poluentes o que ocorre no estado de São Paulo.

A fiscalização realizada pelos agentes da CETESB referente a fumaça preta de veículos diesel é realizada com o veículo em circulação não sendo necessária abordagem do mesmo para aplicação de multa, conforme estabelecido no artigo 32 do Regulamento da Lei Estadual 997/76, aprovado pelo Decreto 8468/76 e na NBR 6016.

Na **figura 24** apresenta-se um agente da CETESB portando a Escala de Ringelmann, realizando fiscalização.

**Figura 24 - Fiscalização de fumaça preta realizada por agente da CETESB.**



Fonte: AMBIENTE (2015)

Na **figura 24** tem-se um agente de fiscalização na rodovia realizando fiscalização de fumaça preta em veículo diesel, segurando a Escala de Ringelmann apontando para o escapamento do veículo observando a tonalidade da fumaça emitida.

Quando constatada a infração, o veículo diesel é autuado sendo que a multa tem um caráter educativo e voltado a preocupação com o meio ambiente e reparação do veículo. Dessa forma o PMMVD (Programa de Manutenção e Melhoria de Veículos a Diesel) possibilita ao infrator quando autuado, a possibilidade de realizar a manutenção em seu veículo e posteriormente realizar o teste de opacidade em uma das oficinas ou organismos de inspeção credenciados pela CETESB.

Cada veículo possui seu limite de opacidade, e quando realizado o teste se o mesmo estiver igual ou abaixo deste limite é concedido ao infrator um desconto de 70% do valor da multa de 60 UFESP quando da primeira infração. Se no período de um ano o infrator receber outra multa o valor é dobrado não sendo possível a concessão do desconto, podendo este valor multiplicar-se até quatro vezes o valor da primeira multa em um período de um ano.

São indispensáveis para realização da constatação de fumaça preta o veículo estar a uma distância de 20 a 50 metros do agente para possível avaliação da emissão, colocar-se em uma posição que não ocorra a incidência de raios solares diretamente nos olhos, comparar a tonalidade da fumaça emitida pelo veículo com as cores presentes na Escala de Ringelmann através do orifício presente na mesma, se a cor da fumaça for superior ao padrão 2 da Escala de Ringelmann e persistir por mais de cinco segundos o mesmo deve ser autuado. As condições de avaliação no local devem oferecer uma boa condição de fluidez, e também não deve haver obstáculos na via como valetas, semáforos, lombadas ou quaisquer dispositivos que interrompam o funcionamento regular de veículos, provocando arrancadas ou trocas de marchas.

Na **figura 25** apresenta-se a Escala de Ringelmann utilizada para fiscalização de emissão de veículos diesel.

**Figura 25 - Escala de Ringelmann**



Fonte: CETESB (2017)

Na **figura 25** tem-se a Escala de Ringelmann com sua parte frontal e posterior com suas diferentes colorações e as instruções para seu uso, também consta a Norma CETESB, legislação estadual, legislação federal e NBR-6026.

A Escala de Ringelmann reduzida é um instrumento para avaliação colorimétrica visual, constituída de um cartão com tonalidades de cinza correspondentes aos padrões de 1 a 5 da escala de Ringelmann, impressas com tinta preta sobre fundo branco fosco e em reticulado de tamanho suficientemente pequeno de modo a serem vistas com coloração uniforme à distância de 40 cm. (NBR 6016/1986, p.2).

Diversos podem ser os locais para fiscalização de fumaça preta, desde trechos localizados em áreas residenciais ou urbanas quanto às principais vias como rodovias (estaduais ou federais) e avenidas.

É importante frisar que as condições em que os veículos sejam avaliados, ofereçam um regime de carga no motor, a partir daí procura-se realizar fiscalizações preferencialmente em locais que ofereçam um aclave para observação do veículo pela Escala de Ringelmann.

### **5.5.1 Operação Inverno**

Uma das principais ações da Operação Inverno consiste em um megacomando realizado pelas agências da CETESB em todo o estado de São Paulo na fiscalização de fumaça preta dos veículos diesel, além disso também são realizados comandos independentes pelas agências ambientais. Essa fiscalização se dá nos meses de inverno onde a qualidade do ar se torna precária devido a falta de chuvas, tornando o ar mais seco e agregando um maior número de poluentes.

Nos pontos determinados são realizadas fiscalizações de fumaça preta pelos agentes credenciados da CETESB em conjunto com a Polícia Estadual e em alguns pontos como rodovias federais, a Polícia Rodoviária Federal que oferece segurança aos agentes. Também é realizada a contagem dos veículos, que consiste na somatória do total de veículos diesel e o número total de veículos desconformes. Em alguns pontos são realizadas abordagens aos veículos fornecendo auto de infração no momento da autuação. Informações sobre conscientização com os cuidados que se deve ter com os veículos e formas de manutenção preventiva também são fornecidas durante a Operação Inverno, com panfletagens e divulgação pela mídia.

### **5.5.2 Fiscalização de ARLA 32**

Arla 32 consiste em uma solução de uréia de alta pureza diluída em água com concentração de 32,5% fabricada com água desmineralizada.

A obrigatoriedade do uso do reagente ARLA 32, originou-se na fase P7 do PROCONVE onde os veículos diesel fabricados a partir de 2012 foram equipados com o sistema SCR (*Selective Catalytic Reduction* ou Catalisador de Redução Seletiva) devendo utilizar este sistema que consiste na injeção do

reagente ARLA 32, nos gases de escape formando uma reação química que diminua a emissão de NO<sub>x</sub>.

### 5.5.2.1 Emuladores

Alguns proprietários de veículos acreditam que a utilização do ARLA 32, ocasiona um aumento de gastos, sendo assim fraudes no sistema SCR podem ser utilizadas como a utilização de emuladores que burlam o sistema, que quando utilizado corretamente deve diminuir a potência do caminhão em 40%, se o veículo estiver circulando sem o reagente ARLA 32. Este sistema é inibido quando há falta do reagente no tanque de ARLA 32, e permite que o veículo trafegue normalmente como se estivesse utilizando o reagente.

Outra forma de realizar a fraude de ARLA 32 é retirando o fusível da caixa de comando que corresponde ao sistema de proteção do SCR, o que permite que em alguns modelos de caminhões o mesmo não perca a potência de 40% como deveria. Na **figura 26** apresenta-se diversos emuladores apreendidos em fiscalização do ARLA 32.

**Figura 26 - Emuladores de ARLA 32**



Fonte: Tudo sobre Chapecó *apud* CETESB (2017, p.11)

Na **figura 26** apresenta-se o emulador que consiste em um equipamento eletrônico, que é ligado a parte elétrica do veículo que inibe a detecção de falha do sistema do ARLA 32, permitindo que o veículo trafegue normalmente sem a utilização do reagente ARLA 32 e sem perda de potência do veículo.

### 5.5.2.2 Adulteração de água do ARLA 32

Outra forma de fraude do ARLA 32 é a utilização de água mineral ou potável, comprometendo o sistema emissão de gases, podendo danificá-lo causando corrosão e danificando o catalisador que gera um alto custo ao proprietário do veículo para a manutenção. Para detectar esta fraude é utilizado um reagente indicador chamado negro de eriocromo-T que consiste em manter a coloração da solução de ARLA 32 em azul quando o mesmo for preparado com água desmineralizada, a água ideal, ou rosa quando for preparada com água mineral ou potável comprovando dessa forma a fraude do reagente ARLA 32. Na **figura 27** apresenta-se um teste de adulteração do ARLA 32.

**Figura 27 - Teste de adulteração de água do Arla 32**



Fonte: GLOBO (2016)

Na **figura 27** apresenta-se um teste de ARLA 32. O teste é simples e realizado utilizando uma alíquota de 50 ml do reagente do tanque de arla 32 e adicionando algumas gotas do reagente negro de eriocromo-T se a solução se mantém azul o veículo está aprovado, e quando a solução se mantém rosa o veículo é reprovado e multado.

### 5.5.2.3 Concentração da uréia

O teste de concentração de uréia presente na amostra consiste em colocar algumas gotas do reagente ARLA 32 e adicionar no prisma do refratômetro digital, quando esta solução se manter entre 30 a 35% o mesmo é considerado aprovado, e quando se manter fora desta faixa é reprovado e o veículo é multado. Na **figura 28** apresenta-se um refratômetro digital.

**Figura 28 - Refratômetro Digital**



Fonte: ATAGO *apud* CETESB (2017)

Na **figura 28** tem-se o refratômetro digital apresentando concentração de 32,5% que estaria em conformidade em situação de fiscalização da solução de ARLA 32.

## 5.6 INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS EM USO

A Inspeção Veicular é uma forma de controle das emissões dos veículos e as boas condições de manutenção dos veículos que circulam pelos municípios de São Paulo. É uma forma de manter os veículos regulados fazendo que seus proprietários mantenham a manutenção dos veículos em dia e de acordo com os limites de emissões.

No Brasil, a Resolução CONAMA 418/2009 é uma das principais ferramentas legais no âmbito da regulamentação das emissões de veículos em uso. Além de estabelecer critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos

órgãos ambientais competentes, a referida resolução determina os limites de emissão e os procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. Dentre os limites de emissão, destacam-se aqueles vinculados à opacidade da fumaça emitida por veículos do Ciclo Diesel (BURIGO, 2016, p. 2).

Alguns limites de emissões e alguns itens a serem vistoriados estão presentes na Resolução CONAMA 418/2009. Atualmente novos itens seriam importantes a serem acrescentados para Inspeção e Manutenção de Veículos em uso e também a leitura de outros poluentes a serem avaliados para controle de emissões.

“Duas medidas, porém, tiveram declaradamente como objetivo a redução da poluição atmosférica. Foram elas o rodízio de carros em São Paulo e o Programa de Inspeção Veicular no Rio de Janeiro” (MENDES, 2004, p.61).

Medidas importantes para manutenção da qualidade do ar foram tomadas em dois grandes estados do país, no município de São Paulo durante cinco anos foi implantado o Programa de Inspeção Veicular. Por um lado foi uma boa iniciativa visto que reduziu as emissões consideravelmente e manteve os veículos em boas condições de manutenção, por outro lado há de se considerar que essa medida seria melhor, se contemplasse os municípios vizinhos do município de São Paulo. Uma crítica a esse programa foi a de que havia evasão de veículos que fariam o licenciamento em outros municípios para evitar a obrigatoriedade da inspeção.

Na **figura 29** apresenta-se uma técnica realizando a inspeção veicular em veículo.

**Figura 29 - Técnica realizando inspeção veicular**



Fonte: R7 (2017)

Na **figura 29** observa-se uma técnica realizando inspeção veicular no motor do veículo, vazamentos aparentes, emissão de fumaça por encanamentos, mangueiras ressecadas, alterações no sistema de escapamento ou outras razões que podem interferir no funcionamento regular do veículo podem resultar na reprovação do veículo antes mesmo de ser realizado o teste de emissões.

O teste de emissões consiste em realizar a leitura dos gases pré-estabelecidos pela Resolução 418/2009 que estabelece que os gases HC e CO, sejam verificados para inspeção veicular diluição, velocidade angular do motor e ruído para os veículos com motor do ciclo Otto e opacidade de fumaça preta e ruído para os veículos com motor do ciclo Diesel. Os métodos deverão ser revisados num futuro próximo para que a inspeção de veículos diesel seja feita também incluindo a inspeção do ARLA 32 para veículos da fase P7 do PROCONVE, o que ainda não é previsto pela legislação vigente.

Na tabela 10 são apresentados o ano-modelo dos veículos com os respectivos limites para monóxido de carbono.

**Tabela 10 - Monóxido de Carbono corrigido-CO em Marcha Lenta e 2500 rpm para veículos automotores com motor do ciclo Otto.**

Ano de fabricação	Limites de CO <sub>corrigido</sub> (%)			
	Gasolina	Álcool	Flex	Gás Natural
Todos até 1979;	6,0	6,0	-	6,0
1980-1988	5,0	5,0	-	5,0
1989	4,0	4,0	-	4,0
1990 e 1991	3,5	3,5	-	3,5
1992-1996	3,0	3,0	-	3,0
1997-2002	1,0	1,0	-	1,0
2003 a 2005	0,5	0,5	0,5	1,0
2006 em diante	0,3	0,5	0,3	1,0

Fonte: Resolução CONAMA 418 (2009, p.8)

Obs.: Para os casos de veículos que utilizam combustível líquido e gasoso, serão considerados os limites de cada combustível.

Na **tabela 10** tem-se um limite para CO maior para os veículos com mais tempo de uso e mais restritivo para os veículos mais novos, isto está relacionado com a tecnologia empregada nos veículos mais velhos, onde a emissão é maior, comparados aos mais novos.

Na tabela a 11 são apresentados o ano-modelo dos veículos com os respectivos limites para Hidrocarbonetos.

**Tabela 11 - Limites máximos de emissão de HC<sub>corrigido</sub>, em marcha lenta e a 2500 rpm para veículos com motor ciclo Otto.**

Ano de fabricação	Limites de HC <sub>corrigido</sub> (ppm de hexano)			
	Gasolina	Álcool	Flex	Gás Natural
Até 1979;	700	1100	-	700
1980-1988	700	1100	-	700
1989	700	1100	-	700
1990 e 1991	700	1100	-	700
1992-1996	700	700	-	700
1997-2002	700	700	-	700
2003 a 2005	200	250	200	500
2006 em diante	100	250	100	500

Fonte: Resolução CONAMA 418 (2009 p.8)

Obs.: Para os casos de veículos que utilizam combustíveis líquido e gasoso, serão considerados os limites de cada combustível.

Na **tabela 11** tem-se os limites de HC para veículos a gasolina, álcool, flex e gás natural como ocorre para os limites de CO. O limite de emissão para os veículos mais velhos é maior quando comparados aos veículos mais novos por terem uma tecnologia menos avançada.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo Geral**

- Criar índice que estabeleça uma relação entre a incidência de veículos diesel não conformes, quanto à emissão de fumaça preta, e a intensidade de fiscalização desse poluente pela CETESB na Região Metropolitana de São Paulo nos diversos locais de fiscalização.

### **6.2 Objetivos específicos**

- Mostrar através de revisão bibliográfica, a relação das emissões de veículos diesel com as doenças que acometem as pessoas em razão desse tipo de poluente.
- Propor forma de utilização do índice obtido no Objetivo, na gestão da fiscalização de fumaça preta.



de São Paulo, sendo que alguns pontos estão localizados em algumas rodovias como a Rodovia Raposo Tavares e Rod. Presidente Dutra. Essa localização está relacionada com as condições de fiscalização da via, levando-se em conta a condição favorável da via em conjunto com as condições de permanência no local com segurança, em relação ao trânsito.

A fiscalização pode ser realizada por pontos fixos ou percursos. Quando realizada em pontos fixos ocorrem por um determinado período em determinado local. Em percurso não é considerado o tempo (período) da fiscalização.

Os dados são registrados em planilha eletrônica, incluindo os locais de fiscalização, o modo de ação (se a fiscalização é em ponto fixo ou em percurso), a quantidade de agentes e o período em que é realizada a fiscalização. Na **figura 31** apresenta-se a planilha eletrônica dos locais de fiscalização.

Figura 31 - Planilha eletrônica dos locais de fiscalização

FISCALIZAÇÃO - Entrada											
Setor de Controle de Emissões de Veículos em Uso											
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Prédio 10 - Alto de Pinheiros - São Paulo/SP - Tel. (11) 0333-3636											
					Local de fiscalização (Planejado)		Fiscalização (Realizado)				
Data	Dia da semana	Período	Técnico 01	Técnico 02	Local/Roteiro	Município	Local/Roteiro	Município	Código	Multas lavradas	Observação
18/09/2016	SEG	T			ROD ANCHIETA	SÃO BERNARDO DO CAMPO	ROD ANCHIETA	SÃO BERNARDO DO CAMPO	0635	10	
19/09/2016	TER	M			ROD RODDANEL KM 21 SUL	CARAPICUB	ROD BANDERANTES KM 26 NORTE	SÃO PAULO	0100	06	
19/09/2016	TER	M			ROD ANHANGUERA KM 20/32	CAJAMAR	ROD ANHANGUERA KM 20/32 NORTE	CAJAMAR	0241	18	
20/09/2016	QUA	M			ROD RODDANEL TRECHO SUALESTE	SÃO BERNARDO DO CAMPO	ROD RODDANEL TRECHO SUALESTE	SÃO BERNARDO DO CAMPO	0635	05	
20/09/2016	QUA	M			VIADUTO MIGUEL MOFARREJ	SÃO PAULO	AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	0100	20	
20/09/2016	QUA	T			ROD ANHANGUERA KM 20/32	CAJAMAR	ROD ANHANGUERA KM 20/32 NORTE	CAJAMAR	0241	21	
22/09/2016	SEX	T			ROD ANCHIETA KM 17 SUL	SÃO BERNARDO DO CAMPO	ROD ANCHIETA KM 17 SUL	SÃO BERNARDO DO CAMPO	0635	25	
26/09/2016	TER	T			ROD FERNAO DIAS KM 68/70 SUL	MAIRIPORA	ROD FERNAO DIAS KM 68/70 SUL	MAIRIPORA	0433	23	
26/09/2016	TER	T			AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	0100	03	
26/09/2016	TER	T			AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	0100	12	
27/09/2016	QUA	M			AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	AV DR GASTAO VIDIGAL 2037	SÃO PAULO	0100	34	
27/09/2016	QUA	T			ROD PRESIDENTE CASTELO BRANCO KM 38/39 LESTE	ITAPEVI	ROD PRESIDENTE CASTELO BRANCO KM 38/39 LESTE	ITAPEVI	0373	20	
27/09/2016	QUA	T			ROD ANCHIETA	SÃO BERNARDO DO CAMPO	ROD ANCHIETA	SÃO BERNARDO DO CAMPO	0635	03	
28/09/2016	QUI	T			AV JOAO RAMALHO 964	SÃO PAULO	AV JOAO RAMALHO 964	SÃO PAULO	0100	25	
29/09/2016	QUA	T			ROD RODDANEL KM 21 SUL	CARAPICUB	ROD RODDANEL KM 21 SUL	CARAPICUB	0295	07	
29/09/2016	SEX	M			ROD FERNAO DIAS KM 61 NORTE	MAIRIPORA	ROD FERNAO DIAS KM 61 NORTE	MAIRIPORA	0433	14	
29/09/2016	SEX	T			AV SALIM FARAH MALLUF 5000	SÃO PAULO	AV SALIM FARAH MALLUF 5000	SÃO PAULO	0100	29	
29/09/2016	SEX	T			ROD RODDANEL KM 21 SUL	CARAPICUB	ROD RODDANEL KM 21 SUL	CARAPICUB	0295	25	
29/09/2016	SEX	T			AV SALIM FARAH MALLUF 5000	SÃO PAULO	AV SALIM FARAH MALLUF 5000	SÃO PAULO	0100	11	
29/09/2016	SEX	M			ROD PRESIDENTE OUTRA KM 228 SUL	SÃO PAULO	ROD PRESIDENTE OUTRA KM 228 SUL	SÃO PAULO	0100	20	
29/09/2016	SEX	M			ROD RODDANEL TRECHO SUALESTE	SÃO BERNARDO DO CAMPO	ROD RODDANEL TRECHO SUALESTE	SÃO BERNARDO DO CAMPO	0635	09	

Fonte: Elaboração própria (2017)

A amostragem compreendeu o período de fiscalização entre os meses de janeiro a agosto do ano de 2016. Foi feita uma comparação levando em conta o tempo de fiscalização feita em um determinado ponto, e o número de constatações de veículos com emissão excessiva de fumaça preta de forma a obter um quociente ou índice de eficiência. Para essa comparação foi considerado um mínimo de três autuações para cada período de fiscalização, e ao menos dois dias no mínimo de fiscalização em cada ponto, descartado a primeira e última autuação de cada dia de fiscalização, desconsiderando o tempo que o agente estaria levando até a primeira autuação e o tempo que o

agente ultrapassou na fiscalização após a última autuação. Foram desconsiderados os dias em que houve fiscalização no âmbito da operação Inverno por ser um período atípico de fiscalização. Alguns dias não foram considerados no trabalho, devido a atipicidades no dia da fiscalização, como um intervalo maior na fiscalização ou algum local que não é necessariamente um ponto fixo de fiscalização. Após a obtenção dos dados das autuações que estariam dentro do critério da pesquisa, foi criada uma tabela contendo a data da fiscalização, o local, o horário da primeira autuação, e o horário da última autuação, o tempo descrito em minutos, o número de veículos desconformes em cada dia e o índice de eficiência de cada dia.

**Tabela 12 - Índice de eficiência**

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
Nº de multas e tempo de fiscalização				X	X	
<b>Índice de eficiência</b>						X

Fonte: Elaboração própria (2018)

Após reunir todos os dias de fiscalização em determinado local foram somados os números de autuações em cada data e o tempo utilizado na fiscalização.

Todos os locais apresentam condições técnicas adequadas para realização da fiscalização de fumaça preta de veículos diesel.

O índice de eficiência determinado a partir dos dados obtidos pode ser expresso como:

$$\text{índice de eficiência} = \frac{\text{número de constatações}}{\text{tempo de fiscalização (minutos)}}$$

onde:

- número de constatações é a quantidade de veículos não conforme que foram observados.

- tempo de fiscalização é o período que o agente da CETESB permaneceu no local, medido em minutos.

A unidade é, portanto, expressa em constatações por minuto.

Esse índice foi comparado entre os pontos fiscalizados, classificando os locais de acordo com a maior ou menor índice de eficiência de fumaça preta de veículos diesel.

Foram utilizados os dados dos números de multas dos veículos diesel informado pelo departamento de informática da CETESB o que inclui os respectivos registros das autuações dos agentes, com horário, data e local. Após isso foram construídas tabelas distribuindo os locais de fiscalização com horário e número de desconformidade, e então foram calculados os índices de eficiência de cada ponto. Todos os dados estão apresentados nas tabelas do ANEXO A.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

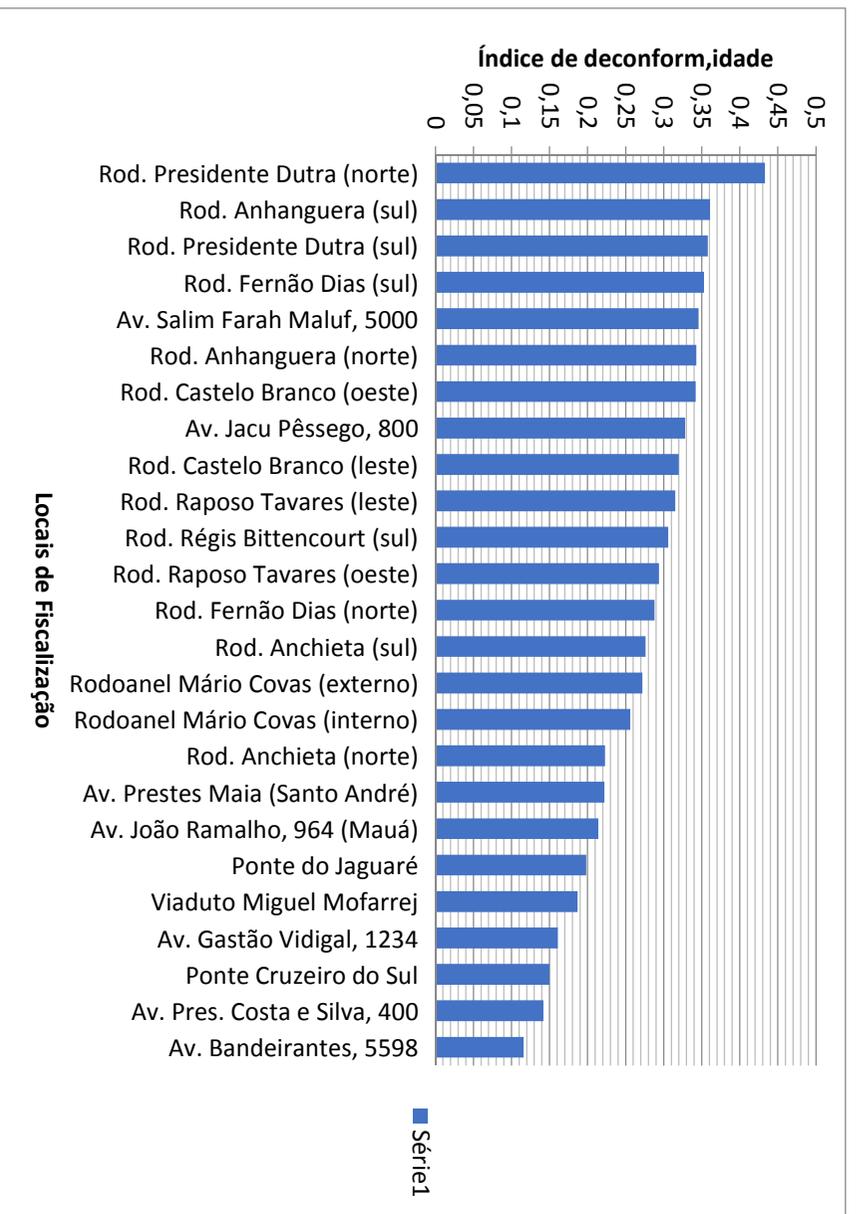
Apresenta-se a **Tabela 13** e o **Gráfico 3** de todos os locais utilizados pela fiscalização e seus respectivos índices de eficiência.

**Tabela 13 – Índice de eficiência por ponto de fiscalização**

Locais	Índice de eficiência (const/min)
Rod. Presidente Dutra (norte)	0,434
Rod. Anhanguera (sul)	0,362
Rod. Presidente Dutra (sul)	0,359
Rod. Fernão Dias (sul)	0,353
Av. Salim Farah Maluf, 5000	0,346
Rod. Anhanguera (norte)	0,343
Rod. Castelo Branco (oeste)	0,342
Av. Jacu Pêssego, 800	0,328
Rod. Castelo Branco (leste)	0,320
Rod. Raposo Tavares (leste)	0,315
Rod. Régis Bittencourt (sul)	0,306
Rod. Raposo Tavares (oeste)	0,294
Rod. Fernão Dias (norte)	0,288
Rod. Anchieta (sul)	0,276
Rodoanel Mário Covas (externo)	0,272
Rodoanel Mário Covas (interno)	0,256
Rod. Anchieta (norte)	0,223
Av. Prestes Maia (Santo André)	0,222
Av. João Ramalho, 964 (Mauá)	0,214
Ponte do Jaguaré	0,198
Viaduto Miguel Mofarrej	0,187
Av. Gastão Vidigal, 1234	0,161
Ponte Cruzeiro do Sul	0,150
Av. Pres. Costa e Silva, 400	0,142
Av. Bandeirantes, 5598	0,116

Fonte: Elaboração própria (2018)

Gráfico 3 - Locais de Fiscalização x Índice de eficiência



Fonte: Elaboração própria (2018)

Para facilitação da visualização e interpretação dos dados, foi criada uma proporção, dividindo-se os índices de eficiência obtidos, pelo menor deles e a seguir arredondando-se os valores obtidos para o número inteiro. Esse número obtido indica, a grosso modo, quantas vezes um local é mais eficiente em termos de constatação em relação ao local de menor eficiência.

Na **tabela 14** apresenta-se os locais de fiscalização, os índices de eficiência e as proporções calculadas.

**Tabela 14 – Locais de fiscalização e proporção obtida de acordo com índices de eficiência.**

Locais	Proporção	Índice de eficiência (const/min)
Rod. Presidente Dutra (norte)	1:4	0,434
Rod. Anhanguera (sul)	1:3	0,362
Rod. Presidente Dutra (sul)	1:3	0,359
Rod. Fernão Dias (sul)	1:3	0,353
Av. Salim Farah Maluf, 5000	1:3	0,346
Rod. Anhanguera (norte)	1:3	0,343
Rod. Castelo Branco (oeste)	1:3	0,342
Av. Jacu Pêssego, 800	1:3	0,328
Rod. Castelo Branco (leste)	1:3	0,320
Rod. Raposo Tavares (leste)	1:3	0,315
Rod. Régis Bittencourt (sul)	1:3	0,306
Rod. Raposo Tavares (oeste)	1:3	0,294
Rod. Fernão Dias (norte)	1:3	0,288
Rod. Anchieta (sul)	1:3	0,276
Rodoanel Mário Covas (externo)	1:3	0,272
Rodoanel Mário Covas (interno)	1:3	0,256
Rod. Anchieta (norte)	1:2	0,223
Av. Prestes Maia (Santo André)	1:2	0,222
Av. João Ramalho, 964 (Mauá)	1:2	0,214
Ponte do Jaguaré	1:2	0,198
Viaduto Miguel Mofarrej	1:2	0,187
Av. Gastão Vidigal, 1234	1:2	0,161
Ponte Cruzeiro do Sul	1:2	0,150
Av. Pres. Costa e Silva, 400	1:1	0,142
Av. Bandeirantes, 5598	1:1	0,116

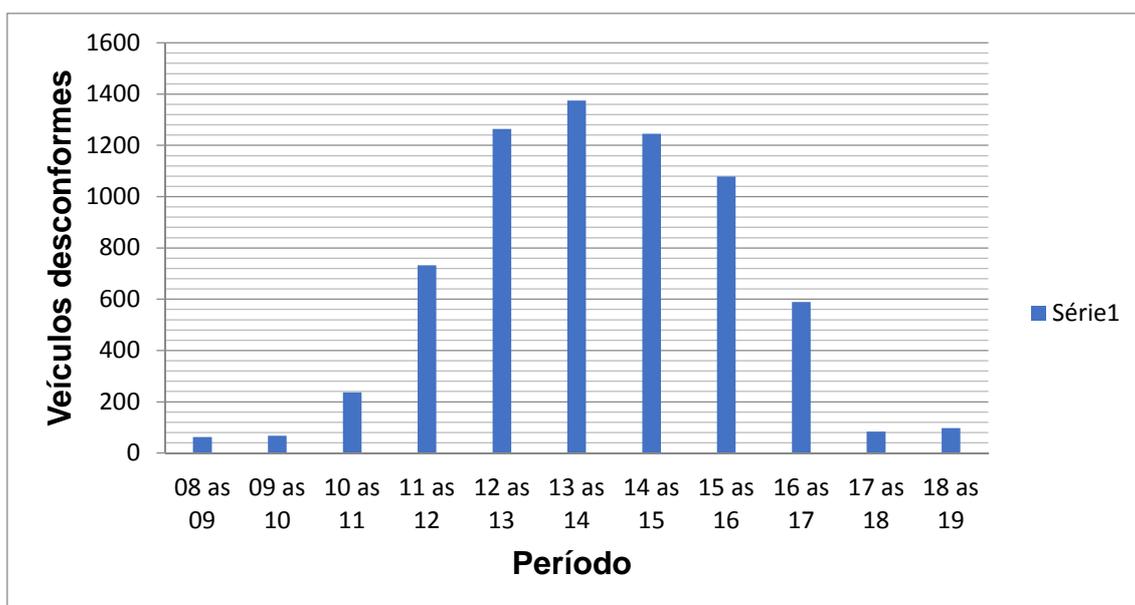
Fonte: Elaboração própria (2018)

Os números obtidos poderiam ser utilizados na alocação dos recursos humanos usados na fiscalização. Poderiam ser atribuídos aos locais de fiscalização números de dias proporcionais aos índices de eficiência por exemplo, na Rod. Presidente Dutra (norte) seriam 4 dias, na Rodovia Anhanguera (sul), Rod. Presidente Dutra (sul) e Rod. Fernão Dias (sul) seriam 3 dias de acordo com os índices obtidos, e assim sucessivamente.

Dessa forma poderiam ser otimizados os esforços de fiscalização de uma forma baseada nos índices de eficiência encontrados nos locais de fiscalização.

O ponto de fiscalização da Rodovia Presidente Dutra sentido norte com um índice de 0,434 foi o que apresentou maior índice de eficiência. Isso pode estar associado ao grande fluxo de veículos que transita por essa rodovia. Em segundo lugar temos a Rodovia Anhanguera (sent. sul) com um índice de 0,362. Na área urbana a Av. Salim Farah Maluf também apresentou um significativo índice de eficiência. Outros locais apresentaram um índice menor como a Av. dos Bandeirantes, 5598 e Av. Presidente Costa e Silva nº 400, mas não menos importante por estar próximos a residências e encontrarem-se em áreas urbanas onde ocorre impacto dos poluentes sobre a saúde das pessoas. O **gráfico 4** mostra a distribuição do número de constatações totais no período de janeiro a agosto de 2016 em função do horário do dia, divididos em períodos de uma hora cada entre 08h e 19h.

**Gráfico 4 – Veículos desconformes x período**



Fonte: Elaboração própria (2018)

Nota-se que o período da tarde foi o que apresentou maior número de constatações sendo o horário das 13:00 as 14:00 o mais crítico seguido pelo horário das 12:00 as 13:00, bem próximo ao horário das 14:00 as 15:00. Isso pode estar relacionado com a frequência de horários que os agentes costumam utilizar em seu trabalho diário ou também pode apontar um maior fluxo de veículos nesse período, sendo que grande parte dos veículos trafegam após o horário de restrição de caminhões que é um fator importante a se considerar para essa fiscalização no município de São Paulo.

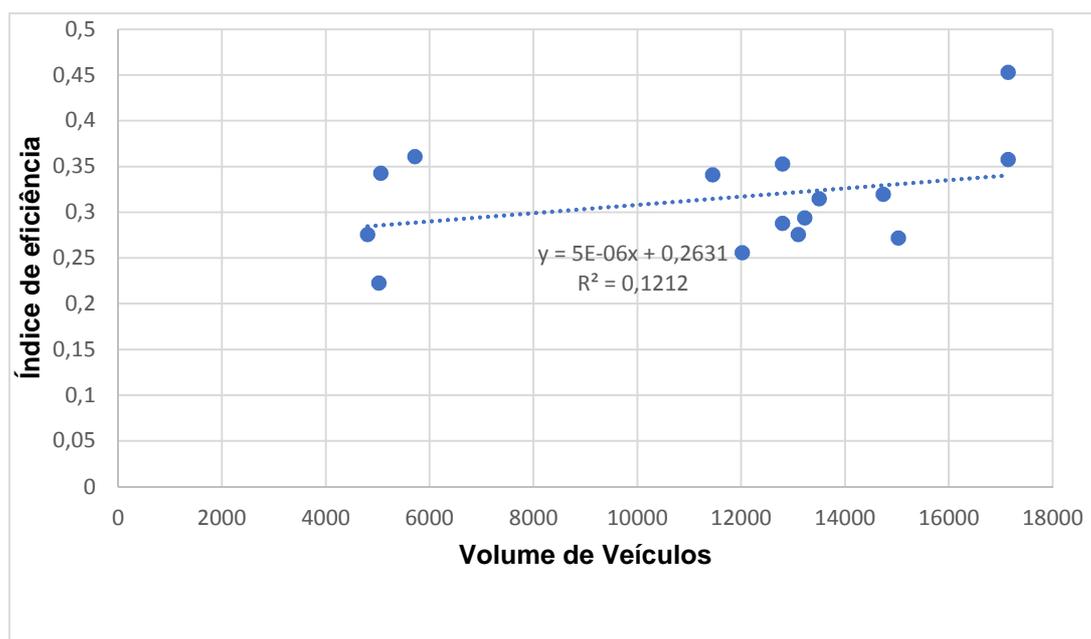
**Tabela 15 – Número de multas e tempo de fiscalização por agente**

Agente	Nº de multas	Tempo de fiscalização (min.)
1	2795	9734
2	412	2384
3	243	931
4	80	390

Fonte: Elaboração própria (2018)

Observando o número de multas por agente, o agente 1 manteve-se mais tempo em fiscalização quando comparado a outros agentes, realizando maior número de autuações. Nota-se que, apesar das grandes diferenças tanto no número de multas quanto no tempo utilizado por cada agente no período estudado, a eficiência na fiscalização não é muito diferente. Pode-se aplicar aqui a mesma relação feita para o total de constatações, para obtenção do índice de eficiência. Fazendo isso, temos um índice de eficiência por agente igual a 0,282, 0,173, 0,261 e 0,205 respectivamente para os agentes identificados com os números 1 a 4.

Poderia acontecer de o índice de eficiência calculado poder ser afetado diretamente pelo volume do tráfego em cada um dos locais de fiscalização. Para verificar essa possibilidade fez-se uma comparação entre esses dois parâmetros, para os pontos em que puderam ser obtidos os dados de volume de tráfego. O gráfico 5 mostra a dispersão dos valores encontrados.

**Gráfico 5 – Correlação entre o volume de tráfego e o índice de Eficiência**

Fonte: Elaboração própria (2018, baseado na ANTT, 2014 e DER, 2017)

Para a construção do **gráfico 5** utilizou-se o volume diário médio das rodovias do estado de São Paulo obtidas no site do DER (DER, 2017) próximos as praças de pedágio. Para as rodovias federais utilizou-se os dados de volume médio dos veículos do relatório da ANTT do ano de 2013, (ANTT, 2014) também próximos a praças de pedágio dos locais de fiscalização, obtendo uma estimativa dos números de veículos que passam por essas rodovias. Foram considerados os mesmos números de veículos para os sentidos norte e sul das Rodovias Presidente Dutra e Rodovia Fernão Dias.

De acordo com o **gráfico 5** observa-se que há uma grande dispersão nos valores. A linha de tendência obtida apresenta um coeficiente de correlação muito baixo indicando baixa correlação entre o volume de tráfego e o índice de eficiência.

## 9 CONCLUSÃO

No trabalho apresentado conclui-se que algumas medidas são de grande importância para diminuição da poluição e consequentes benefícios para a saúde da população.

A manutenção preventiva faz com que os veículos mantenham-se em boas condições de uso, aliado a renovação da frota, e às medidas de melhoria da qualidade dos combustíveis como redução do teor de enxofre no diesel, foram de grande importância para a diminuição dos níveis de emissão de poluentes.

O Brasil é rico em recursos naturais e energias renováveis. O estímulo a outras fontes de energia como na utilização de veículos elétricos seria de grande valia desde que sua fonte de energia partisse de matrizes de energia limpa. Incentivos para o estímulo de compra de veículos elétricos também seriam benéficos ao meio ambiente.

A composição do poluente pode variar de acordo com os compostos presentes no combustível, além dos formados na combustão do motor.

O controle da emissão de Material de Particulado em conjunto com outros poluentes é de extrema importância, conforme apresentado neste trabalho, o incremento na concentração de MP é diretamente proporcional ao aumento no índice de óbitos e internações.

Programas de controle como o PROCONVE mostram-se de muita importância e seu avanço requer discussões envolvendo diversas áreas como saúde, sociedade, técnicos, indústria e órgãos regulamentadores.

Dispositivos como Sensoriamento Remoto, podem ser implementados nos pontos de fiscalização como auxiliar no trabalho de fiscalização de emissão de poluentes, assim como a utilização de equipamentos que realizem o monitoramento de poluentes ainda não controlados que possam afetar a saúde da população.

Nesse cenário é necessário também que sejam implantados Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em uso, que contribuem substancialmente para que os veículos mantenham-se em condições adequadas de uso auxiliando assim no controle ambiental.

De acordo com índices de eficiência obtidos conclui-se que, embora a fiscalização esteja sendo feita em locais adequados, em que as condições necessárias para uma correta constatação sejam atendidas, pode-se optar pela ponderação dos recursos existentes no gerenciamento da ação de fiscalização. Uma possibilidade poderia ser a de se intensificar a fiscalização nos locais com maior índice de eficiência encontrados.

Propõe-se como sugestão os números de dias para fiscalização de acordo com a proporção apresentada no trabalho para os períodos de dias de fiscalização, obtendo uma forma mais distribuída de acordo com os locais em que foram constatadas o maior número de desconformidades em função do tempo de fiscalização.

## REFERENCIAIS

AFONSO, Joana; PIO, C.; OLIVEIRA, T. **Avaliação da determinação de carbono orgânico e carbono negro por um método termo óptico**. In: Actas da 8ª Conferência Nacional do Ambiente, p. 27-29. Lisboa, Portugal, 2004. Disponível em: <[www.cesam.ua.pt/files/Afonso%20CNA04.pdf](http://www.cesam.ua.pt/files/Afonso%20CNA04.pdf)>. Data de acesso: 28/12/2016.

ALVES, Célia. **Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica**. Química nova, v. 28, n. 5, p. 859-870, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n5/25916.pdf>>. Data de acesso: 28/12/2016.

AMARAL, Maria Djanira; Piubeli Francine Amaral. **A poluição atmosférica interferindo na qualidade de vida da sociedade**. X Simpósio de Engenharia de Produção, dezembro 10-12, Bauru: UNESP, 2003. Disponível em: <[http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo\\_24.pdf](http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_24.pdf)>. Data de acesso: 14/12/2016.

AMBIENTE. **CETESB multa 1.061 veículos em megacomando contra fumaça preta**. 08/2015 Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/2015/08/13/cetesb-multa-1-061-veiculos-em-megacomando-contra-fumaca-preta-nas-principais-estradas-do-estado/>>. Data de acesso: 14/02/2017.

AMORIM, Raquel Inácio. **Mobilidade urbana: o uso da bicicleta como estratégia de enfrentamento ao stress e ansiedade causado pelo trânsito**. 2014 Monografia apresentada ao curso de graduação em Psicologia da Universidade Católica de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Psicologia. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/5463/5/Raquel%20In%20a%20Amorim.pdf>>. Data de acesso: 21/07/2017.

Agência Nacional de Transportes Terrestres (Brasil). **Rodovias federais concedidas: relatório 2013 / Agência Nacional de Transportes Terrestres**. Superintendência de Infraestrutura. Gerência de Regulação e Outorga da Exploração de Rodovias. – Brasília : ANTT, 2014. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/rodovias/Relatorios/Relatorios\\_Anuais\\_\\_Rodovias\\_Federais\\_Concedidas.html](http://www.antt.gov.br/rodovias/Relatorios/Relatorios_Anuais__Rodovias_Federais_Concedidas.html)>. Data de acesso: 25/01/2018

APOIOPROJETOS. **Apoio Projetos Engenharia**. Disponível em: <<http://www.apoioprojetos.com.br/filtro-de-mangas.html>>. Data de acesso: 16/02/2017.

ARBEX, Marcos Abdo, 2001. **Avaliação dos Efeitos do Material Particulado Proveniente da Queima da Plantação de Cana-de-Açúcar Sobre a Morbidade Respiratória na População de Araraquara-SP**. Tese apresentada a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Medicina. São Paulo, 2001. Disponível em:



BESSEL, Lucas. **Carro elétrico terá caminho longo e difícil até chegar ao Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/carros/noticias/carro-eletrico-tera-caminho-longo-e-dificil-ate-chegar-ao-brasil-20110807.html>>. Data de acesso: 15/02/2017.

BIERMANN, T. et al. **As hipóteses do impacto de ozônio na ocorrência e tentativas de suicídios**. NCBI, Medical Hypotheses, v. 72, n. 3, p. 338-341, mar. 2009. Disponível em : <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19027246>>. Data de acesso: 23/07/2017

BIOMIL. **BIOMIL Biodiesel**. Disponível em:<<http://biomil.comunidades.net/>>. Data de acesso: 14/02/2017.

BOLDT Thiago, SILVA Adriano Willian, LEAL Cleverson de Souza. **Uma Análise Físico-Química dos Catalisadores Automotivos: Estudo Introdutório das Propriedades e Eficiência Catalítica**. 2º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Santa Catarina, 2013 Disponível em: <<https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/download/1345/802>>.Data de acesso: 17/02/2017.

BONFIM, BRUNO. **Conhecimento é Sabedoria**. Disponível em: <http://brunobonfimlopes.blogspot.com.br/2012/02/mecanica-componentes-internos-e-externo.html>. Data de acesso: 06/02/2017

BORGES, Juliana Carvalho de Almeida. **Características Estruturais e funcionais das células endoteliais**. Universidade Federal de Goiás escola de veterinária e zootecnia programa de pós-graduação em ciência animal. **Goiânia, 2011. Disponível em:** <[https://portais.ufg.br/up/67/o/semi2011\\_Juliana\\_Carvalho\\_1c.pdf](https://portais.ufg.br/up/67/o/semi2011_Juliana_Carvalho_1c.pdf)>. Data de acesso:13/08/2017.

BORSARI, Vanderlei. **Emissão de amonia de veículo automotor leve e sua importância para a saúde ambiental**. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa de Saúde Pública. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-20032015-134723/pt-br.php>>. Data de acesso: 14/07/2017.

BRAGA (a), Alfesio; BÖHM Gyorgy Miklós; PEREIRA Luiz Alberto Amador; SALDIVA Paulo, 2001. **Poluição Atmosférica e Saúde Humana**. REVISTA USP, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/viewFile/35099/37838>>. Data de acesso: 17/02/2017.

BRAGA (b), Paulo Ricardo. AUTOMOTIVEBUSINESS. **Comgás aposta na retomada do GNV em São Paulo**. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/18515/comgas-aposta-na-retomada-do-gnv-em-sao-paulo>>. Data de acesso: 15/02/2017.

BRANCO, Gabriel Murgel; BRANCO, Fábio Cardinale. Próximos Passos para um Futuro Responsável PROCONVE – novas fases.2016. 13º **Encontro Técnico de Alto Nível: Contaminação Atmosférica e os Desafios das Megacidades**. São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:n8F\\_xcExvbAJ:slideplayer.com.br/slide/11317172/+&cd=13&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:n8F_xcExvbAJ:slideplayer.com.br/slide/11317172/+&cd=13&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Data de acesso: 17/08/2016

BRASIL. **Decreto Lei nº 2848, de 07 de dezembro de 1940**. Código Penal. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del2848compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del2848compilado.htm)>. Data de acesso: 16/08/2017.

BRASIL. **Lei nº 8429 de 02 de junho de 1992**. Dispõe sobre as sanções aplicáveis aos agentes públicos nos casos de enriquecimento ilícito no exercício de mandato, cargo, emprego ou função na administração pública direta, indireta ou fundacional e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1992/lei-8429-2-junho-1992-357452-normaatualizada-pl.pdf>>. Data de acesso:16/08/2017.

Brasil. **Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014**. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Brasília, 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/L13263.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13263.htm). Data de acesso: 20/06/2018

BRAUN, Silvana; APPEL, Lucia Gorenstin; SCHMAL, Martin. **A Poluição Gerada por Máquinas de Combustão Interna Movidas à Diesel - a Questão dos Particulados**. Estratégias Atuais para a Redução e Controle das Emissões e Tendências Futuras. Quím. Nova, São Paulo, v.27, n.3, p.472-482, junho de 2004 Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422004000300018](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000300018) Data de acesso: 17/01/2017.

BURIGO, Stefano Damian, 2016 **Análise da emissão de fumaça preta em obras de construção e montagem no Brasil**. Dissertação de mestrado. UFRJ. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/sdburigo.pdf>>. Data de acesso 13/12/2016.

CANÇADO, José Eduardo Delfini ; BRAGA Alfesio; PEREIRA Luiz Alberto Amador; ARBEX, Marcos Abdo; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; SANTOS, Ubiratan de Paula. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. J Bras Pneumol 2006; 32:5-11. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v32s2/a02v32s2.pdf>>. Data de acesso 14/12/2016.

CAPANA, Giulliano Humberto. **Estudo do Impacto do Enxofre Presente no Diesel na Emissão de Poluentes e em Tecnologia de Pós Tratamento de**

**Gases de Escape.** Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Automotiva. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.automotiva-poliusp.org.br/wp-content/uploads/2009/03/Capana-Giulliano-Humberto.pdf>>. Data de acesso: 17/02/2017.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro 2011, **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2011, 42. Disponível em: /stories/PDFs/TDs/td\_1606.pdf>. Data de acesso:15/12/2016

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro; FERREIRA Tiago Toledo. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades.** BNDES Setorial. 2010, 32, pp. 267-310. Disponível em : <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/1/BS%2032%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20aspectos%20b%c3%a1sicos%2c%20perspectivas\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/1/BS%2032%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20aspectos%20b%c3%a1sicos%2c%20perspectivas_P.pdf)>. Acessado em 29/12/2016.

CAVALCANTI, Amanda Maria Costa Bezerra; DA NÓBREGA MARINHO, Manoel H.; DE ARAÚJO, Pedro Henrique Meira. **Previsão de material particulado utilizando regressão múltipla.** Anais da Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa, v. 3, 2016. Disponível em: <<http://revistas.poli.br/index.php/anais/article/view/467>>. Data de acesso: 18/07/2017

CENTROCARMECANICA, 2017. Centrocarmecânica, Catalisador. Disponível em: <<http://centrocarmecanica.com.br/?p=1484>>. Data de acesso: 16/03/2017.

(a) (São Paulo) PCPV: **Plano de Controle de Poluição Veicular 2014-2016 / CETESB ; Antônio de Castro Bruni...** [et al.]. — São Paulo : CETESB, 2014. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/pcpv-2014.pdf>>. Data de acesso: 17/02/2017.

CETESB. **Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2015,** São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2015-v4\\_.pdf](http://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2015-v4_.pdf)>. Data de acesso: 18/02/2017

CETESB, 2017. **Relatório da operação de fiscalização de arla 32.** Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/Relatório-da-Operação-de-Fiscalização-de-ARLA-32-.pdf>>. Data de acesso: 05/09/2017.

(b) CETESB, 2016. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo.** Disponível em : Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Data de acesso: 11/09/2017.

COELHO Suani Teixeira; GUARDABASSI Patrícia M.; LORA Beatriz A.; MONTEIRO, Maria Beatriz C.A.; GORREN Regiane. **A Sustentabilidade da**

**Expansão da Cultura Canavieira.** Trabalho publicado nos Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos, vol. 6, julho de 2007. CENBIO, USP. São Paulo. Disponível em: <[http://143.107.4.241/download/projetos/1\\_ANTP.pdf](http://143.107.4.241/download/projetos/1_ANTP.pdf)> Data de acesso: 29/12/2016.

CONCEIÇÃO, Guilherme Wilson. **A Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Inserção do Gás Natural Veicular em Frotas do Transporte Coletivo Urbano e de Passageiros.** Dissertação de mestrado submetida a UFRJ para obtenção do grau de mestre em ciências em planejamento energético. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/conceicaogw.pdf>> Data de acesso: 04/01/2017.

CONTE, Carlos Henrique. **Utilização de catalisadores de Cobre e Cobalto suportados em CeO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> e matrizes de CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>, para redução de NO com CO na ausência ou presença de O<sub>2</sub>.** Dissertação de Mestrado Apresentada ao Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde.../CarlosHenriqueConte.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde.../CarlosHenriqueConte.pdf)>. Data de acesso: 17/02/2017.

CORREIA, J. E. M. **Efeitos crônicos da poluição urbana sobre o sistema respiratório. Seminário Transporte e Qualidade do Ar em São Paulo: na construção de um município saudável.** Informes de Saúde Pública, v.3, pp. 3-11. 2001. Disponível em : <<http://dspace.fsp.usp.br/xmlui/bitstream/handle/bdfsp/685/rib001.pdf?sequence=1>>. Data de acesso: 23/07/2017.

CUMMINSFILTRATION. **Fleetguard Arla 32 (Agente Redutor Líquido Automotivo) Perguntas e Respostas.** Disponível em: <<https://www.cumminsfiltration.com/sites/default/files/MB10033-PT.pdf>>. Data de acesso: 16/10/2017.

DER. **Volume Diário Médio nas Rodovias.** Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Acessos/MalhaRodoviaria/VolumeDiario.aspx>>. Data de acesso: 03/12/2017

ESTEVES, Roberta Telles; BARBOSA, Sônia Regina da Cal Seixas; Silva, Ennio Peres; Araújo, Paula Duarte. **Estimativa dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo.** Paper da tese de doutorado custos da poluição dos transportes na saúde pública da Região Metropolitana de São Paulo, desenvolvida no programa de planejamento de sistemas energéticos, NIPE/FEM/Unicamp. Campinas, 2004 Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd25/estimativa.pdf>>. Data de acesso 15/12/2016.

ESTUDOPRATICO. **Chuva ácida. Causas e consequências.** Disponível: <<http://www.estudopratico.com.br/chuva-acida-causas-e-consequencias/>>. Data de acesso: 18/03/2017.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S.. **Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo**. Rev. Assoc. Med. Bras., São Paulo , v. 43, n. 1, p. 61-68, Mar. 1997 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01044230199700010014&lng=en&nrm=is](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01044230199700010014&lng=en&nrm=is)>. Data de acesso: 26/10/2017.

FREITAS, Adriana de Marques; SOLCI, Maria Cristina, 2009. **Caracterização do MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> e Distribuição por Tamanho de Cloreto, Nitrato e Sulfato em Atmosfera Urbana e Rural de Londrina**. Quím. Nova vol. 32 nº 7. São Paulo 2009 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01004042200900070013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01004042200900070013)>. Data de acesso: 17/02/2017.

FRAUZINO, Daniel Caltabiano N. NOVAMEDICINA. **Menos Álcool no Sangue, mais álcool no Flex**. Disponível em: <<https://novamedicina.wordpress.com/2014/10/>>. Data de acesso: 15/02/2017.

GENC, Sermin; ZADEOGLULARI; Zeynep; FUSS Stefan H.; GENC Kursad. **The Adverse Effects of Air Pollution on the Nervous System**. Journal of Toxicology Volume 2012 (2012), Article ID 782462, 23 pages Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2012/782462>>. Data de acesso: 26/07/2017.

GLOBO, 2016. Disponível em: [http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2016/09/teste-rapido-ajuda-combater-fraude-que-deixa-caminhao-mais-poluente\\_.html](http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2016/09/teste-rapido-ajuda-combater-fraude-que-deixa-caminhao-mais-poluente_.html). Data de acesso:16/08/2017

GLOBO, 2017. **Reino Unido vai banir carros movidos a gasolina e diesel até 2040**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2017/07/reino-unido-vai-banir-carros-movidos-gasolina-e-diesel-ate-2040.html>>. Data de acesso: 28/07/2017.

GUARDABASSI, Patrícia Maria. **Sustentabilidade da Biomassa como Fonte de Energia Perspectivas para Países em desenvolvimento**. Dissertação apresentada ao programa de pós graduação em energia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em energia. São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://energypedia-uwe.idea-sketch.com/images/5/5d/PTSUSTENTABILIDADE\\_DA\\_BIOMASSA\\_COMO\\_FONTE\\_DE\\_ENERGIA-Patricia\\_Maria\\_Guardabassi.pdf](http://energypedia-uwe.idea-sketch.com/images/5/5d/PTSUSTENTABILIDADE_DA_BIOMASSA_COMO_FONTE_DE_ENERGIA-Patricia_Maria_Guardabassi.pdf)>. Data de acesso: 29/12/2016.

GUARIEIRO, L. L. N.; Vasconcellos, P. C.; Solci, M. C. **Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis : uma breve revisão**. Rev. Virtual Quim., 2011, 3 (5), 434-445. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v3n5a08.pdf>>. Data de acesso: 02/10/2017.

HOINASKI, Leonardo. **Avaliação de Métodos de Identificação de Fontes Emissoras de Material Particulado Inalável (mp10)**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103289/280294.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Data de acesso: 17/02/2017.

JACONDINO, Gabriel Bittencourt. **Quantificação das emissões veiculares através do uso de simuladores de tráfego**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5083/000509754.pdf?sequence=1>>. Data de acesso: 17/02/2017.

JUNIOR, Leonardo Mauro; ALMEIDA, Silvio Carlos Anibal. **Conversão de Motores Diesel para Gás Natural**. 11º Congresso Brasileiro de Ciências Térmicas e Engenharia – ENCIT 2006. Sociedade Brasileira de Ciências Mecânicas e Engenharia – ABCM, Curitiba, Brasil, dezembro 5-8, 2006. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/encit/2006/arquivos/Combustion%20and%20Fuels/CIT06-0539.pdf>>. Data de acesso: 05/01/2017.

KNIGHT, Vivian Mac., 2006. **Análise Custo Benefício da Substituição do Diesel por Gás Natural Veicular em Ônibus na Região Metropolitana de São Paulo**. Monografia de bacharelado apresentada a UFRJ. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/capitalhumano/arquivos/prh21/vivian-mac-knight\\_prh21\\_ufrj\\_g.pdf](http://www.anp.gov.br/capitalhumano/arquivos/prh21/vivian-mac-knight_prh21_ufrj_g.pdf)>. Data de acesso: 05/01/2017.

KOHLHEPP, Gerd, 2010. **Análise da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. Estud. av. vol.24 no.68, São Paulo 2010. Disponível em : <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100017)> Data de acesso: 29/12/2016.

KÖNIG, GISLAINE ADOLPH. **Comparação entre a escala de Ringelmann e a quantidade de material particulado emitida por motor diesel**. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/78194>>. Data de acesso 13/12/2016.

KOSLOWSKI, Luciano André Deitos; SCHROEDER Tamiris; JANTSCH, Lucas Roberto; MEDEIROS Sandra Helena Westrupp; VAZ Cleiton. **Estudo dos Gases da Combustão Provenientes do Diesel S10 e S50**. 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves-RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014. Disponível em: <[https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=228&ano=\\_quarto](https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=228&ano=_quarto)>. Data de Acesso: 17/02/2017.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL Manoel Régis L.V. **O biocombustível no Brasil**. Novos estud. - CEBRAP, São Paulo, n. 78, p. 15-21, Julho 2007 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-33002007000200003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200003)>. Data de acesso: 29/12/2016.

LEMOS, Josewander Fernandes. **Poluição veicular: avaliação dos impactos e benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-20082010-200639/en.php>. Data de acesso: 13/12/2016.

LENHARO, M; Gonçalves, A. **Poluição afeta sistema nervoso de roedores**. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,poluicao-afeta-sistema-nervoso-de-roedores-imp-,741221>>. Data de acesso: 15/08/2017.

MACEDO, Isaias C. **Estudos Avançados, 2007.Situação Atual e Perspectivas do etanol**. Estudos Avançados, São Paulo, v.21, n.59, p.157-65, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a11v2159>>. Data de acesso: 29/12/2016.

MARTINS, Keyl Carlos Ribeiro. **Análise Experimental, Teórica e Computacional do Escoamento dos Gases de Exaustão no Conversor Catalítico Platina/Paládio Instalado em um motor de Combustão Interna a Etanol**. Tese de Doutorado apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-21122006-092443/pt-br.php>>. Data de acesso: 17/02/2017.

MENDES, Francisco Eduardo. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil**. Tese de doutorado apresentado ao programa de pós-graduação de engenharia da UFRJ. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/femendes.pdf>>. Data de acesso: 15/12/2016.

MEVEPI, 2017. **SCANIA SCR**. Disponível em: <<http://www.mevepi.com.br/caminhoes/tecnologia-do-veiculo/scania-scr/>>. Data de acesso: 16/10/2017.

MOREIRA, Diogo Manuel Gorra. **Simulação de uma rede de distribuição com veículos elétricos e produção renovável**. Dissertação de mestrado apresentado a faculdade de engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2013 Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/67892/2/44904.pdf>> Data de acesso: 29/12/2016.

MOUTINHO, Sofia. CIENCIAHOJE, 2017. **Perigo no Ar**. Disponível em: <[http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2146/n/perigo\\_no\\_ar/Post\\_page/10](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2146/n/perigo_no_ar/Post_page/10)> Data de acesso: 18/01/2017.

OLIVEIRA, Flávia C. C.; SUAREZ, Paulo A. Z.; SANTOS, Wildson L.P. **Biodiesel: Possibilidades e Desafios**. Química nova na escola, nº28, maio de 2008. Disponível em: <<http://zeus.qui.ufmg.br/~qgeral/downloads/material/biodiesel.pdf>>. Data de acesso: 03/01/2017.

OLMO, Neide Regina Simões. **Poluição atmosférica e exposição humana: A evolução epidemiológica e sua correlação com o ordenamento jurídico**. Tese de doutorado apresentado a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144/tde-24052011-162041/en.php>>. Data de acesso: 14/12/2016.

PAIXÃO, Edson Vieira, 2013. **Inspeção Veicular: Contribuição do Catalisador**. Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013 Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/262936/1/Paixao\\_EdsonVieira\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/262936/1/Paixao_EdsonVieira_M.pdf)>. Data de acesso 17/02/2017.

PERRUT, Fábio Marques, 2005. **Potencial para difusão das Tecnologias Alternativas ao Transporte de Gás Natural no Brasil: O Caso Gás Natural Comprimido e Gás Natural Liquefeito**. Monografia de bacharelado apresentada a UFRJ. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Fabio-Marques-Perrut\\_PRH21\\_UFRJ\\_G.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Fabio-Marques-Perrut_PRH21_UFRJ_G.pdf)>. Data de acesso: 04/01/2017.

Perry, V. H., & Teeling, J. (2013). **Microglia and macrophages of the central nervous system: the contribution of microglia priming and systemic inflammation to chronic neurodegeneration**. *Seminars in Immunopathology*, 35(5), 601–612. Disponível em: <<http://doi.org/10.1007/s00281-013-0382-8>>. Data de acesso: 23/07/2017.

PLÁ, Juan Algorta, 2002. **Perspectivas do Biodiesel no Brasil**. *Indic Econ, FEE*, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p, 179-190, set, 2002. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/viewFile/1396/1758>>. Data de Acesso: 03/01/2017.

Plantier, Renato Duarte. MEIOAMBIENTE. **Medidas para redução de poluentes**. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/poluicao/medidas-para-reducao-de-poluentes>>. Data de acesso: 15/02/2017.

PNEUSFACIL. **Cada quanto trocar o filtro de óleo do motor?** Disponível em: <[https://www.pneusfacil.com.br/info/cada\\_quanto\\_trocar\\_filtro\\_oleo\\_lubrificante\\_motor](https://www.pneusfacil.com.br/info/cada_quanto_trocar_filtro_oleo_lubrificante_motor)>. Data de acesso: 15/02/2017.

PRAÇA, Eduardo Rocha. **Distribuição de Gás Natural no Brasil: Um enfoque Crítico e de Minimização de Custos.** Dissertação submetida ao programa de mestrado em engenharia de transportes da Universidade Federal do Ceará para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes. Fortaleza, 2003. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/1466/1/2003\\_dis\\_erpraca.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/1466/1/2003_dis_erpraca.pdf)>. Data de acesso: 04/01/2017.

PRATES, Cláudia Pimentel T.; PIEROBON, Ernesto Costa; COSTA, Ricardo Cunha; FIGUEIREDO, Vinicius Samu. **Evolução da Oferta e da Demanda de Gás Natural no Brasil.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 35-68, set. 2006. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2424/1/BS%2024%20Evolu%c3%a7%c3%a3o%20da%20oferta%20e%20da%20demanda\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2424/1/BS%2024%20Evolu%c3%a7%c3%a3o%20da%20oferta%20e%20da%20demanda_P.pdf)>. Data de acesso: 04/01/2017

R7. **Em meio a briga entre prefeitura e Controlar, um de cada cinco veículos falta à inspeção veicular.** Disponível em <<http://noticias.r7.com/sao-paulo/em-meio-a-briga-entre-prefeitura-e-controlar-um-de-cada-cinco-veiculos-falta-a-inspecao-veicular-18102013>>. Data de acesso: 05/09/2017.

RAMOS, Luiz Pereira; KUCCK, Karla Thomas; DOMINGOS, Anderson Kurunczi; WILHELM Helena Maria. **Biodiesel. Um Projeto de Sustentabilidade Econômica e Sócio-Ambiental para o Brasil.** Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento-edição nº31 – julho/dezembro 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000137&pid=S1415-4366201300050001500016&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000137&pid=S1415-4366201300050001500016&lng=en)>. Data de acesso: 03/01/2016.

RANGEL, Maria do Carmo; CARVALHO, Marly Fernandes Araújo, 2003. **Impacto dos Catalisadores Automotivos no Controle de Qualidade do Ar.** Quím. Nova vol.26 no.2. São Paulo Mar./ ABRIL 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010040422003000200021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422003000200021). Data de acesso: 17/02/2017.

RESENDE, Fernando. **Poluição Atmosférica por Emissão de Material Particulado: Avaliação e Controle nos Canteiros de Obras de Edifícios.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/personal\\_files/francisco\\_cardoso/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Fernando%20Resende%20p%C3%B3s-banca%202.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Fernando%20Resende%20p%C3%B3s-banca%202.pdf)>. Data de Acesso: 17/02/2017.

RIBEIRO, Eduardo Porto. **Efeito da Exposição Atmosférica em Concentrações Urbanas na Função Testicular de Ratos Wistar.** Tese de doutorado apresentado ao Programa de Medicina: Ciências Médicas da UFRS.

Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/23007/000740954.pdf?sequence=1>>. Data de acesso: 14/12/2016.

RODRIGUES, Cristina Guimarães et al . **Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030**. Rev. bras. estud. popul., São Paulo , v. 32, n. 3, p. 489-509, Dec. 2015 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982015000300489&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982015000300489&lng=en&nrm=iso)>. Data de acesso: 15/07/2017.

RODRIGUES, Délcio; Ortiz Lúcia. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil**. 2006. Porto Alegre: Amigos da Terra Brasil; São Paulo: Vitae Civilis Disponível em: <http://www.ecoa.org.br/arquivos/444052181.pdf>. Data de acesso: 29/12/2016.

ROSEIRO, Maria Nazareth Vianna. **Morbidade por Problemas Respiratórios em Ribeirão Preto-SP, de 1995 a 2001, Segundo Indicadores Ambientais, Sociais e Econômicos**. 2002. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Disponível em:<[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde16092003090056/publico/tese.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde16092003090056/publico/tese.pdf)>. Data de acesso: 17/02/2017.

ROMANZOTTI, Natasha. **A poluição e o tráfego podem causar diabetes**. Disponível em : <<http://hypescience.com/a-poluicao-e-o-trafego-podem-causar-diabetes/>>. Data de acesso:14/02/2017

SÁ Ricardo Almeida Barbosa, MELO Tadeu Cordeiro, CARVALHO, Rogério Nascimento; NEUMANN Reiner; ZOTIN, Fátima Maria Zanon; CARDOSO, Mauri José Baldini. 2009 **Manutenção e Combustível Adequados-Garantia da durabilidade de Emissões? Parte 2-Novas Evidências**. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2011/CAC00630011.pdf>>. Data de acesso: 17/02/2017.

SANTOS, Fernando Cavalcante. **Determinação de Compostos Orgânicos no Material Particulado (MP<sub>10</sub>) Atmosférico do Estado de São Paulo**. Dissertação apresentada ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Química. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46133/tde-13122010-101510/pt-br.php>>. Data de acesso: 17/02/2017.

SANTOS, Mafalda Alexandra Saraiva. **Perturbações do Espectro do Autismo: Fatores de Risco e Protetores**. Dissertação de mestrado integrado em medicina apresentado ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto. Porto, 2015. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/82219/2/37802.pdf>>. Data de acesso: 20/07/2017.

SCHIMITT, Lucianna. **Efeito da poluição do ar sobre o comportamento alimentar de ratos nas diferentes fases da vida e a participação dos oxidantes nesse processo.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre. Porto Alegre, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufcspa.edu.br/jspui/bitstream/123456789/284/1/Schmitt%2c%20Lucianna\\_Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf](https://repositorio.ufcspa.edu.br/jspui/bitstream/123456789/284/1/Schmitt%2c%20Lucianna_Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf). Data de acesso: 18/07/2017.

SILVA R.A., VIANA M.M., MOHALLEM N.D.S, 2009. **Caracterização textural, morfológica e estrutural de catalisadores automotivos novos e usados.** Cerâmica vol.55 no.334 São Paulo abr./jun. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S03666913200900020009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03666913200900020009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt). Data de acesso: 17/02/2017.

Silva, Moacir Ferreira. **Emissão de metais por veículos automotores e seus efeitos à saúde pública São Paulo.** Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=494145&indexSearch=ID>. Data de acesso: 14/12/2016

SILVA, Ronald Arreguy, 2008. **Estudo das Características Morfológicas, Texturais e Estruturais dos Catalisadores Automotivos e Síntese e Caracterização de Filmes Alternativos.** Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: [http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SFSA-86NT3X/tese.de.doutorado.ronald\\_.d.q\\_ufmg.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SFSA-86NT3X/tese.de.doutorado.ronald_.d.q_ufmg.pdf?sequence=1). Data de acesso: 23/02/2017

SOUZA, Reynaldo Barros, 2010. **Uma visão sobre o balanço de energia e desempenho em veículos híbridos.** Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Campinas, 2010. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264345/1/Souza\\_ReynaldoBarrosde\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264345/1/Souza_ReynaldoBarrosde_M.pdf). Data de acesso: 30/12/2016

SZYSZKOWICZ, Mieczysław et al. **Air Pollution and Emergency Department Visits for Suicide Attempts in Vancouver, Canada.** Environmental Health Insights 4 (2010): 79–86. PMC. Web. 26 July 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2978939/pdf/ehi-2010-079.pdf>. Data de acesso: 26/07/2017.

TODA MATÉRIA. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/inversao-termica/>. Data de acesso: 16/04/2018

TOLEDO, Giovana Iara Ferreira Moser de; NARDOCCI, Adelaide Cássia. **Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil.** Rev. bras. epidemiol., São Paulo, v. 14, n. 3, p. 445-454, 09/2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-790X2011000300009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2011000300009&lng=en&nrm=iso)>. Data de acesso: 18/07/2017.

WHO. **Reducing Global Health Risks. Through mitigation of short-lived climate pollutants.** Climate & Clean Air Coalition 2015. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189524/1/9789241565080\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189524/1/9789241565080_eng.pdf?ua=1)>. Data de acesso: 21/07/2017.

YARABRASIL, 2017. **Abatimento de Nox nos gases de combustão por Redução Catalítica Seletiva.** Disponível em: <<http://www.yarabrasil.com.br/reducao-de-nox/reducao-de-nox-para-plantas-industriais/sncr-sistemas/tecnologia-scr/>>. Data de acesso: 16/10/2017.

ZOTIN, Fatima Maria Zanon; GOMES, Otávio da Fonseca Martins; NETO, Arnaldo Alcover; BORTOLON, Gilson Fracalossi; CARDOSO, Mauro José Baldini, 2005. **Investigação das causas de desativação de catalisadores automotivos comerciais envelhecidos em bancos de provas.** Anais do 13<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Catálise/ 3<sup>o</sup> Mercocat 11 a 15 de setembro de 2005, Foz do Iguaçu, PR. Disponível em: <[www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC00690005.pdf](http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC00690005.pdf)>. Data de acesso: 17/02/2017

## ANEXO A – TABELA DE FISCALIZAÇÃO

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
20/01/2016	Rod. Presidente Dutra km 226 sent. norte	13:44	14:54	70	35	0,500
11/02/2016	Rod. Presidente Dutra km 226 sent. norte	13:06	14:16	70	25	0,357
08/04/2016	Rod. Presidente Dutra km 226 sent. norte	12:28	13:12	44	27	0,614
17/05/2016	Rod. Presidente Dutra km 226 sent. norte	12:27	14:16	109	30	0,275
15/06/2016	Rod. Presidente Dutra km 226 sent. norte	11:42	12:42	60	28	0,467
08/07/2016	Rod. Presidente Dutra km 211 sent. norte	12:07	13:04	57	25	0,439
03/08/2016	Rod. Presidente Dutra km 226 sent. norte	11:57	13:45	108	55	0,509
Nº de multas e tempo de fiscalização				518	225	
<b>Índice de eficiência</b>						0,4340

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
05/02/2016	Rod. Pres. Dutra km 228 sent. sul	13:13	14:05	52	24	0,462
15/04/2016	Rod. Pres. Dutra km 228 sent. sul	13:27	14:40	73	26	0,356
29/04/2016	Rod. Pres. Dutra km 227 sent. sul	11:49	13:07	78	25	0,321
11/05/2016	Rod. Pres. Dutra km 227 sent. sul	12:15	13:58	103	25	0,243
25/05/2016	Rod. Pres. Dutra km 227 sent. sul	11:17	13:16	119	30	0,252
29/06/2016	Rod. Pres. Dutra km 227 sent. sul	11:07	12:14	67	28	0,418
12/07/2016	Rod. Pres. Dutra km 225 sent. sul	12:10	13:25	75	36	0,480
28/07/2016	Rod. Pres. Dutra km 225 sent. sul	11:58	13:21	83	39	0,470
Nº de multas e tempo de fiscalização				650	233	
<b>Índice de eficiência</b>						0,359

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
26/01/2016	Rod. Fernão Dias km 71 sent. sul	14:14	15:10	56	20	0,357
19/02/2016	Rod. Fernão Dias km 70 sent. sul	13:08	14:11	63	24	0,381
19/04/2016	Rod. Fernão Dias km 70 sent. sul	12:47	14:22	95	24	0,253
16/05/2016	Rod. Fernão Dias km 68 sent. sul	12:13	13:17	64	28	0,438
02/06/2016	Rod. Fernão Dias km 68 sent. sul	12:35	13:41	66	29	0,439
30/08/2016	Rod. Fernão Dias km 68 sent. sul	13:48	14:57	69	21	0,304
Nº de multas e tempo de fiscalização				413	146	
<b>Índice de eficiência</b>						0,353

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	Índice de eficiência
06/01/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. leste	10:36	11:54	78	15	0,192
13/01/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	14:12	15:01	49	20	0,408
22/02/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	12:38	13:58	80	21	0,263
11/04/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	14:44	15:23	39	23	0,590
14/04/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. leste	10:45	11:40	55	28	0,509
02/05/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	13:07	13:56	49	21	0,429
23/05/2016	Rod. Castelo Branco km 28 sent. leste	15:58	16:13	15	3	0,200
23/06/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. leste	11:28	12:51	83	12	0,145
01/07/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	13:18	14:27	69	24	0,348
11/07/2016	Rod. Castelo Branco km 30 sent. leste	11:20	12:40	80	18	0,225
25/07/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	14:00	15:10	70	28	0,400
04/08/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. leste	11:05	12:33	88	19	0,216
25/08/2016	Rod. Castelo Branco km 38 sent. leste	14:33	15:24	51	26	0,510
Nº de multas e tempo de fiscalização				806	258	
Índice de eficiência						0,320

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	Índice de eficiência
04/01/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	13:42	14:29	47	20	0,426
29/01/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	13:41	14:34	53	20	0,377
01/02/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:24	13:01	37	14	0,378
15/02/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	10:08	10:58	50	24	0,480
22/03/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:37	13:29	52	20	0,385
06/04/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:44	13:52	68	25	0,368
26/04/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:29	13:30	61	26	0,426
05/05/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	13:17	14:29	72	25	0,347
07/06/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	13:43	15:02	79	28	0,354
27/06/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:10	13:38	88	20	0,227
04/07/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:40	14:01	81	34	0,420
19/07/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	11:30	13:12	110	36	0,327
01/08/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	13:50	15:18	88	24	0,273
09/08/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	12:43	13:30	47	14	0,298
19/08/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	14:39	15:40	61	20	0,328
29/08/2016	Av. Salim Farah Maluf, 5000	14:28	15:43	75	20	0,267
Nº de multas e tempo de fiscalização				1069	370	

Índice de eficiência						0,346
----------------------	--	--	--	--	--	-------

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
01/02/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	13:05	13:25	20	7	0,350
21/03/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	14:14	15:04	50	22	0,440
13/04/2016	Rod. Anhanguera km 21 sent. sul	15:22	15:46	24	9	0,375
25/04/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	13:47	15:02	75	30	0,400
19/05/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	11:11	12:32	81	27	0,333
06/06/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	12:34	13:51	77	27	0,351
15/06/2016	Rod. Anhanguera km 21 sent. sul	15:20	15:42	22	7	0,318
05/07/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	12:48	14:08	80	28	0,350
15/08/2016	Rod. Anhanguera km 33 sent. sul	13:30	14:14	44	14	0,318
Nº de multas e tempo de fiscalização				473	171	
Índice de eficiência						0,362

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
21/01/2016	Rod. Anhanguera km 32 sent. norte	13:12	14:12	58	23	0,397
17/02/2016	Rod. Anhanguera km 32 sent. norte	12:22	13:26	64	26	0,406
05/04/2016	Rod. Anhanguera km 32 sent. norte	11:53	12:57	64	26	0,406
31/05/2016	Rod. Anhanguera km 32 sent. norte	10:50	12:07	77	23	0,299
18/07/2016	Rod. Anhanguera km 32 sent. norte	13:24	15:01	97	27	0,278
09/08/2016	Rod. Anhanguera km 32 sent. norte	12:33	14:05	92	30	0,326
Nº de multas e tempo de fiscalização				452	155	
Índice de eficiência						0,343

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
12/04/2016	Av. Jacu Pêssego, 800	12:27	13:36	69	26	0,377
03/05/2016	Av. Jacu Pêssego, 800	11:30	12:47	77	28	0,364
28/06/2016	Av. Jacu Pêssego, 800	11:41	13:25	104	33	0,317
10/08/2016	Av. Jacu Pêssego, 800	11:43	13:17	94	26	0,277
Nº de multas e tempo de fiscalização				344	113	
Índice de eficiência						0,328

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
18/01/2016	Rod. Raposo Tavares km 25 sent. leste	13:39	14:34	55	19	0,345
16/02/2016	Rod. Raposo Tavares km 25 sent. leste	14:04	14:55	51	25	0,490
28/03/2016	Rod. Raposo Tavares km 25 sent. leste	13:19	14:14	55	28	0,509
27/04/2016	Rod. Raposo Tavares km 30 sent. leste	12:19	13:46	87	25	0,287
10/05/2016	Rod. Raposo Tavares km 25 sent. leste	11:11	12:36	85	19	0,224
03/06/2016	Rod. Raposo Tavares km 25 sent. leste	14:45	15:40	55	26	0,473
21/06/2016	Rod. Raposo Tavares km 30 sent. leste	14:03	15:26	83	19	0,229
29/06/2016	Rod. Raposo Tavares km 29 sent. leste	11:11	12:48	97	18	0,186
27/07/2016	Rod. Raposo Tavares km 25 sent. leste	12:23	13:32	69	22	0,319
Nº de multas e tempo de fiscalização				637	201	
Índice de eficiência						0,315

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
15/01/2016	Rodoanel Mário Covas km 10 interno	16:25	16:38	13	5	0,385
22/01/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:18	15:49	31	12	0,387
29/01/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	16:05	16:30	25	8	0,320
01/04/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:44	16:08	24	8	0,333
15/04/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:10	16:44	94	8	0,085
29/04/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:13	15:42	29	7	0,241
03/06/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	14:35	15:16	41	9	0,220
17/06/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:00	15:18	18	7	0,389
21/06/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:01	15:06	5	3	0,600
15/07/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	15:32	15:44	12	5	0,417
22/07/2016	Rodoanel Mário Covas km 12 interno	16:04	16:21	17	7	0,412
Nº de multas e tempo de fiscalização				309	79	
Índice de eficiência						0,256

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
05/01/2016	Rod. Fernão Dias Km 62 sent. norte	14:00	15:29	106	21	0,198
04/02/2016	Rod. Fernão Dias Km 62 sent. norte	13:58	15:08	70	19	0,271
29/03/2016	Rod. Fernão Dias Km 62 sent.	12:27	13:30	63	20	0,317

	norte					
27/06/2016	Rod. Fernão Dias Km 61 sent. norte	12:50	14:13	83	20	0,241
13/07/2016	Rod. Fernão Dias Km 61 sent. norte	11:51	13:10	79	32	0,405
02/08/2016	Rod. Fernão Dias Km 61 sent. norte	12:57	14:19	82	24	0,293
17/08/2016	Rod. Fernão Dias Km 62 sent. norte	12:05	13:24	79	26	0,329
Nº de multas e tempo de fiscalização				562	162	
Índice de eficiência						0,288

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
07/01/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	15:14	15:19	5	3	0,600
27/01/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	13:47	14:31	44	23	0,523
18/03/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	15:49	16:01	12	4	0,333
23/03/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	11:16	12:22	66	28	0,424
06/04/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	14:26	15:11	45	14	0,311
18/04/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	14:24	15:46	82	24	0,293
02/05/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	14:33	14:55	22	8	0,363
09/05/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	13:29	15:04	95	26	0,274
23/05/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	15:13	15:22	9	3	0,333
01/06/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	13:52	14:57	65	32	0,492
17/06/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	10:18	12:03	105	21	0,200
14/07/2016	Rod. Castelo Branco km 42 sent. oeste	12:45	14:02	77	30	0,390
04/08/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	15:41	15:57	16	6	0,375
11/08/2016	Rod. Castelo Branco km 29 sent. oeste	14:54	15:18	24	6	0,250
Nº de multas e tempo de fiscalização				667	228	
Índice de eficiência						0,342

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
02/02/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	13:03	13:51	48	25	0,521
23/02/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	13:40	15:12	92	25	0,272
03/03/2016	Rod. Raposo Tavares km 19 sent. oeste	15:37	15:53	16	5	0,313
03/03/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	15:37	15:53	16	5	0,313
15/03/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	16:16	16:24	8	5	0,625
04/04/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	13:47	15:02	75	26	0,347
04/04/2016	Rod. Raposo Tavares km 19 sent. oeste	15:54	16:04	10	3	0,300
13/04/2016	Rod. Raposo Tavares km 19	10:23	12:10	107	16	0,150

	sent. oeste					
19/04/2016	Rod. Raposo Tavares km 10 sent. oeste	16:26	16:38	12	7	0,583
19/04/2016	Rod. Raposo Tavares km 19 sent. oeste	15:25	15:41	16	7	0,438
04/05/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	12:56	14:33	97	27	0,278
23/05/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	11:22	13:11	109	28	0,257
31/05/2016	Rod. Raposo Tavares km 19 sent. oeste	10:43	12:10	87	19	0,218
16/06/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	13:42	15:35	113	24	0,212
04/07/2016	Rod. Raposo Tavares km 19 sent. oeste	14:51	15:15	24	9	0,375
04/07/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	15:32	15:42	10	4	0,400
06/07/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	12:12	13:35	83	26	0,313
20/07/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	12:01	13:27	86	33	0,384
05/08/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	11:23	13:17	114	32	0,281
18/08/2016	Rod. Raposo Tavares km 22 sent. oeste	14:49	15:53	64	23	0,359
Nº de multas e tempo de fiscalização					1187	349
Índice de eficiência						0,294

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
26/02/2016	Av. Gastão Vidigal, 1234	16:12	16:26	14	4	0,286
07/03/2016	Av. Gastão Vidigal, 1234	14:29	15:29	60	5	0,083
10/05/2016	Av. Gastão Vidigal, 1234	16:04	16:11	7	3	0,429
20/05/2016	Av. Gastão Vidigal, 1234	15:34	15:46	12	3	0,250
Nº de multas e tempo de fiscalização				93	15	
Índice de eficiência						0,161

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
04/01/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	12:55	13:47	52	11	0,212
08/01/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	10:40	11:50	70	16	0,229
22/01/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	13:56	14:38	42	22	0,524
26/02/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	13:36	14:24	48	24	0,500
07/04/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	12:20	13:45	85	30	0,353
12/04/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	10:47	11:40	53	14	0,264
17/05/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	11:13	12:20	67	13	0,194
24/05/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	11:14	13:05	111	30	0,270
01/06/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	11:19	12:33	74	14	0,189
17/06/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	10:58	13:09	131	19	0,145

30/06/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	12:34	13:54	80	42	0,525
18/07/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	11:45	12:57	72	12	0,167
29/07/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	11:25	13:13	108	34	0,315
04/08/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	11:44	13:46	122	28	0,230
26/08/2016	Rod. Anchieta km 17 sentido sul	14:02	15:39	97	25	0,258
Nº de multas e tempo de fiscalização				1212	334	
Índice de eficiência						0,276

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
08/01/2016	Rod. Régis Bittencourt km 297 sent. sul	14:40	15:32	52	24	0,462
10/02/2016	Rod. Régis Bittencourt km 297 sent. sul	13:35	14:14	39	17	0,436
26/02/2016	Rod. Régis Bittencourt km 277 sent. sul	16:24	16:30	6	3	0,500
13/04/2016	Rod. Régis Bittencourt km 297 sent. sul	12:11	13:25	74	23	0,311
13/05/2016	Rod. Régis Bittencourt km 297 sent. sul	13:29	14:40	71	28	0,394
20/06/2016	Rod. Régis Bittencourt km 297 sent. sul	14:08	15:46	98	26	0,265
12/07/2016	Rod. Régis Bittencourt km 274 sent. sul	10:26	11:43	77	11	0,143
12/08/2016	Rod. Régis Bittencourt km 297 sent. sul	13:51	15:33	102	27	0,265
Nº de multas e tempo de fiscalização				519	159	
Índice de eficiência						0,306

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
07/01/2016	Rod. Anchieta km 23 sent. norte	13:10	14:25	75	23	0,307
12/02/2016	Rod. Anchieta km 23 sent. norte	10:53	11:57	64	16	0,250
01/04/2016	Rod. Anchieta km 23 sent. norte	10:53	12:06	73	24	0,329
28/04/2016	Rod. Anchieta km 23 sent. norte	11:30	13:37	127	16	0,126
11/07/2016	Rod. Anchieta km 22 sent. norte	12:17	14:11	114	22	0,193
Nº de multas e tempo de fiscalização				453	101	
Índice de eficiência						0,223

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
06/04/2016	Rodoanel Mário Covas km 20 externo	14:26	15:11	45	14	0,311
12/04/2016	Rodoanel Mário Covas km 20 externo	15:51	16:17	26	9	0,346
25/05/2016	Rodoanel Mário Covas km 20 externo	13:09	13:49	40	10	0,250
25/05/2016	Rodoanel Mário Covas km 20	13:11	13:51	40	8	0,200

	externo					
01/06/2016	Rodoanel Mário Covas km 20 externo	14:58	15:08	10	4	0,400
07/06/2016	Rodoanel Mário Covas km 21 externo	14:47	15:06	19	4	0,211
Nº de multas e tempo de fiscalização				180	49	
Índice de eficiência						0,272

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
06/01/2016	Av. João Ramalho, 964	13:11	14:53	102	22	0,216
28/01/2016	Av. João Ramalho, 964	11:48	13:34	106	21	0,198
18/02/2016	Av. João Ramalho, 964	12:22	13:32	70	24	0,343
14/04/2016	Av. João Ramalho, 964	12:22	14:15	113	24	0,212
12/05/2016	Av. João Ramalho, 964	11:18	13:25	127	31	0,244
15/07/2016	Av. João Ramalho, 964	11:37	13:38	121	27	0,223
11/08/2016	Av. João Ramalho, 964	11:10	13:46	156	21	0,135
Nº de multas e tempo de fiscalização				795	170	
Índice de eficiência						0,214

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
25/02/2016	Av. Prestes Maia, 1696	13:37	14:37	60	22	0,367
13/01/2016	Av. Prestes Maia, 1630	11:31	12:20	71	9	0,127
29/08/2016	Av. Prestes Maia, 1630	11:18	12:21	63	12	0,190
Nº de multas e tempo de fiscalização				194	43	
Índice de eficiência						0,222

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
19/01/2016	Ponte do Jaguaré	15:51	16:15	24	5	0,208
20/01/2016	Ponte do Jaguaré	14:54	15:38	44	6	0,136
27/01/2016	Ponte do Jaguaré	14:23	15:10	47	8	0,170
18/04/2016	Ponte do Jaguaré	16:13	16:45	32	9	0,281
28/06/2016	Ponte do Jaguaré	14:25	14:55	30	7	0,233
Nº de multas e tempo de fiscalização				177	35	
Índice de eficiência						0,198

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
12/01/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:40	16:20	40	11	0,150
23/02/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:32	15:45	13	6	0,462
24/02/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	12:04	14:07	123	25	0,203
07/03/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	14:34	15:40	66	13	0,197
30/03/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	13:51	15:51	120	21	0,175
04/04/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:36	15:56	20	3	0,150
12/04/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	16:06	16:46	40	4	0,100
15/04/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	16:06	16:21	15	3	0,200
31/05/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	12:24	13:00	36	6	0,167
23/06/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	13:12	15:29	137	24	0,175
24/06/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:32	15:56	24	6	0,250
19/07/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	16:08	16:19	11	3	0,273
21/07/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:50	16:19	29	7	0,241
01/08/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:56	16:16	20	3	0,150
05/08/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:16	15:48	32	6	0,188
09/08/2016	Viaduto Miguel Mofarrej	15:15	16:00	45	3	0,067
Nº de multas e tempo de fiscalização				771	144	
Índice de eficiência						0,187

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
14/01/2016	Ponte Cruzeiro do Sul	14:49	16:08	79	16	0,203
20/04/2016	Ponte Cruzeiro do Sul	11:52	14:46	174	22	0,126
Nº de multas e tempo de fiscalização				253	38	
Índice de eficiência						0,150

Data	Local	Hora inicial	Hora Final	Tempo (min.)	Veículos desconformes	índice de eficiência
30/05/2016	Av. Pres. Costa e Silva, 400	11:26	11:49	23	6	0,261
24/06/2016	Av. Pres. Costa e Silva, 400	10:43	12:15	92	10	0,109
04/07/2016	Av. Pres. Costa e Silva, 400	12:16	13:25	69	9	0,130
05/08/2016	Av. Pres. Costa e Silva, 400	11:08	11:47	39	10	0,256
30/08/2016	Av. Pres. Costa e Silva, 400	11:47	13:20	93	10	0,108
Nº de multas e tempo de fiscalização				316	45	
Índice de eficiência						0,142

<b>Data</b>	<b>Local</b>	<b>Hora inicial</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Veículos desconformes</b>	<b>índice de eficiência</b>
18/04/2016	Av. dos Bandeirantes, 5598	11:08	12:51	103	8	0,078
02/06/2016	Av. dos Bandeirantes, 5598	12:06	13:05	59	6	0,102
28/06/2016	Av. dos Bandeirantes, 5598	11:16	12:12	56	8	0,143
21/07/2016	Av. dos Bandeirantes, 5598	11:48	13:30	102	8	0,078
17/08/2016	Av. dos Bandeirantes, 5598	11:17	12:35	78	10	0,128
12/04/2016	Av. dos Bandeirantes, 5598	15:51	16:17	26	9	0,346
Nº de multas e tempo de fiscalização				424	49	
Índice de eficiência						0,116