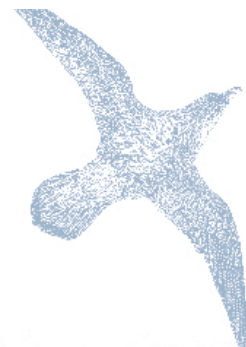


CETESB

COMPANHIA AMBIENTAL
DO ESTADO DE SÃO PAULO

2016

**Fiscalização e
Autofiscalização das
Emissões de Veículos
a Diesel**



*Cadernos da
Gestão do Conhecimento*



ESCOLA SUPERIOR DA CETESB
GESTÃO DO CONHECIMENTO AMBIENTAL

**ATUALIZAÇÃO
PROFISSIONAL**



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Governador *Geraldo Alckmin*

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
Secretário *Ricardo Salles*



CETESB • COMPANHIA AMBIENTAL
DO ESTADO DE SÃO PAULO
Diretor-Presidente *Otávio Okano*

Diretor Vice-Presidente, em exercício *Otávio Okano*

Diretoria de Gestão Corporativa *Edson Tomaz de Lima Filho*

Diretoria de Controle e
Licenciamento Ambiental *Aruntho Savastano Neto*

Diretoria de Avaliação de
Impacto Ambiental *Ana Cristina Pasini da Costa*

Diretoria de Engenharia e
Qualidade Ambiental *Carlos Roberto dos Santos*

CETESB • COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

MISSÃO

Promover e acompanhar a execução das políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável, assegurando a melhoria contínua da qualidade do meio ambiente de forma a atender às expectativas da sociedade no Estado de São Paulo.

VISÃO

Aprimorar os padrões de excelência de gestão ambiental e os serviços prestados aos usuários e à população em geral, assegurando a superação da atuação da CETESB como centro de referência nacional e internacional, no campo ambiental e na proteção da saúde pública.

VALORES

Os valores, princípios e normas que pautam a atuação da CETESB, estão estabelecidos no seu Código de Ética e Conduta Profissional.



FISCALIZAÇÃO E AUTOFISCALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE VEÍCULOS A DIESEL

Coordenação Técnica

Eng^o Daniel Egon Schmidt e
Tecg^o Renato de Mello Araújo

Docente

Eng^o André Kuniyoshi
Eng^o Daniel Egon Schmidt
Tecg^o Renato de Mello Araújo

São Paulo, Agosto de 2016

CETESB

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345 - Alto de Pinheiros -
CEP: 05459-900 - São Paulo - SP

<http://www.cetesb.sp.gov.br> / e-mail: cursos@cetesbnet.sp.gov.br

<https://www.facebook.com/escolasuperiordacetesb/>

Carlos Ibsen Vianna Lacava

Gerente do Departamento de Apoio Operacional - ET

Tânia Mara Tavares Gasi

Gerente da Divisão de Gestão do Conhecimento - ETG

Irene Rosa Sabiá

Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento - ETGC

Coordenação Executiva

Celia Buani

Equipe Técnica do ETGC:

Bruno Marcondes Conceição, Carolina Regina Morales, Celia Buani, Claudia Maria Zaratini Bairão, Elizeu Vasconcelos O. Barreto, Marcia Ubyratan Bispo Fabbri, Maria das Graças C. Lobo, Miyuki Kanashiro, Renato Medice Kacinskis, Rita de Cassia Guimarães, Sonia Vera Beani de Carvalho, Wanda Fernandes Carrilho e Yhoshie Watanabe Takahashi. Aprendiz: Evellyn Lobato da Silva.

Esta apostila foi diagramada pelo **ETGC - Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento**
Editoração Gráfica: Rita de Cassia Guimarães - ETGC / Capa: Vera Severo / Impressão: Gráfica-CETESB

Este material destina-se a uso exclusivo dos participantes dos Cursos e Treinamentos Práticos Especializados, sendo expressamente proibida a sua reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

APRESENTAÇÃO

Os problemas de mobilidade nos grandes centros urbanos tem se intensificado devido ao crescimento acentuado da frota, em decorrência principalmente:

- Da deficiência e falta de priorização do transporte público coletivo (ônibus, vans, micro-ônibus) e de massa (trilhos), tendendo ao uso do transporte individual;
- Do fácil acesso ao automóvel;
- Do aumento da distribuição de bens e serviços;
- De problemas de planejamento urbano.

Os resultados destes problemas são o aumento das concentrações de poluentes, gases do efeito estufa e da poluição sonora, maior consumo de combustível, em consequência da redução da velocidade média, perdas de tempo e dinheiro, aumento do stress, dos acidentes de trânsito, redução do tempo de lazer e danos à saúde.

Estima-se que a Região Metropolitana de São Paulo tenha cerca de 13,6 milhões de veículos, entre caminhões, ônibus, automóveis e motocicletas. A maior parte da poluição atmosférica dessa região é proveniente dos veículos.

Os veículos pesados no Brasil são movidos a motores do ciclo diesel e são de suma importância para a manutenção da economia. Estima-se que 58% de toda a carga transportada no Brasil seja realizada através das rodovias (1).

Os produtos de combustão do óleo diesel, especialmente os óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP), também conhecido como fuligem, são altamente poluentes, o que coloca esses veículos no centro das atenções quando o assunto é qualidade do ar em centros urbanos.

A CETESB realiza desde meados dos anos 70 a fiscalização de fumaça preta em todo o Estado de São Paulo, por agentes técnicos credenciados. Ao longo dos anos, o controle de emissões veiculares, incluindo os veículos a diesel, tem se intensificado. Com a publicação da Resolução CONAMA 418/2009 que estabelece que todos os Estados brasileiros apresentem um Plano para Controle de Emissão Veiculares – PCPV, a inspeção veicular tem sido considerada como uma das principais medidas para o combate a poluição. Além disso, tem se observado cada vez mais que empresas fornecedoras e contratantes de serviços de transporte, estão adotando ações que visam a redução das emissões ocasionadas pela operação dos veículos.

Esse conjunto de entidades pertencentes a diferentes categorias, somada a variedade de critérios disponíveis para a avaliação de emissões de veículos em uso, em particular do ciclo diesel, têm feito com que as empresas tenham dificuldade em definir os procedimentos e critérios necessários para avaliar seus veículos de maneira eficaz e abrangente.

O objetivo desse curso é fornecer subsídios para que o participante conheça a importância de se controlar as emissões provenientes de veículos a diesel, e apresentar os procedimentos que podem ser adotados no controle das emissões.

O curso esta pautado nos seguintes tópicos:

- noções sobre poluição atmosférica e seus efeitos sobre a saúde.
- fontes de poluição atmosférica e sua contribuição.
- causas das emissões de poluentes.
- medidas de prevenção e controle da poluição veicular.
- legislação e os procedimentos de fiscalização de veículos a diesel.

Engº Daniel Egon Schmidt e
Tecº Renato de Mello Araújo

Coordenação Técnica

SUMÁRIO

1	O Meio Ambiente e a Poluição Atmosférica	9
1.1	Conceitos sobre Atmosfera Terrestre	9
1.2	Poluição Atmosférica	12
1.3	Principais Poluentes atmosféricos	13
1.4	Caracterização das Fontes de Poluição na Região Metropolitana de São Paulo	19
2	Problemas Ambientais	23
2.1	Inversão Térmica	23
2.2	Efeito Estufa	25
2.3	Mudanças Climáticas	29
2.4	Camada de Ozônio	30
2.5	Chuva Ácida	34
3	Programas de Controle de Emissões Veiculares	35
3.1	PROCONVE	35
3.2	PROMOT	38
3.3	PROCONVE MAR-1	40
3.4	Programas de Fiscalização de Fumaça Preta de Veículos a Diesel	41
3.5	Programa para a Melhoria da Manutenção de Veículos Diesel - PMMVD	42
4	Motor Diesel	44
4.1	Princípio de funcionamento	44
4.2	Combustível	45
4.3	Subprodutos da combustão	47
4.4	Dispositivos e meios para controle de emissões	48
5	Autofiscalização de Veículos a Diesel	52
5.1	Autofiscalização da Fumaça Emitida por Veículos em Uso do Ciclo Diesel	53
5.2	Autofiscalização de ARLA 32	66
5.3	Autofiscalização de Ruído	71
5.4	Exemplos de estratégias de autofiscalização	74
6	Bibliografia	78
	ANEXO 1	83
	ANEXO 2	89

1. O Meio Ambiente e a Poluição Atmosférica

1.1. Conceitos sobre Atmosfera Terrestre

A atmosfera terrestre é uma fina camada de gases que envolve a Terra e que fica retida pela ação gravitacional. Sua função é de vital importância, pois essa camada absorve a radiação ultravioleta e retém o calor (efeito estufa), que é imprescindível para a manutenção da vida no planeta. Além disso, os gases são utilizados na respiração e fotossíntese dos seres vivos. A Figura 1 mostra uma representação da atmosfera, com as suas camadas, distâncias e temperaturas.

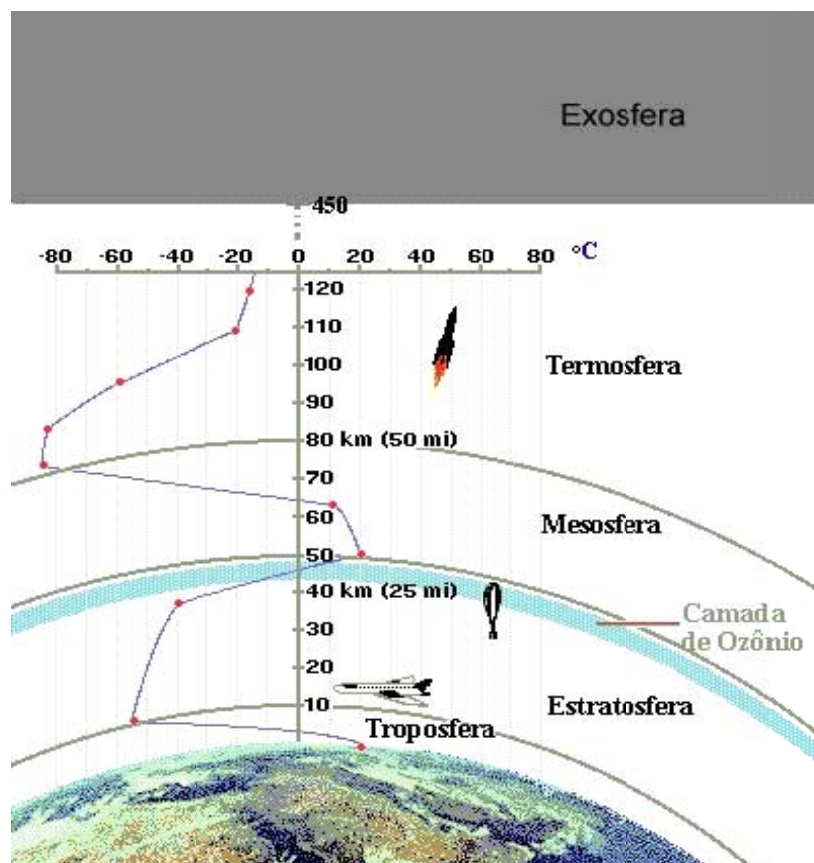


Figura 1 – Representação da Atmosfera (1)

A atmosfera terrestre é dividida em camadas que são classificadas conforme a altitude em relação à crosta terrestre:

Troposfera – é a região mais baixa da atmosfera, nela a temperatura geralmente diminui com a altitude. Entretanto, algumas vezes, nas camadas pouco espessas da troposfera, a temperatura aumenta com a altitude, e neste caso ocorre uma inversão térmica. Essa camada se estende até 20 km do solo, no equador, e a aproximadamente 10 km nos polos. É nessa camada que ocorre a maior parte dos fenômenos que definem o tempo meteorológico, até porque nela se situam três quartos do peso de toda a atmosfera: os movimentos das massas de ar, a formação de sistemas como as frentes frias e quentes, os centros de baixa e alta pressão (2).

Estratosfera – é a camada acima da troposfera e o seu topo fica a 50 km do solo. A temperatura aumenta com a altitude, indo de -60°C a 0°C . A estratosfera contém ozônio (O_3), um gás que absorve os raios ultravioletas do Sol que são extremamente prejudiciais à vida na Terra. A emissão de moléculas de CFC's (clorofluorcarbonetos) é prejudicial à camada de ozônio.

Mesosfera – é a camada acima da estratosfera e o seu topo fica a 80 km do solo. A temperatura diminui com o aumento da altitude, chegando a temperaturas abaixo de -100°C . A parte inferior é mais quente porque absorve calor da estratosfera.

Termosfera - é a camada acima da termosfera e o seu topo fica a cerca de 450 km do solo. É a camada mais quente, uma vez que as raras moléculas de ar absorvem a radiação do Sol. As temperaturas aumentam com a altitude, no topo chegando a 2000°C .

Exosfera – é a camada superior da atmosfera, localizada a mais ou menos 900 km acima da Terra. O ar é muito rarefeito e as moléculas de gás "escapam" constantemente para o espaço. Por isso é chamada de exosfera (parte externa da atmosfera) (1).

A composição do ar não é constante no tempo, nem no espaço. Contudo se fossem removidas as partículas suspensas, vapor d'água e certos gases variáveis, presentes em pequenas quantidades, seria encontrada uma composição muito estável sobre a Terra, até uma altitude de aproximadamente 80 km. A Tabela 1 e a Figura 2 apresentam a composição do ar seco. (3)

Tabela 1 - Principais gases do ar seco. (3)

Gás	Porcentagem	Partes por Milhão
Nitrogênio	78,08	780.000,0
Oxigênio	20,95	209.460,0
Argônio	0,93	9.340,0
Dióxido de carbono	0,035	350,0
Neônio	0,0018	18,0
Hélio	0,00052	5,2
Metano	0,00014	1,4
Criptônio	0,00010	1,0
Óxido nitroso	0,00005	0,5
Hidrogênio	0,00005	0,5
Ozônio	0,000007	0,07
Xenônio	0,000009	0,09

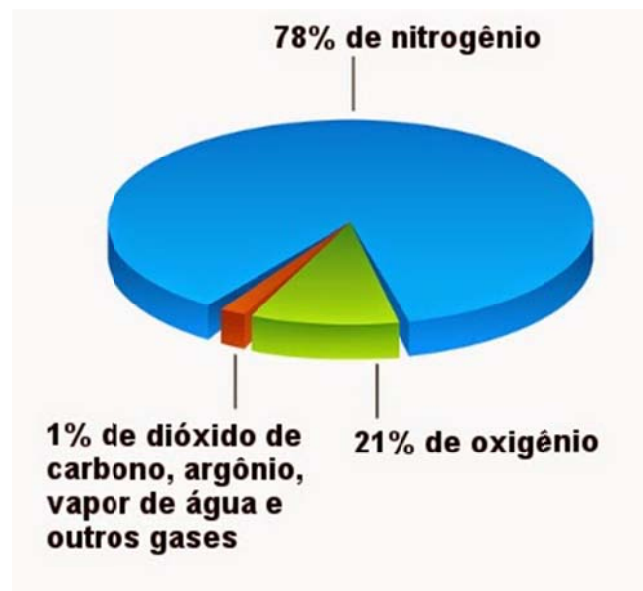


Figura 2 - Composição do ar seco

O nitrogênio e o oxigênio ocupam até 99% do volume do ar seco e limpo. A maior parte do restante (cerca de 1%) é ocupada pelo gás inerte argônio. Embora estes elementos sejam abundantes eles têm pouca influência sobre os fenômenos do tempo. A importância de um gás ou aerossol atmosférico não está relacionada à sua abundância relativa. Por exemplo, o dióxido de carbono, vapor d'água, o ozônio e os aerossóis ocorrem em pequenas concentrações, mas são importantes para os fenômenos meteorológicos e para a vida. (3)

A densidade do ar e a pressão atmosférica são maiores ao nível do mar, pois quanto maior a coluna de ar, maior é o número de moléculas por centímetro cúbico. Dessa forma, a pressão atmosférica exerce influência direta sobre os

níveis de emissões dos motores a combustão interna, pois a quantidade em massa de oxigênio é maior ao nível do mar, o que favorece a combustão reduzindo os produtos incompletos da combustão (poluentes).

1.2. Poluição Atmosférica

A resolução CONAMA n° 3/90 define poluente atmosférico como “qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados de acordo com a sua origem em:

Poluente Primário: emitido diretamente pela fonte de emissão. Por exemplo: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x).

Poluente Secundário: formados a partir da reação química entre componentes naturais da atmosfera e poluentes primários. Por exemplo: ozônio (O₃).

As fontes poluidoras são classificadas da seguinte maneira:

Fonte Fixa ou Estacionária: indústrias, geradores, agricultura, mineração e usinas de geração de energia termoelétrica.

Fonte Móvel: motores de combustão interna para meios de transporte.

No tópico a seguir é apresentada a caracterização das fontes de poluição na Região Metropolitana de São Paulo.

1.3. Principais Poluentes atmosféricos

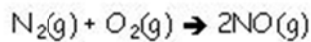
Monóxido de carbono (CO): Gás incolor, inodoro e insípido que é emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizar a queima completa do combustível. Está presente em maiores concentrações em áreas urbanas, principalmente em vias com grande tráfego, pois sua principal fonte é proveniente do gás de escapamento de veículos automotores. Este poluente é altamente tóxico e, em grandes concentrações tende-se a combinar rapidamente com a hemoglobina do sangue, formando a carboxihemoglobina, que pode ocupar o espaço destinado ao transporte de oxigênio e causar a morte por asfixia. Além disso, em baixas concentrações o monóxido de carbono faz com que a pessoa sinta fadiga, tontura, dor de cabeça e náuseas. (4)

Hidrocarbonetos (HC): Também conhecidos como COV's (Compostos Orgânicos Voláteis) e VOC's (Volatile Organic Compounds) são compostos formados de carbono e hidrogênio, tem origem da combustão incompleta de combustíveis em motores de combustão interna ou na sua evaporação. São gases e vapores que causam irritação nos olhos, nariz, pele e trato respiratório. Além disso, podem possuir diversas substâncias altamente tóxicas como os BTX (benzeno, tolueno, xileno) e PAH (*polycyclic-aromatic-hydrocarbons*). Podem vir a causar câncer por serem considerados altamente carcinogênicos e mutagênicos.

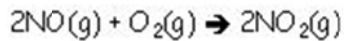
Os HCs são precursores para a formação do ozônio (O₃) troposférico e apresentam potencial causador de efeito estufa (metano).

Óxidos de nitrogênio (NO_x): Este termo compreende o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂) que são poluentes provenientes dos veículos, aviões, centrais termoelétricas, fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico, incineradores e queimadas. Nas grandes cidades os veículos são as principais fontes de emissão.

No processo de combustão nos motores, com o aumento da temperatura a valores suficientemente altos, ocorre a reação entre o oxigênio e nitrogênio presentes no ar produzindo, principalmente, óxido nítrico (NO).



Este gás é oxidado formando dióxido de nitrogênio (NO_2):



Os gases expelidos pelos veículos automotores podem conter até 1.000 ppm de óxidos de nitrogênio, mas com o uso de catalisadores, o NO presente no gás de escapamento é transformado em N_2 , um gás pouco reativo e um importante componente da atmosfera.

O NO é um gás praticamente inofensivo e puro, não representa graves perigos à saúde, mas o NO_2 é um gás de cor marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. O NO_2 , quando inalado, atinge as porções mais periféricas do pulmão devido à sua baixa solubilidade em água. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ele ser um agente oxidante. (5) Uma pessoa que exposta a este gás sente imediatamente ardência nos olhos, no nariz e nas mucosas em geral.

O NO_2 pode levar a formação da chuva ácida, pois reage com a água formando o ácido nítrico (HNO_3), causando danos à vegetação e à colheita.

Além disso, os óxidos de nitrogênio podem sofrer transformações fotoquímicas, formando o ozônio (O_3) troposférico. (6)

Dióxido de enxofre (SO_2): Gás incolor com odor forte, proveniente da queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre em sua composição.

É um gás muito solúvel e ao chegar à mucosa respiratória (úmida), transforma-se em ácido sulfúrico que, mesmo em quantidades muito pequenas, ao longo do tempo lesam células de defesa do trato respiratório predispondo o indivíduo a infecções respiratórias. (7)

É precursor da formação de chuva ácida e de material particulado secundário (sulfatos). Além disso, possui um alto poder corrosivo, agindo sobre materiais e estruturas.

Para o controle desta emissão é importante a redução do teor de enxofre no combustível.

Material Particulado (MP): Sob a denominação de material particulado, se encontra uma classe de poluentes constituídas de poeiras, fumaças e todo o tipo de material sólido e líquido que, devido ao pequeno tamanho, mantém-se suspenso na atmosfera. 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. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos (HC), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas (aerossóis - exemplo: nitratos, sulfatos) como resultado de reações químicas no ar. (8)

O MP é o poluente atmosférico mais consistentemente associado a efeitos adversos à saúde humana. Tem por composição básica um núcleo de carbono elementar onde estão agregados gases, compostos orgânicos, sulfatos, nitratos e metais, conforme representado na Figura 3. Assim, ao seu núcleo de carbono estão adsorvidos inúmeros poluentes presentes no ar, cuja ação irritante, tóxica ou cancerígena é facilitada pelo transporte destes compostos para a intimidade do organismo pela inalação do material particulado. (7)

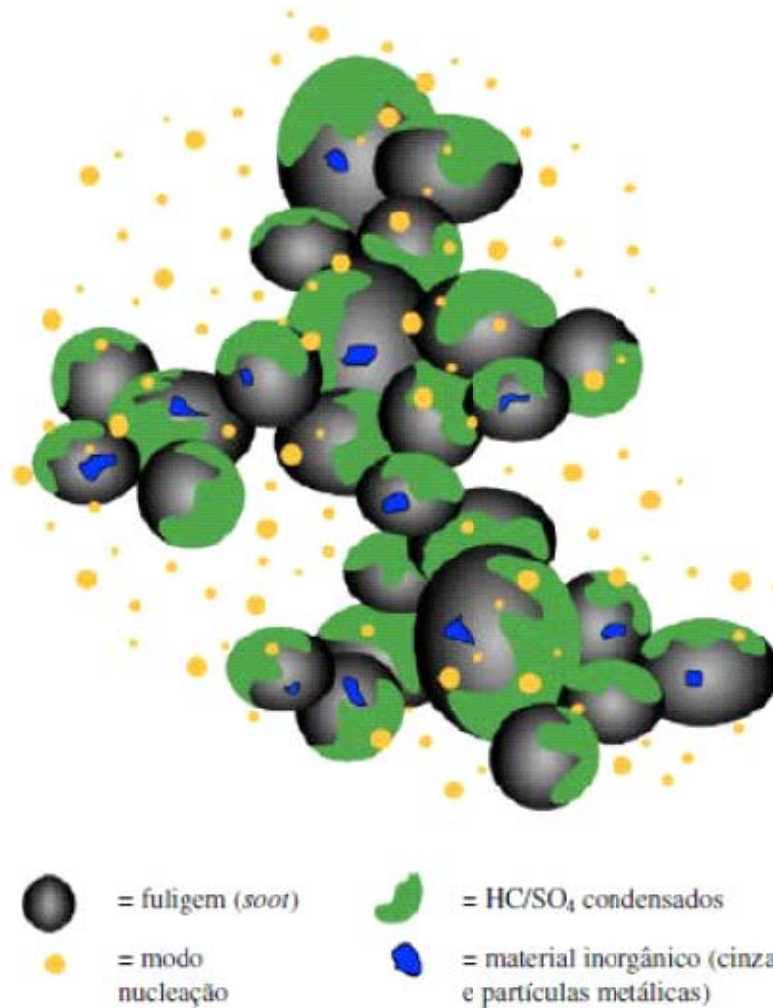


Figura 3 - Visualização microscópica do material particulado proveniente da combustão de motores movidos a diesel. (9)

As partículas são classificadas de acordo com o seu diâmetro aerodinâmico. As partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 e 10 μ m são chamadas de Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀) e as inferiores a 2,5 μ m são denominadas Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}). A

Figura 4 permite visualizar quão pequena são as partículas inaláveis, apresentando a dimensão comparativa das partículas inaláveis com o diâmetro médio de um fio de cabelo (60 μ m).

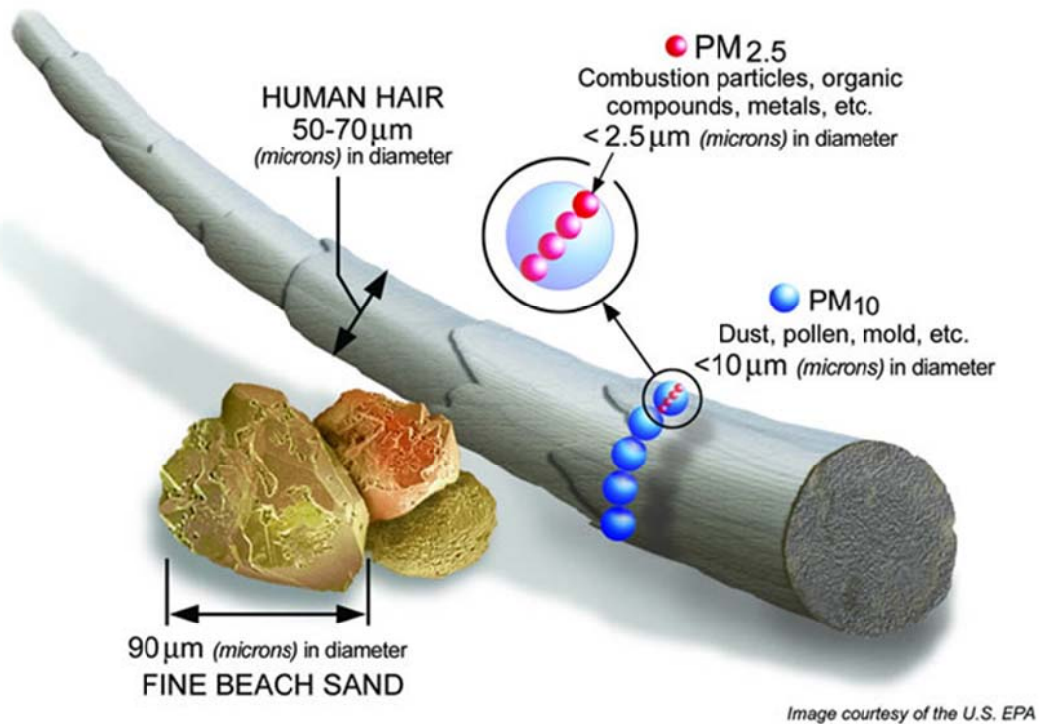


Figura 4 - Dimensão comparativa dos diferentes particulados existentes (10)

As partículas inaláveis se mantêm por longo tempo junto às células do tecido pulmonar, permitindo que pequenas quantidades de tóxicos causem danos graças à sua prolongada permanência. (7)

Dependendo do tamanho das partículas elas podem se instalar em diferentes regiões do sistema respiratório, as partículas finas, devido ao seu tamanho diminuto, podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório, conforme representado na Figura 5.

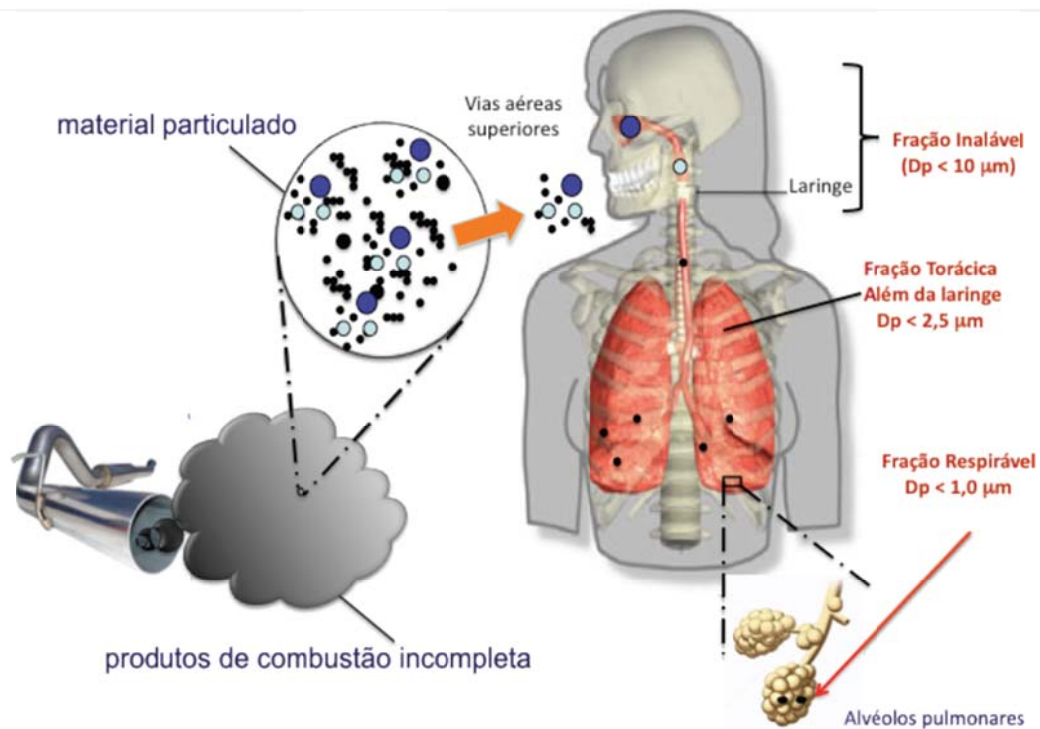


Figura 5 - Representação das áreas de depósito do material particulado proveniente de processos de combustão incompleta (11)

Quanto menor é a partícula, maior é a sua absorção nas trocas gasosas efetuadas pelo pulmão, carregando consigo compostos nocivos que podem se manifestar causando lesões não só locais, no sistema respiratório, mas também de ordem sistêmica, manifestada em qualquer outro órgão ou sistema de organismo. (7)

Ozônio (O_3): é um poluente secundário, ou seja, não é emitido diretamente pelos veículos, mas formado a partir de outros poluentes atmosférico, e altamente oxidante na troposfera (camada inferior da atmosfera). O ozônio é encontrado naturalmente na estratosfera (camada situada entre 15 e 50 km de altitude), onde exerce uma importante função ecológica, absorvendo a radiação solar, impedindo que grande parte dos raios ultravioleta cheguem à superfície terrestre.

É formado por uma série de reações catalisadas pela radiação solar (reações fotoquímicas), envolvendo como precursores, óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), derivados das emissões de veículos, indústrias e usinas termoeletricas.

A ação tóxica do ozônio deve-se a sua alta reatividade, tendo a capacidade de oxidar proteínas, lipídios e outras substâncias químicas integrantes das células, lesando ou matando as mesmas, dependendo da concentração e do tempo de exposição. Assim, os oxidantes fotoquímicos agravam a ação irritante dos outros poluentes e intensificam as inflamações e infecções do sistema respiratório. (4) (7)

1.4. Caracterização das Fontes de Poluição na Região Metropolitana de São Paulo

A poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), composta por 39 municípios, é decorrente das emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos veículos e indústrias. A Tabela 2, apresenta a estimativa da frota circulante da RMSP em dezembro de 2013. Esta região concentra 48% da frota do Estado em cerca de 3,2% do território e ainda abriga aproximadamente 21 milhões de habitantes (48% do total do Estado) (12), o que agrava o problema da exposição à poluição nessa região. (8)

Tabela 2 - Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2014. (13)

Categoria		Combustível	Frota Circulante na RMSP	% Frota RMSP/Estado
Automóveis		Gasolina C	2.009.835	55%
		Etanol Hidratado	137.527	42%
		Flex	3.071.990	50%
Comerciais Leves		Gasolina C	389.436	59%
		Etanol Hidratado	12.556	39%
		Flex	395.714	43%
		Diesel	180.837	45%
Caminhões	Semileves	Diesel	15.437	39%
	Leves		46.621	39%
	Médios		28.060	39%
	Semipesados		44.999	40%
	Pesados		46.546	39%
Ônibus	Urbanos	Diesel	34.786	53%
	Micro-ônibus		7.805	54%
	Rodoviários		15.247	52%
Motocicletas		Gasolina C	791.255	37%
		Flex	105.317	23%
Total			7.333.970	48%

A Tabela 3 apresenta a estimativa de emissões das fontes de poluição móveis e fixas na RMSP.

Tabela 3 - Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2014 (8)

Categoria		Combustível	Emissão por poluente (t)					
			CO	HC ⁽¹⁾	NOx	MP ⁽²⁾	SOx ⁽³⁾	
MÓVEIS	Automóveis	Gasolina C	69.160	14.211	8.790	37	193	
		Etanol Hidratado	14.013	2.621	1.126	nd	nd	
		Flex-gasolina C	9.591	3.931	1.043	19	109	
		Flex-etanol hidratado	11.094	3.539	950	nd	nd	
	Comerciais Leves	Gasolina C	13.195	2.360	1.303	7	44	
		Etanol Hidratado	887	169	78	nd	nd	
		Flex-gasolina C	1.379	701	175	3	22	
		Flex-etanol hidratado	1.976	572	209	nd	nd	
	Caminhões	Semileves Leves Médios Semipesados Pesados	Diesel	226	72	1.255	58	34
				1.007	305	5.728	237	177
				655	218	3.837	187	101
				813	189	4.637	136	175
				739	201	4.597	138	180
	Ônibus	Urbanos Micro-ônibus Rodoviários	Diesel	2.439	549	12.718	366	12
				169	38	916	23	1
				234	71	1.483	21	56
	Motocicletas	Gasolina C Flex-gasolina C Flex-etanol hidratado	33.519	4.674	1.079	66	128	
			528	89	38	3	10	
			224	45	17	nd	nd	
	Total Emissão Veicular (2014)			162.896	34.824	54.334	1.484	1.562
FIXA	Operação de Processo Industrial (2008) (Número de indústrias inventariadas)		4.180 ¹ (62)	4.700 ¹ (121)	15.430 ¹ (161)	3.060 ¹ (198)	5.590 ¹ (146)	
	Base de combustível líquido (2009) (18 empreendimentos)		-	3.400 ²	-	-	-	
TOTAL GERAL			167.076	42.924	69.764	4.544	7.152	

1 - Ano de referência do inventário: 2008.

2 - Ano de referência do levantamento: 2009. Os empreendimentos participantes deste levantamento foram selecionados utilizando a metodologia top-down, baseado nas informações da Agência Nacional do Petróleo (ANP) sobre entregas de combustíveis do ano de 2009.

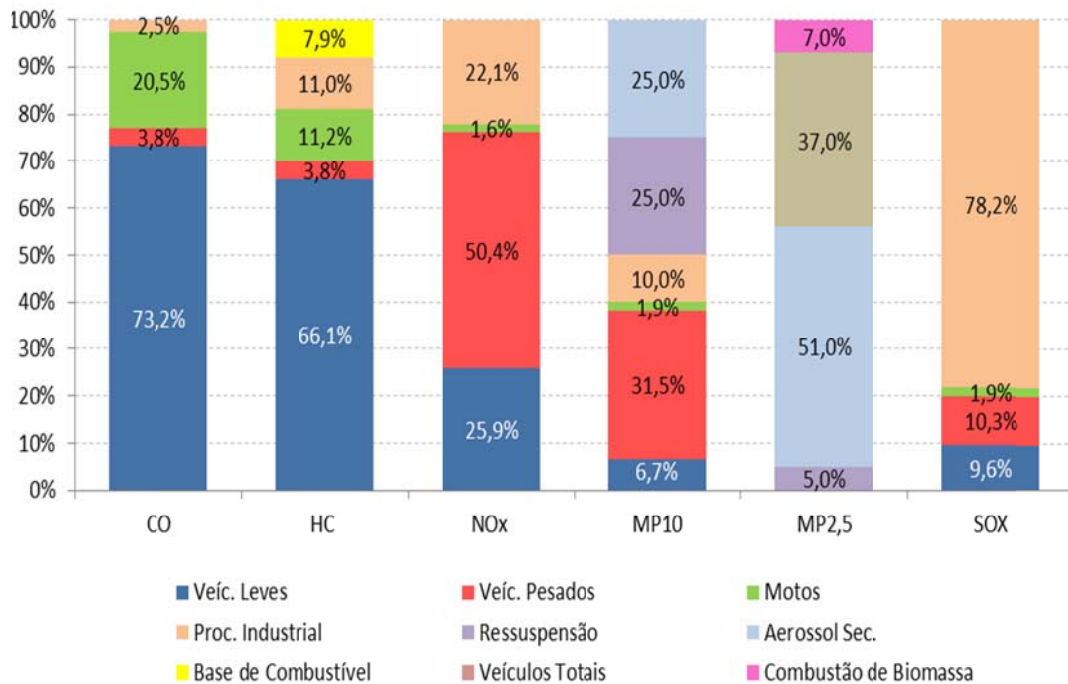
(1) Emissões evaporativas de HC incluídas para automóveis e comerciais leves ciclo Otto.

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

(3) Emissões calculadas pelo método top-down.

nd: não disponível.

A Figura 6 apresenta o gráfico da contribuição relativa das fontes de poluição na RMSP:



Obs. 1: MP10 - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre todos os
 Obs. 2: MP2,5 - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis finas realizado em Cerqueira César em 1996/1997, sendo a
 Obs. 3: As emissões de HC provenientes do abastecimento dos veículos nos postos de combustível foram incorporadas nos veículos leves.

Figura 6 - Gráfico de emissões relativas por tipo de fonte – RMSP. (8)

A partir dos dados apresentados é possível observar que os veículos são responsáveis por cerca de 97,5% das emissões de CO, 82,4% de HC, 78,3% de NOx, 40% de MP 43,1% de SOx. Os veículos leves contribuem com a maior parcela das emissões de CO e HC. Por sua vez, os veículos a diesel contribuem com 52% da emissão total de NO_x. No caso do NO_x, espera-se uma redução futura dessa emissão, pois desde 2012 começaram a ser produzidos veículos com tecnologias que permitem atender limites mais restritivos de emissão de NO_x. Desta forma, quando a frota desses veículos for significativa, espera-se observar uma redução nessa emissão. Observa-se que as motocicletas apresentam uma contribuição relevante com as emissões de CO e HC (22% e 12%, respectivamente), tendo sido inseridas a partir de 2002 nos programas de controle de emissões veiculares. (8)

A redução dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, considerados os principais precursores de ozônio, pode contribuir para a diminuição das concentrações deste poluente na atmosfera. Entretanto, além da frota circulante e das bases de combustível, outras fontes de emissão de precursores de O_3 na RMSP são consideradas importantes, como as emissões evaporativas de combustíveis que ocorrem no momento do reabastecimento dos tanques dos veículos e dos postos de gasolina, bem como de fontes industriais que emitem compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio. (8)

Para os óxidos de enxofre, são importantes as emissões das indústrias e dos veículos. (8)

No caso das partículas inaláveis, além dos veículos e das indústrias, contribuem ainda outros fatores, como a ressuspensão de partículas do solo e a formação de aerossóis secundários. (8)

2. Problemas Ambientais

2.1. Inversão Térmica

Nos primeiros 10 km da atmosfera, normalmente, o ar vai resfriando-se à medida que nos distanciamos da superfície da terra. Assim o ar mais próximo à superfície, que é mais quente, portanto menos denso, pode ascender, favorecendo a dispersão dos poluentes emitidos pelas fontes, conforme o fluxo normal representado na Figura 7:

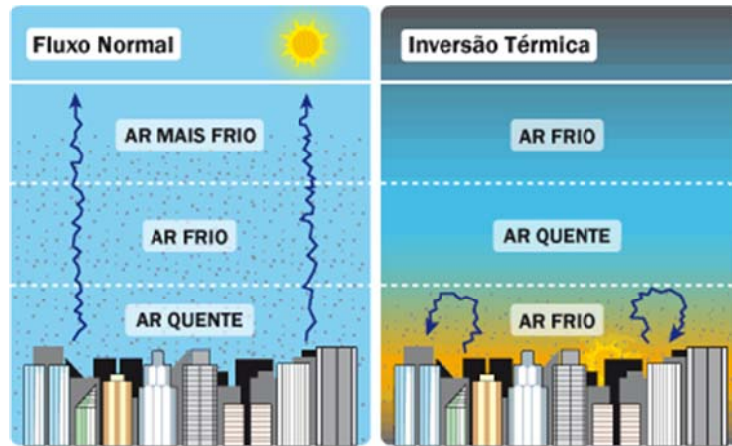


Figura 7 - Representação do fluxo normal e da inversão térmica. (14)

A inversão térmica é um fenômeno meteorológico que ocorre quando uma camada de ar quente se sobrepõe a uma camada de ar frio, impedindo o movimento ascendente do ar, uma vez que, o ar abaixo dessa camada fica mais frio, portanto, mais denso, fazendo com os poluentes se mantenham próximos da superfície, como pode ser observado na Figura 7.

A inversão térmica ocorre durante todo o ano, sendo que, no inverno elas são mais baixas, principalmente no período noturno. Em um ambiente com um grande número de indústrias e de circulação de veículos, como o das cidades, a inversão térmica pode levar a altas concentrações de poluentes, podendo ocasionar problemas de saúde. (15)

As condições que favorecem o desenvolvimento de inversões térmicas acentuadas são os ventos fracos, a ausência de nuvens e noites longas. Ventos fracos dificultam a mistura entre as camadas de ar, enquanto que o céu sem nuvens aumenta a taxa de resfriamento na superfície da Terra. Noites longas permitem que o resfriamento da superfície ocorra por um período de tempo maior, resultando numa maior queda de temperatura da superfície. Como as noites nos períodos de inverno são mais longas que as noites no período de verão, a inversão térmica é mais comum e mais intensa durante os meses de inverno. Uma inversão térmica acentuada implica numa diferença de temperatura considerável entre o ar frio da superfície e o ar quente localizado acima. Durante o dia, conforme o sol esquenta a superfície da terra, a inversão térmica geralmente enfraquece e desaparece. Porém, sob certas condições

meteorológicas, como em condições de pressão elevada sobre uma área, estas inversões podem persistir por vários dias. Além disso, características topográficas locais, especialmente em vales, podem aumentar a formação da inversão térmica.

A Figura 8 apresenta a imagem de inversão térmica na cidade de São Paulo, ficando nítida a faixa de poluição próxima à superfície.



Figura 8 - Inversão Térmica na cidade de São Paulo (16)

2.2. Efeito Estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural de aquecimento térmico da Terra. É imprescindível para manter a temperatura do planeta em condições ideais de sobrevivência. Sem ele, a Terra seria muito fria, dificultando o desenvolvimento das espécies.

Parte da energia solar que chega ao planeta é refletida diretamente de volta ao espaço, e outra parte é absorvida pelos oceanos e pela superfície da Terra, promovendo o seu aquecimento. Uma parcela desse calor é irradiada de volta ao espaço, mas é bloqueada pela presença de gases de efeito estufa que, apesar de deixarem passar a energia do Sol (emitida em comprimentos de onda menores), são opacos à radiação terrestre (emitida em maiores comprimentos de onda). Essa diferença nos comprimentos de onda se deve às temperaturas do Sol e da superfície terrestre.

Quando existe um balanço entre a energia solar incidente e a energia refletida na forma de calor pela superfície terrestre, o clima se mantém praticamente inalterado. Entretanto, o balanço de energia pode ser alterado de várias formas:

- (1) pela mudança na quantidade de energia que chega à superfície terrestre;
- (2) pela mudança na órbita da Terra ou do próprio Sol;
- (3) pela mudança na quantidade de energia que chega à superfície terrestre e é refletida de volta ao espaço, devido à presença de nuvens ou de partículas na atmosfera (aerossóis);
- (4) pela mudança na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera devido às emissões antrópicas, alterando a quantidade de energia refletida de volta ao espaço. (17)

A Figura 9 apresenta uma representação do efeito estufa.

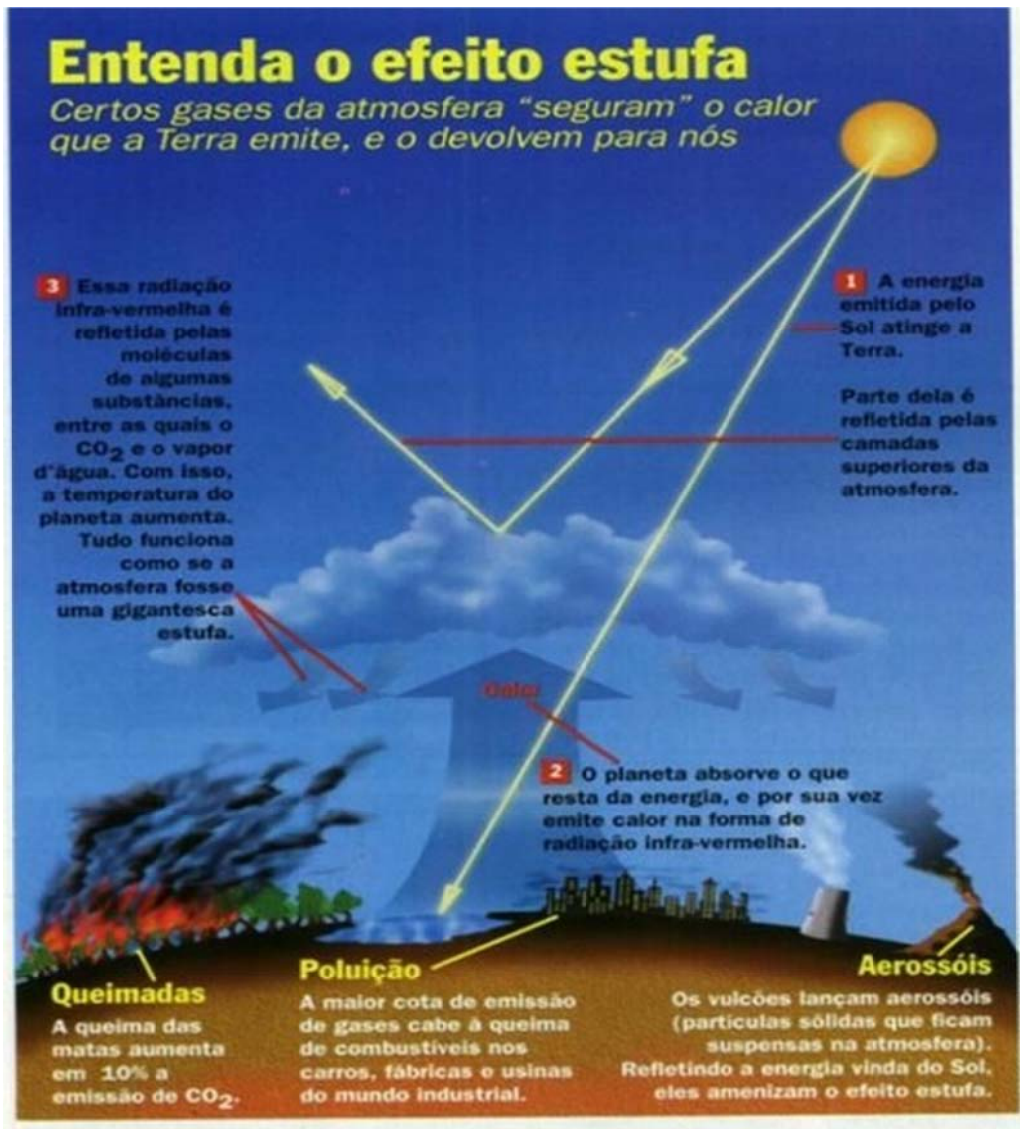


Figura 9 – Representação do Efeito Estufa (18)

2.2.1. Gases de efeito estufa

O vapor d'água (H₂O), o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO₂), o óxido nítrico (N₂O), o metano (CH₄) e o ozônio (O₃) são os principais GEE na atmosfera. Existem também na atmosfera GEE totalmente produzidos por atividades humanas, como os halocarbonetos e outras substâncias com cloro e bromo, objeto do Protocolo de Montreal. O Protocolo de Quioto também aborda o hexafluoreto de enxofre (SF₆), além de duas famílias de gases: os hidrofluorcarbonetos (HFC) e os perfluorocarbonetos (PFC). Entre os gases

do efeito estufa que estão aumentando de concentração, o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso são os mais importantes.

O CO₂ contribui mais para o aquecimento, uma vez que representa 55% do total das emissões mundiais de gases do efeito estufa. O tempo de sua permanência na atmosfera é, no mínimo, de 100 anos, com impactos no clima ao longo de séculos. Já a quantidade de metano emitida é bem menor, mas seu potencial de aquecimento é 21 vezes superior ao do CO₂. No caso do óxido nitroso e dos clorofluorocarbonetos, suas concentrações são ainda menores, mas o poder estufa é, respectivamente, de 310 e 6.200 a 7.100 vezes maior do que o do CO₂. Abaixo são descritas as fontes de emissões e o potencial de aquecimento dos GEE:

- **Dióxido de carbono (CO₂):** gerado principalmente pela queima de combustíveis fósseis (carvão, gás natural e petróleo) e pelas queimadas. O CO₂ é utilizado como referência para classificar o poder de aquecimento global dos demais gases de efeito estufa.
- **Óxido nitroso (N₂O):** cujas emissões resultam, entre outros, do tratamento de dejetos animais, do uso de fertilizantes, da queima de combustíveis fósseis e de alguns processos industriais, possui um poder de aquecimento global 310 vezes maior que o CO₂;
- **Metano (CH₄):** é produzido pela decomposição da matéria orgânica, sendo encontrado geralmente em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas (em maior ou menor grau, dependendo do uso da terra anterior à construção do reservatório) e também pela criação de gado e cultivo de arroz. Com poder de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono.
- **Ozônio (O₃):** gerado naturalmente na troposfera ou por meio de reações fotoquímicas de gases resultantes de atividades humanas. Em grandes concentrações, o ozônio pode ser prejudicial a organismos vivos. Esse gás na tem um importante papel na estratosfera, pois é responsável pelo equilíbrio da radiação.
- **Hexafluoreto de enxofre (SF₆):** este gás é amplamente empregado na indústria pesada como isolante de equipamentos de alta voltagem, além

de auxiliar na produção de sistemas de resfriamento de cabos. Seu potencial de aquecimento global é de 23.900 vezes maior que o do CO₂;

- **Clorofluorcarbonetos (CFC):** gases de efeito estufa incluídos no Protocolo de Montreal. São gases sintetizados industrialmente, utilizados em ar condicionados, refrigeradores e em aerossóis. Os CFCs não se dissolvem na baixa atmosfera, subindo até a alta atmosfera onde destroem o ozônio, contribuindo para o aumento do buraco na camada de ozônio. Os CFCs podem durar décadas ou mesmo séculos na atmosfera e seu potencial de aquecimento global é milhares de vezes maior que o do CO₂.
- **Hidrofluorcarbonos (HFC):** produzidos comercialmente como substitutos do CFCs, os HFCs são utilizados principalmente na refrigeração e na fabricação de semicondutores. Não agredem a camada de ozônio, mas têm, em geral, alto potencial de aquecimento global, variando de 140 a 11.700 vezes maior que o do CO₂.
- **Perfluorcarbonetos (PFC):** são subprodutos da fundição de alumínio e do enriquecimento de urânio. Este gás vem substituindo os CFCs na fabricação de semicondutores. O potencial de aquecimento global dos PFCs varia de 6.500 a 9.200 vezes maior que o do CO₂. (17) (19)

2.3. Mudanças Climáticas

Embora o clima tenha apresentado mudanças ao longo da história da Terra, em todas as escalas de tempo, percebe-se que a mudança atual, apresenta alguns aspectos distintos devido à intensificação das emissões dos GEE. A maior parte da atual mudança do clima, particularmente nos últimos 50 anos, é atribuída às atividades humanas.

A principal evidência dessa mudança é o aquecimento global, que foi detectado no aumento da temperatura média global do ar e dos oceanos, no derretimento generalizado da neve e do gelo, e na elevação do nível do mar, não podendo mais ser negada.

Entre 2000 e 2010 as emissões cresceram mais rapidamente do que na década anterior, sobretudo em razão do aumento do uso de carvão para geração de energia. Hoje, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera é a mais alta desde os últimos 800 mil anos. Se nada for feito, a previsão é de que até 2100 a temperatura média global aumente em até 5°C. (20)

2.4. Camada de Ozônio

O ozônio (O_3) é um dos gases que compõe a atmosfera e cerca de 90% de suas moléculas se concentram entre 20 e 35 km de altitude, região denominada Camada de Ozônio. Sua importância está no fato de ser o único gás que filtra a radiação ultravioleta do tipo B (UV-B), nociva aos seres vivos.

O ozônio tem funções diferentes na atmosfera, em função da altitude em que se encontra. Na estratosfera, o ozônio é criado quando a radiação ultravioleta, de origem solar, interage com a molécula de oxigênio, quebrando-a em dois átomos de oxigênio (O). O átomo de oxigênio liberado une-se a uma molécula de oxigênio (O_2), formando assim o ozônio (O_3), conforme esquematizado na Figura 10. Na região estratosférica, 90% da radiação ultravioleta do tipo B é absorvida pelo ozônio. (21)

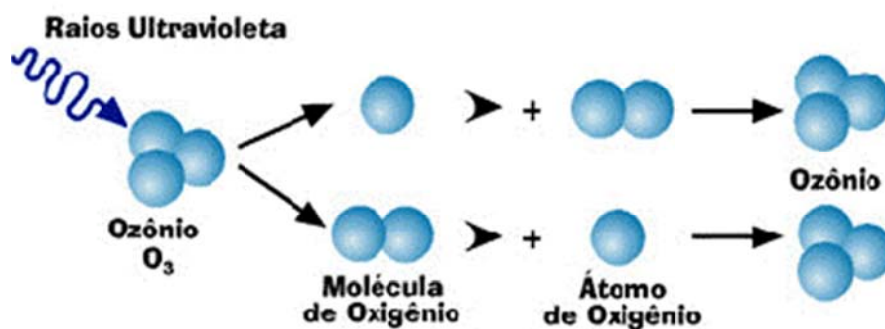


Figura 10 - Formação do ozônio (22)

Ao nível do solo, na troposfera, o ozônio perde a sua função de protetor e se transforma em um gás poluente, responsável pelo aumento da temperatura da superfície, junto aos outros gases do efeito estufa.

Nos seres humanos a exposição à radiação UV-B está associada aos riscos de desenvolvimento do câncer de pele, danos à visão, ao envelhecimento precoce e à supressão do sistema imunológico. Os animais também sofrem as consequências do aumento da radiação. Os raios ultravioletas prejudicam os estágios iniciais do desenvolvimento de peixes, camarões, caranguejos e outras formas de vida aquáticas e reduz a produtividade do fitoplâncton, base da cadeia alimentar aquática, provocando desequilíbrios ambientais. (21)

2.1.1. Mecanismo de Destruição do Ozônio

O ozônio é naturalmente destruído na estratosfera superior pela radiação ultravioleta do Sol. Para cada molécula de ozônio que é destruída, um átomo de oxigênio e uma molécula de oxigênio são formados, podendo se recombinar para produzir o ozônio novamente. Essas reações naturais de destruição e produção de ozônio ocorrem de forma equilibrada, conforme esquematizado na Figura 10.

Apesar da sua relevância, a camada de ozônio começou a sofrer com os efeitos da poluição crescente provocada pela industrialização mundial. Seus principais inimigos são produtos químicos como Halon, Tetracloreto de Carbono (CTC), Hidroclorofluorcabono (HCFC), Clorofluorcarbono (CFC) e Brometo de Metila, substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal e que são denominadas Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio - SDOs. Quando liberadas no meio ambiente, deslocam-se atmosfera acima, degradando a camada de ozônio. (21)

A Figura 11 apresenta um esquema didático de como a molécula de ozônio é destruída.

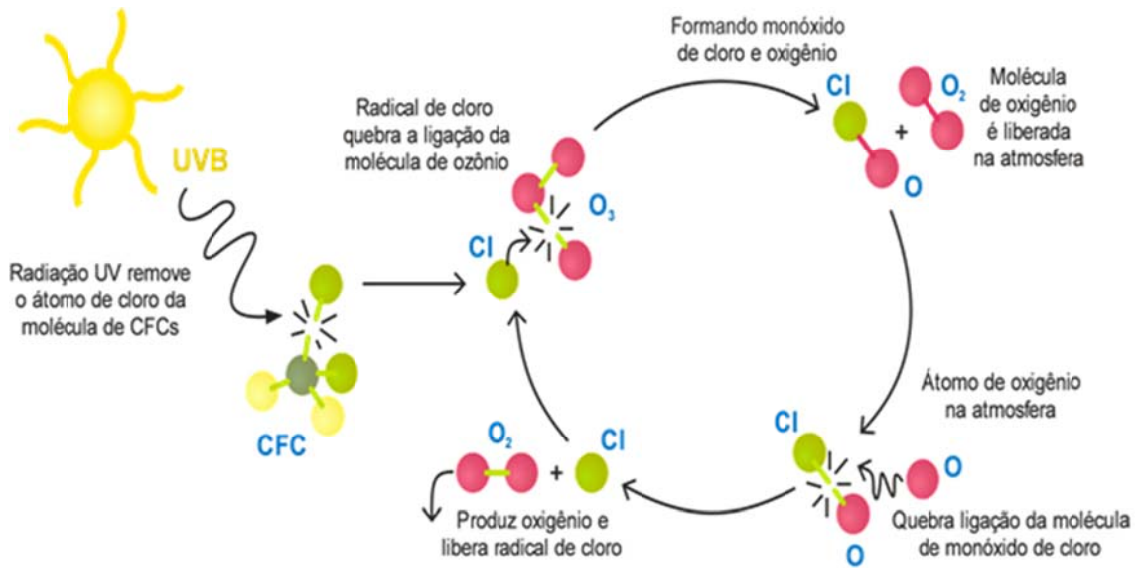


Figura 11 - Mecanismo de destruição do ozônio (21)

2.1.2. Buraco da Camada de Ozônio

O “buraco da camada de ozônio” é o fenômeno de queda acentuada na concentração do ozônio sobre a região da Antártica, conforme figura abaixo. A cor azul tendendo para o violeta indica a baixa concentração de ozônio. O processo de diminuição da concentração de ozônio vem sendo acompanhado desde o início da década de 1980, em vários pontos do mundo, inclusive no Brasil.

A Figura 12 mostra o buraco na camada de ozônio em setembro nos anos de 1980, 1990, 2000 e 2015. (21)

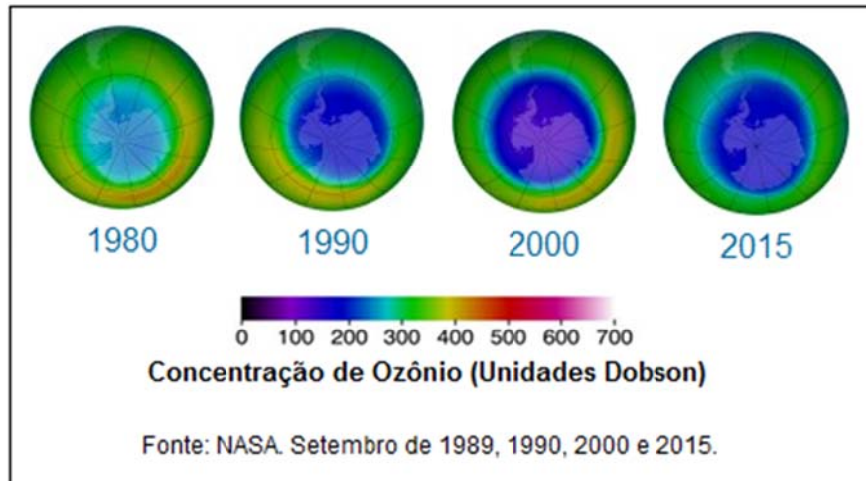


Figura 12 - Buraco na camada de ozônio em setembro nos anos de 1980, 1990, 2000 e 2015. (23)

2.1.3. Recuperação da camada de ozônio

De acordo com o estudo publicado na revista científica americana “Science”, o buraco na camada de ozônio sobre a Antártida está diminuindo. O estudo revelou que o tamanho foi reduzido em cerca de quatro milhões de quilômetros quadrados - uma área do tamanho da Índia - desde 2000.

Essa é uma boa notícia para o meio ambiente, quase 30 anos após o Protocolo de Montreal ser assinado para eliminar progressivamente a emissão de certos poluentes (CFCs).

A autora principal do estudo, Susan Solomon, química atmosférica no Massachusetts Institute of Technology (MIT), em uma entrevista à revista afirmou que está surpresa e que não imaginava que os resultados iriam aparecer tão cedo.

O estudo atribuiu a recuperação da camada de ozônio ao "declínio contínuo do cloro atmosférico proveniente de clorofluorcarbonetos (CFCs)", ou componentes químicos que eram emitidos por limpeza a seco, geladeiras, spray de cabelos e outros aerossóis.

"Agora, podemos estar confiantes de que as coisas que fizemos colocaram o planeta no caminho para a recuperação", disse Solomon.

A coautora Anja Schmidt, pesquisadora em impactos vulcânicos na Universidade de Leeds, concordou e descreveu o Protocolo de Montreal como "uma verdadeira história de sucesso que proporcionou uma solução para um problema ambiental global". (24)

2.5. Chuva Ácida

A queima de combustíveis fósseis libera NO_x e SO_x que, combinados com a água, formam os ácidos nítrico (HNO_3) e sulfúrico (H_2SO_4) presentes nas precipitações, formando a chuva ácida. Nessas condições a chuva, a geada, a neve e a neblina, prejudicam as lavouras e florestas, modificam as propriedades do solo, alteram os ecossistemas aquáticos, contaminam a água, danificam edifícios e monumentos históricos, corroem placas de sinalização, etc.

Em virtude da ação das correntes atmosféricas a chuva ácida também pode ser desencadeada em locais distantes das fontes de emissões de poluentes atmosféricos.

Quanto maior o período que os gases formadores da chuva ácida permanecem na atmosfera, mais a sua composição química se altera, transformando-se num complicado coquetel de poluentes que prejudicam o meio ambiente. (25)

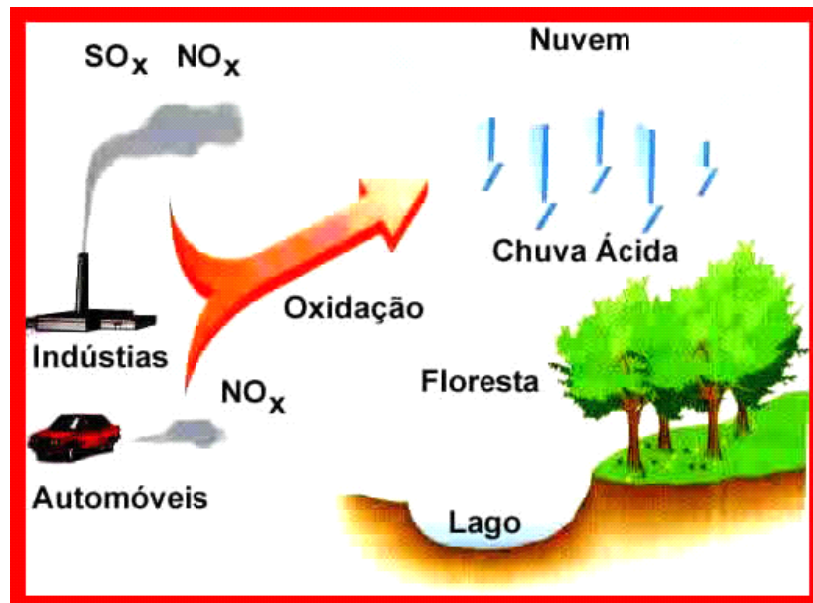


Figura 13 – Representação da Chuva Ácida (26)

3. Programas de Controle de Emissões Veiculares

3.1. PROCONVE

O aumento da motorização individual, decorrente da deficiência crônica dos sistemas de transporte coletivo adequado, tem intensificado o tráfego nos grandes centros urbanos. Além de causar congestionamentos constantes, com a consequente degradação ambiental, devido à poluição do ar e sonora provocada pelos veículos automotores, o crescimento do número de veículos eleva os custos socioeconômicos e provoca sérios danos à saúde humana, devendo ser adotadas medidas eficazes de controle da poluição veicular, direta ou indiretamente (27).

Uma das primeiras medidas de controle adotadas em nível nacional se deu em 06 de maio de 1986, com a Resolução nº 18 do CONAMA que criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, coordenado pelo IBAMA, e que veio definir os primeiros limites de emissão para veículos leves, e contribuir para o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar instituídos pelo PRONAR. Em 28 de outubro de 1993 a lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de

origem veicular, contribuindo para induzir o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados, passassem a atender aos limites estabelecidos (28).

O PROCONVE foi criado pelo CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA por meio de Resoluções que estabelecem diretrizes, prazos e padrões legais de emissão admissíveis para as diferentes categorias de veículos automotores, nacionais e importados (27).

O PROCONVE baseou-se na experiência internacional para adequar os índices à realidade brasileira e tem como principal meta a redução da contaminação atmosférica das fontes móveis, tais como veículos automotores, por meio da fixação dos limites máximos de emissão, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e estabelecendo exigências tecnológicas para veículos, cuja comprovação é feita a partir de ensaios padronizados. A certificação de protótipo/projeto e o acompanhamento estatístico em veículos de produção também fazem parte da estratégia de controle (27).

Ressalta-se que o controle pelo PROCONVE se dá a partir da classificação dos veículos em razão de seu Peso Bruto Total – PBT, sendo que as fases caracterizadas por “L” para veículos leves e “P” para veículos pesados, vem sendo implantadas segundo cronogramas diferenciados (28).

A Figura 14 e a Figura 15 apresentam as evoluções dos limites de emissões para homologação de veículos leves e pesados, respectivamente, segundo as fases do PROCONVE.

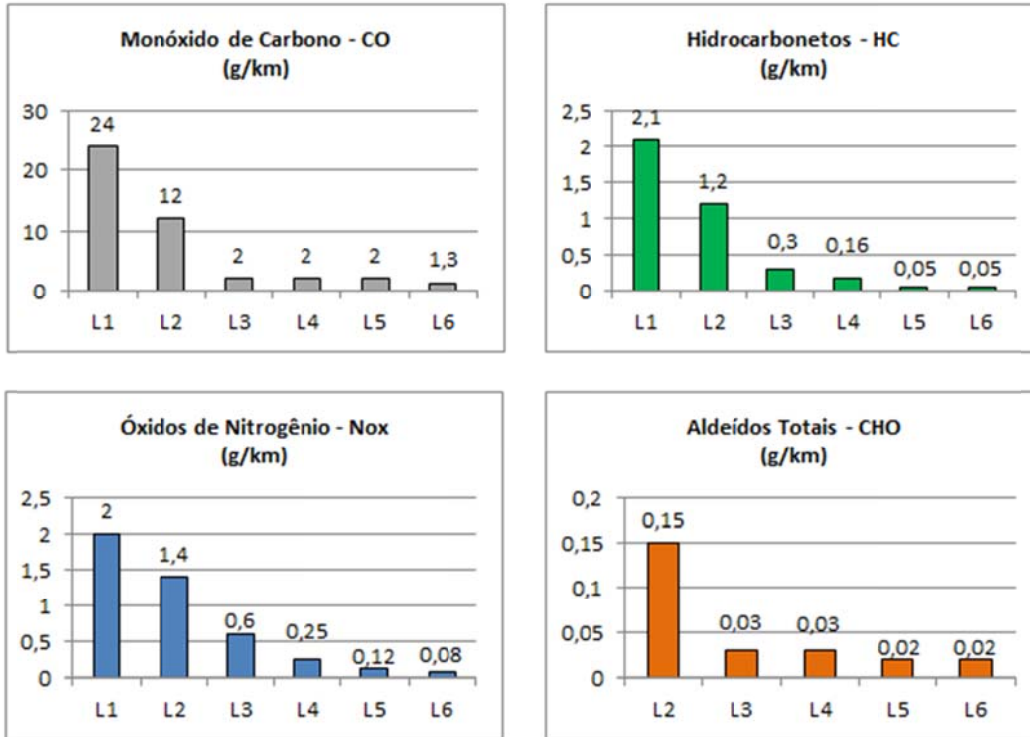


Figura 14 - Evolução dos limites de emissões para veículos leves segundo PROCONVE (28) (29)

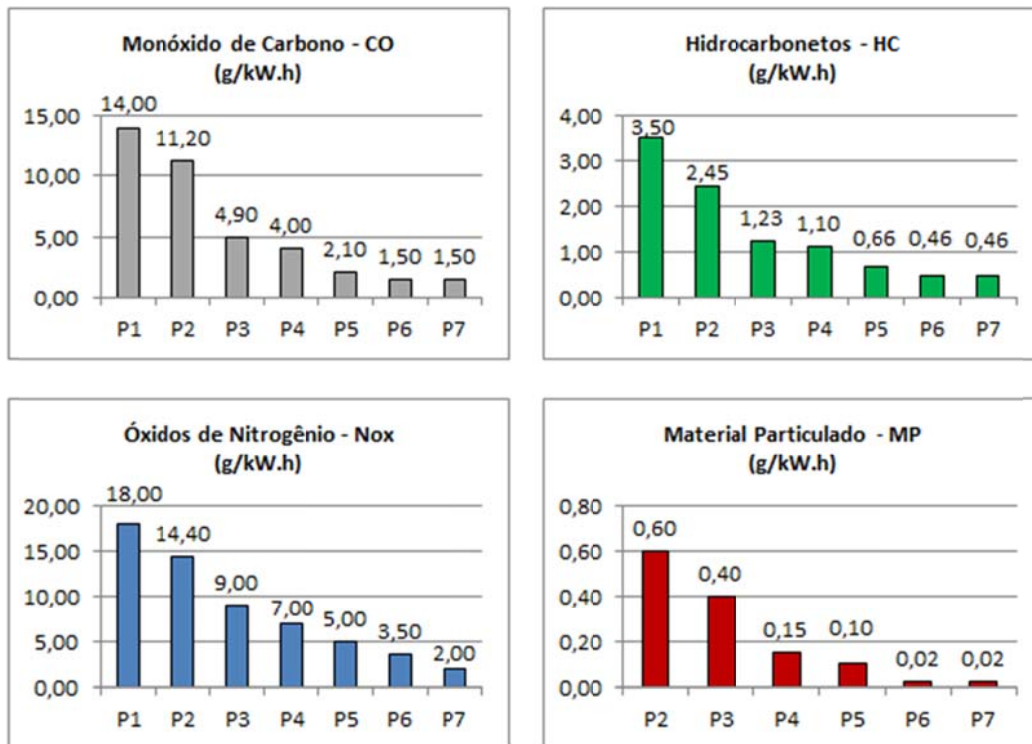


Figura 15 - Evolução dos limites de emissões para veículos pesados segundo PROCONVE (28) (30)

3.2. PROMOT

O acelerado crescimento do segmento das motocicletas e veículos similares no país e seu perfil de utilização, notadamente no segmento econômico de prestação de serviços de entregas em regiões urbanas, tornou necessário o estabelecimento de um programa específico para o controle das emissões de motociclos e veículos similares, muito em razão dos então elevados fatores de emissão dos mesmos quando comparados aos automóveis novos à época (31).

Assim, após o bom andamento das ações do PROCONVE sobre a frota de veículos de quatro rodas, foi implantado em 2002 o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares – PROMOT, introduzido pela Resolução nº 297/2002 do CONAMA, com o objetivo de complementar o controle do PROCONVE e contribuindo, sobremaneira, para reduzir a poluição do ar por fontes móveis no Brasil.

Segundo a Resolução nº 297/2002 do CONAMA, as definições de ciclomotor e motociclo são:

- **Ciclomotor:** Veículo de duas rodas e seus similares de três rodas (triciclo) ou quatro rodas (quadriciclo), provido de um motor de combustão interna, cuja cilindrada não exceda a cinquenta centímetros cúbicos e cuja velocidade máxima de fabricação não exceda a cinquenta quilômetros por hora.
- **Motociclo:** veículo automotor de duas rodas e seus similares de três rodas (triciclo) ou quatro rodas (quadriciclo), dotado de motor de combustão interna com cilindrada superior a cinquenta centímetros cúbicos e cuja velocidade máxima ultrapasse cinquenta quilômetros por hora.

De maneira análoga ao PROCONVE, são denominadas "fases" do PROMOT os intervalos de tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão dado pela legislação e a entrada em vigor de novos limites mais restritivos (Fases "M"), como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Fases e limites de emissões para homologação segundo o PROMOT (31)

Veículos	Fase	Cilindradas	CO (g/km)	HC + NOx (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	COc (%vol)
Ciclomotores	Fase 1 2003	-	6	3	-	-	-
	Fase 2 2005	-	1	1,2	-	-	-
Motociclos e Similares	Fase 1 2003	≤ 250 cc	13	-	3	0,3	6
		> 250 cc		-			4,5
	Fase 2 2005	< 150cc	5,5	-	1,2	0,3	-
		≥150cc		-	1		-
	Fase 3 2009	< 150cc	2	-	0,8	0,15	-
		≥150cc		-	0,2		-

A Tabela 5 e Tabela 6 apresentam a fase M4 do programa. Salieta-se que, a princípio pode-se parecer que essa fase é igual ou menos restritiva que as suas antecessoras, no entanto o método de avaliação mudou, sendo por velocidade e não mais por cilindrada. Dessa forma, apesar de os limites serem parecidos, por conta da mudando no método de avaliação, torna-se mais restritivo que as fases anteriores.

Tabela 5 – Limites de emissões para homologação de motocicletas e similares segundo a fase M4 do PROMOT (32)

Categoria	Data de Vigência	Velocidade Máxima	Limites			
			CO (g/Km)	HC (g/km)	NOx (g/Km)	CO ₂
Motociclos e Similares	01/01/2014	< 130 Km/h	2	0,8	0,15	
		≥ 130 Km/h	2	0,3	0,15	
	01/01/2016	< 130 Km/h	2	0,56	0,13	Informar
		≤ 130 Km/h	2	0,25	0,17	

Tabela 6 - Limites de emissões para homologação de ciclomotores segundo a fase M4 do PROMOT (32)

Categoria	Data de Vigência	Limites			
		CO (g/Km)	HC (g/Km)	NOx (g/Km)	CO2 (g/Km)
Ciclomotores	01/01/2014	1	0,8	0,15	Informar

3.3. PROCONVE MAR-1

A resolução CONAMA n° 433/2011 inicia uma nova fase do PROCONVE, nomeada de MAR-1, que estabelece limites máximos para a emissão de poluentes atmosféricos e níveis de ruído para máquinas de aplicação agrícola e rodoviárias.

A resolução CONAMA n° 433/2011 apresenta as seguintes definições:

- Máquina Rodoviária: máquina autopropelida de rodas, esteiras ou pernas, que possui equipamento ou acessórios projetados principalmente para realizar operações de abertura de valas, escavação, carregamento, transporte, dispersão ou compactação de terra e materiais similares.
- Máquina Agrícola: máquina autopropelida de rodas ou esteiras, que possui equipamentos ou acessórios projetados principalmente para realizar operações no preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita de produtos agrícolas e florestais.

A Tabela 7 e a Tabela 8, conforme a Resolução CONAMA n° 433/2011, apresentam os limites máximos de emissões para máquinas agrícolas e rodoviárias:

Tabela 7 – Limites máximos de emissão para motores de máquinas agrícolas e rodoviárias

Potência P em kW*	CO (g/kWh)	HC + NOx (g/wh)	MP (g/kWh)
$130 \leq P \leq 560$	3,5	4,0	0,2
$75 \leq P \leq 130$	5,0	4,0	0,3
$37 \leq P \leq 75$	5,0	4,7	0,4
$19 \leq P \leq 37$	5,5	7,5	0,6

* Potência máxima de acordo com a Norma ISSO 14396:2002, que a critério do Ibama poderá adotar norma ABNT equivalente

Tabela 8 – Limites de potência sonora por tipo de máquina rodoviária

Tipo de máquina rodoviária	Nível mais baixo de potência sonora em dB (A) /1pW
Tratores com lâmina de esteiras, pás-carregadeiras de esteiras, retroescavadeiras de esteiras	106
Tratores com lâmina de rodas, pás-carregadeiras de rodas, retroescavadeiras de rodas, motoniveladoras, rolos-compactadores não vibratórios	104
Rolos-compactadores vibratórios	109
Escavadeiras	96

A descrição das máquinas agrícolas e rodoviárias, que são abrangidas pela resolução CONAMA 433/2011, se encontra detalhada no Anexo B da mesma resolução.

3.4. Programas de Fiscalização de Fumaça Preta de Veículos a Diesel

Em 1976 foram implantadas as primeiras ações de fiscalização voltadas para o controle de emissões veiculares. Esses programas de fiscalização previam a utilização do método de Ringelmann para realizar a avaliação de veículos a diesel nas fiscalizações.

Em 2009, com a publicação da Resolução CONAMA 418/2009, que estabeleceu os procedimentos e critérios para a avaliação de veículos em uso a serem adotados nos programas de inspeção veicular ambiental, os órgãos de fiscalização passaram a prever a utilização do opacímetro para realizar a avaliação das emissões de veículos a diesel.

Atualmente, a legislação ambiental do Estado de São Paulo prevê a utilização da escala de Ringelmann e do opacímetro nas atividades de fiscalização. As autoridades federais de trânsito deixaram de utilizar a escala de Ringelmann a partir de abril de 2016, passando a utilizar desde então apenas o opacímetro.

Os procedimentos de fiscalização utilizando tanto a escala de Ringelmann quanto o opacímetro são apresentados mais adiante.

3.4.1. Operação Inverno da CETESB

Desde o ano de 1984, a CETESB realiza a chamada Operação Inverno, de maio a setembro, cobrindo o período em que as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes atmosféricos e mais frequente a formação de inversões térmicas. A operação visa reduzir as concentrações elevadas de material particulado e outros poluentes, minimizando os episódios críticos de poluição.

Durante esse período, a CETESB realiza campanhas de orientação a motoristas e proprietários de veículos para a correta manutenção da frota circulante com conseqüente economia de combustível e benefícios à qualidade do ar. Além disso, a fiscalização de fumaça preta é intensificada por comandos realizados em diversos pontos do Estado de São Paulo.

3.5. Programa para a Melhoria da Manutenção de Veículos Diesel - PMMVD

Com o objetivo de incentivar a manutenção dos veículos diesel que circulam no Estado de São Paulo, foi criado o PMMVD, Programa para a Melhoria da Manutenção de Veículos Diesel. Este programa foi concebido com o enfoque de melhorar a qualidade dos serviços prestados pelas oficinas a partir de

parcerias realizadas entre a CETESB e as chamadas Controladoras, que são organismos responsáveis pela administração das empresas participantes do programa. Atualmente, um dos incentivos do PMMVD é a possibilidade de redução do valor da multa em até 70% para aqueles que não tenham sido multados nos 12 meses anteriores à data de infração. Mas, para isso, o proprietário do veículo deve comprovar dentro de um prazo determinado que a situação do veículo foi regularizada através da comprovação do atendimento aos limites legais de emissão. Esta comprovação se dá por meio de emissão do RMO – Relatório de Medição de Opacidade, que pode ser emitido apenas por unidades operacionais cadastradas no PMMVD. Esse documento deve ser emitido necessariamente em uma data posterior à data que ocorreu a infração. Assim, esse comprovante de conformidade ambiental do veículo deve ser apresentado junto a outros documentos exigidos para a entrada de pedido de **redução ou restituição de 70% do valor da multa.**

A Figura 16 apresenta a evolução do número de pedidos de redução do valor da multa nos últimos quatro anos (2011 a 2014).

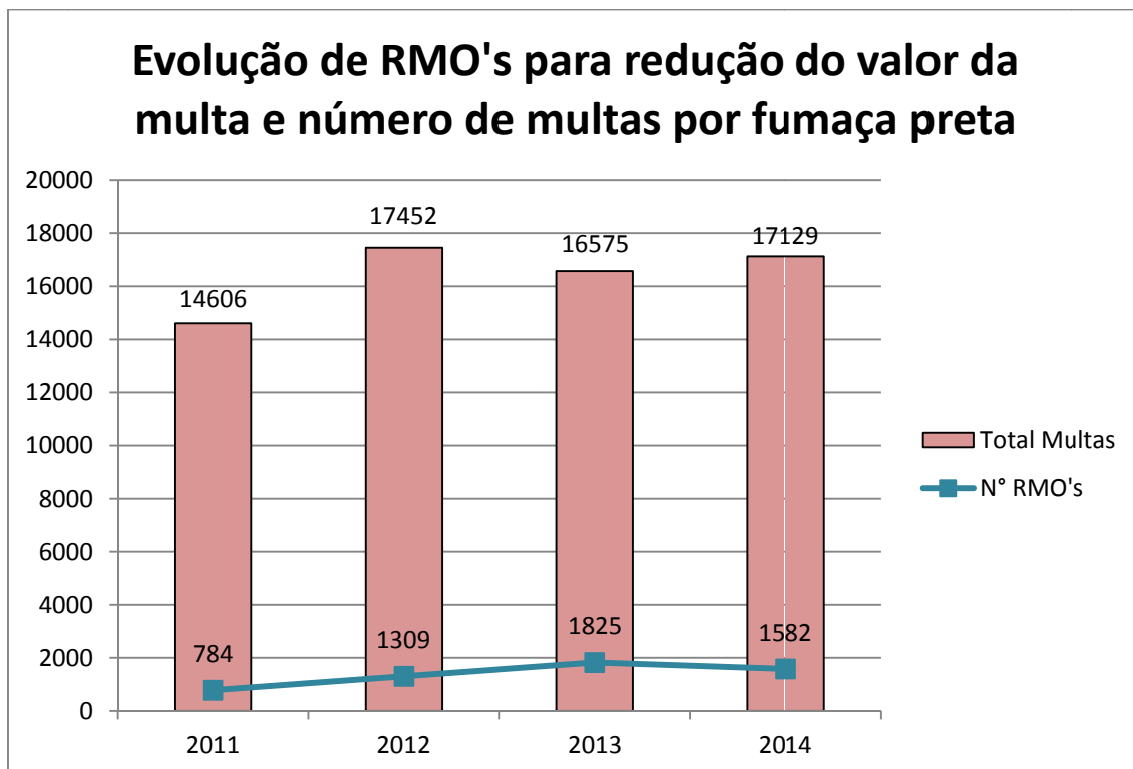


Figura 16 - Evolução do número de pedidos de redução no valor da multa por fumaça preta

4. Motor Diesel

4.1. Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento de um motor ciclo diesel se assemelha ao de um motor ciclo Otto. A grande diferença está na forma como é provocada a "explosão", pois num motor a gasolina a mistura necessita de uma faísca, enquanto que num motor a diesel a detonação é provocada pelo aquecimento do ar sob o efeito da compressão.

Os motores a diesel utilizados para aplicação automobilística são os de quatro-tempos.

- **Admissão:** O pistão encontra-se no ponto morto superior (PMS) e inicia a descida, aspirando ar para o interior da câmara de combustão através da válvula de admissão que está aberta.
- **Compressão:** Quando o pistão atinge o ponto morto inferior (PMI), a válvula de admissão fecha-se e tem início a subida, ocorre a compressão do ar no interior da câmara e elevação da temperatura a aproximadamente 600°C.
- **Combustão:** O combustível é injetado e inflama-se em contato com o ar comprimido e quente o que gera força, deslocando o pistão até o PMS. A inflamação inicia-se momentos antes de o êmbolo chegar ao PMI.
- **Exaustão:** Estando o pistão no PMI, a válvula de escape se abre permitindo a saída dos gases queimados empurrados pelo pistão que sobe até atingir o PMS. Posteriormente, inicia-se um novo ciclo.

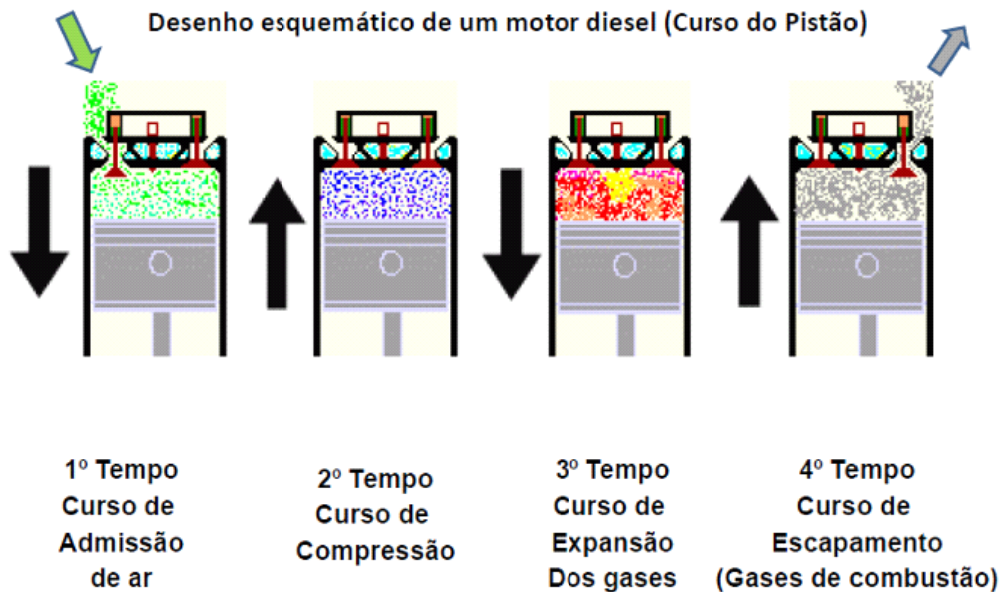


Figura 17 – Desenho esquemático de um motor diesel (curso do pistão)

As variáveis no motor diesel com grande efeito nas emissões são o projeto da câmara de combustão, a taxa ar combustível, a mistura ar combustível, o tempo de injeção, a taxa de compressão, a temperatura e pressão no cilindro.

4.2. Combustível

O óleo diesel é um combustível derivado do petróleo, constituído basicamente por hidrocarbonetos, os quais são compostos formados por átomos de carbono e hidrogênio e selecionados de acordo com as características de ignição e de escoamento adequadas ao funcionamento dos motores diesel (33).

O óleo diesel é uma fração obtida do gasóleo, sendo uma mistura de hidrocarbonetos na faixa de C_{12} a C_{20} , predominantemente alifáticos, olefínicos, cicloparafínicos e aromáticos, tendo também quantidades variáveis de enxofre e aditivos em sua composição (como o Nonano) (34). É um produto inflamável, volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico.

As características do combustível definem a qualidade da queima da mistura ar-combustível dentro do motor, o que influi na formação de poluentes. O teor de enxofre do óleo diesel contribui para a diminuição da durabilidade de

componentes importantes do motor, como os bicos injetores de combustível, o que resulta em maior emissão de fumaça. Este problema pode ser resolvido com manutenção mais frequente. Deve-se usar sempre óleo diesel filtrado e evitar aquele que apresenta sinais de adulteração. Dentre as características do combustível, aquelas que apresentam maior influência sobre as emissões são: densidade; teor de aromáticos e características de destilação (33).

Para que os limites de emissões impostos pelas fases P7 e L6 do PROCONVE fossem atendidos, os teores de enxofre do óleo diesel tiveram que ser reduzidos, viabilizando a aplicação, a eficiência e a durabilidade das tecnologias de pós-tratamento dos gases de combustão. Dessa forma, a partir de 2010, a frota cativa de ônibus urbano da Região Metropolitana de São Paulo passou a utilizar o diesel com o teor máximo de enxofre de 50 mg/kg (S-50). No interior do Estado, o diesel comercializado possuía no máximo 1800 mg/kg de enxofre (S-1800) e nas regiões metropolitanas possuía até 500 mg/kg (S-500). Em 2011, o diesel S-50 foi disponibilizado para os ônibus urbanos das regiões metropolitanas da Baixada Santista, Campinas e São José dos Campos. A partir de 2012 foi disponibilizado também em parte dos postos de combustíveis distribuídos estrategicamente de forma a possibilitar o abastecimento em todo Brasil. A partir de 2013, o diesel S-50 foi eliminado e totalmente substituído pelo S-10, que apresenta no máximo 10 mg/kg de enxofre. A partir de 2014, o diesel S-1800 foi totalmente eliminado para a aplicação rodoviária, sendo substituído pelo S-500 em todo Brasil. (35)

A Tabela 9 apresenta a variação do teor de enxofre do diesel comercializado no país:

Tabela 9 - Evolução do teor de enxofre no diesel (35)

Dispositivo Legal		Diesel				Início da Comercialização
Nº	Data Edição	Enxofre Máximo				
		Limite (mg/kg)				
Resolução CNP nº 7	22/1/80	13.000 (1)				-
Portaria DNC nº 28	20/12/93	A	B		D	-
		10.000	5.000		10.000	
Portaria DNC nº 9	23/3/96	A	B	C	D	-
		10.000	5.000	3.000	10.000	
Portaria DNC nº 32	4/8/97	A	B	C	D	-
		10.000	5.000	3.000	2.000	
Portaria ANP nº 310	27/12/01	Metropolitano		Interior		-
		2.000		3.500		
Resolução ANP nº 12	22/3/05	Ônibus Urbano	Metropolitano		Interior	-
		500	2.000		3.500	
Resolução ANP nº 15	17/7/06	Metropolitano		Interior		-
		500		2.000		
Resolução ANP nº 32	16/10/07	Fase P6 - S50				-
		50				
Resolução ANP nº 41	24/12/08	Metropolitano		Interior		S-1800: a partir de 1º de janeiro de 2009
		500		1.800		
Resolução ANP nº 31	14/10/09	Fase P7 - S10				-
		10				
Resolução ANP nº 42	16/12/09	Tipo A e B				-
		S-50	S-500		S-1800	
		50	500		1800	
Resolução ANP nº 65	09/12/2011	Tipo A e B				S-50: a partir de 1º de janeiro de 2012
		S-10	S-50	S-500	S-1800	
		10	50	500	1.800	
Resolução ANP nº 65	9/12/11	Metropolitano		Interior		S-10: a partir de 1º de janeiro de 2013
		10/500		500/1800		
Resolução ANP nº 65	9/12/11	Metropolitano		Interior		S-500: a partir de 1º de janeiro de 2014
		10/500		500		

4.3. Subprodutos da combustão

Os principais poluentes emitidos por motores diesel são óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, material particulado e hidrocarbonetos. Considerando que os subprodutos mencionados são nocivos à saúde da população, e que a frota de veículos diesel cresceu consideravelmente nos últimos anos no país, tornou-se imprescindível o uso de tecnologias capazes de reduzir as emissões geradas pela combustão do óleo diesel.

Assim, a fase P7 do Proconve estabeleceu níveis de emissões veiculares mais baixos que passaram a ser respeitados a partir de 2012. Para atender a estes

limites, a indústria automobilística teve de adotar em seus veículos tecnologias complementares que podem ocorrer de maneira combinada. Dentre as tecnologias adotadas, destacam-se:

- DOC - Catalisador por Oxidação Diesel (*Diesel Oxidation Catalyst*)
- DPF - Filtro de Particulado Diesel (*Diesel Particulate Filter*)
- SCR - Redução Catalítica Seletiva (*Selective Catalyst Reduction*)
- PCV - Válvula de ventilação positiva (*Positive Crankcase Ventilation*)
- EGR - Recirculação do Gás do Escapamento (*Exhaust Gas Recirculation*)

4.4. Dispositivos e meios para controle de emissões

4.4.1. Catalisador de Oxidação Diesel (DOC – Diesel Oxidation Catalyst)

O catalisador de oxidação de diesel (DOC) é um dispositivo de pós-tratamento dos gases de exaustão que reduz as emissões de motores a diesel. Geralmente é instalado junto ao silenciador do motor, são amplamente utilizados como “retrofits” devido ao fato de precisarem de pouca ou nenhuma manutenção. Fabricantes de motores tem utilizado DOC's em uma variedade de aplicações por muitos anos (36).

DOC's consistem de uma estrutura em formato de colmeia revestida com metais nobres e envolvido em uma carcaça de aço inoxidável, como pode ser observado na Figura 18. Conforme o produto de combustão a alta temperatura passa pelo substrato, o revestimento de metal nobre causa uma reação catalítica que quebra as partículas que compõem os gases poluentes.



Figura 18 – Catalisador de oxidação diesel (DOC) (37)

São projetados para operar com diesel com níveis de enxofre de 500ppm ou menos. Apresentam maior eficiência para diesel com níveis de enxofre abaixo de 15ppm. (36)

Segundo verificado pelo *United States Environmental Protection Agency (EPA)* e pelo *California Air Resources Board (CARB)*, DOCs reduzem emissão de material particulado (MP) entre 20% e 40%, de hidrocarbonetos (HC) de 40% a 75% e monóxido de carbono (CO) de 10% a 60%. (36)

4.4.2. Filtro de Partículas Diesel (DPF – Diesel Particulate Filter)

Filtro de Partículas Diesel (DPF) são dispositivos de pós-tratamento dos gases de combustão que reduzem significativamente as emissões de veículos e equipamentos que utilizam motores a diesel. Geralmente utilizam substratos cerâmicos porosos ou filtros metálicos para realizar a captação do material particulado e removê-lo dos gases de escape. Podem ser instalados em veículos em uso. Recomendável que sejam utilizados em conjunto com diesel de baixo teor de enxofre (menores que 15ppm). A regeneração (combustão da fuligem coletada) pode ser realizada por meio de sistemas ativos ou passivos. Filtros requerem manutenção periódica para limpeza de materiais não combustíveis que se acumulam como, por exemplo, as cinzas (36).

A Figura 19 apresenta um DPF, suas seções de entrada e saída, assim como o filtro dos gases.



Figura 19 – Filtro de Partículas Diesel - DPF

4.4.3. Redução Catalítica Seletiva (SCR - Selective Catalytic Reduction)

Sistemas de Redução Catalítica Seletiva (SCR) injetam um agente redutor, conhecido no Brasil como ARLA 32 (Agente Redutor Líquido Automotivo, 32,5% ureia), na região dos gases de escapamento onde o agente reage de maneira que o NO_x seja convertido em N_2 (gás nitrogênio) e vapor de água. A redução do NO_x ocorre em certas condições de temperatura e na presença do catalisador e de oxigênio.

Sistemas SCR requerem reabastecimentos periódicos do ARLA 32, e o sistema tem que assegurar que o líquido não será congelado. São geralmente utilizados em conjunto com o DOC e/ou DPF para reduzir as emissões de material particulado (36), como mostrado na Figura 20.

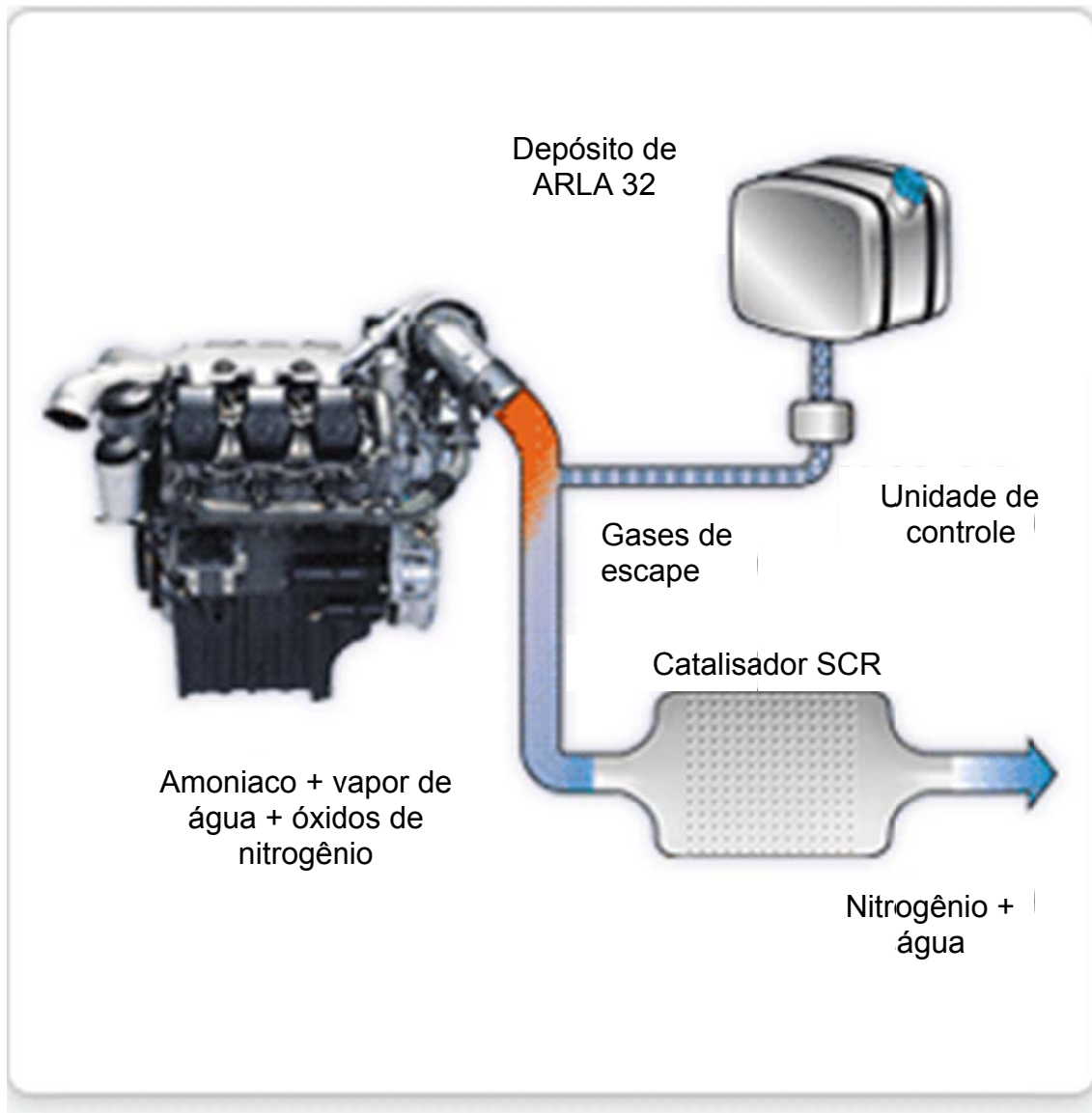


Figura 20 - Sistema SCR (Selective Catalytic Reduction) (38)

4.4.3.1. ARLA 32

Segundo a Instrução Normativa nº 23 de 11 de julho de 2009 do IBAMA, ARLA 32 é a denominação para o “Agente Redutor Líquido de NOx Automotivo”, uma solução aquosa com conteúdo de ureia de 32,5% em peso. Conforme mencionado, esse reagente atua nos sistemas de exaustão do veículo a fim de reduzir emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x). A não utilização dessa solução por veículos que contam com o sistema SCR, ou seu uso indevido acarreta em graves consequências ao meio ambiente, uma vez que, nesses casos, as emissões de NO_x se elevam consideravelmente.

4.4.4. Ventilação Positiva do Cárter (PCV - Positive Crankcase Ventilation)

Em muitos motores a diesel antigos, os gases emitidos pelo cárter são lançados diretamente do motor para a atmosfera através de um respirador. Os sistemas de ventilação positiva do cárter (Positive Crankcase Ventilation - PCV) captam os gases de fuga do óleo, os envia para o cárter, depois redireciona essas emissões de gases de volta para o sistema de admissão para a que sejam aproveitados na combustão ao invés de serem emitidos para a atmosfera.

Incorporam elementos filtrantes que precisam ser periodicamente substituídos. As emissões são reduzidas significativamente caso o PCV seja utilizado de forma combinada com o DOC ou DPF.

Os sistemas PCV podem ajudar a manter as dependências e os componentes do motor limpos, além de reduzir o uso de óleo.

4.4.5. Recirculação dos Gases de Exaustão (EGR - Exhaust Gas Recirculation)

O sistema de Recirculação dos Gases de Exaustão (Exhaust Gas Recirculation – EGR) redireciona uma porção dos gases de exaustão de volta para o motor para resfriar e reduzir os picos de pressão e temperatura do combustível, reduzindo assim a produção de NOx. O EGR é geralmente utilizado pelos fabricantes de motores para atender os limites de emissão de NOx (36).

5. Autofiscalização de Veículos a Diesel

Devido aos males causados ao meio ambiente e que estão relacionados às emissões geradas por veículos automotores, muitos países ao redor do mundo adotam medidas que visam proporcionar a minimização e o controle desses poluentes. As medidas adotadas variam entre os países devido a diversos fatores, por exemplo, a característica da frota circulante, clima, nível de urbanização, etc.

Devido a forte participação do modal rodoviário dentre os meios de transportes existentes no Brasil, a poluição gerada por veículos diesel exerce influencia significativa na qualidade ambiental, principalmente nas regiões metropolitanas do país.

As primeiras políticas de combate à poluição gerada por veículos diesel foram propostas em 1976. As medidas visavam o controle da emissão de fumaça preta gerada pelos veículos diesel por meio de ações fiscalizatórias. No decorrer do tempo, com a evolução das tecnologias de controle de emissões aplicadas nos veículos, e com base em políticas implantadas ao redor do mundo, os veículos novos passaram a ser obrigados a atender limites de emissões para poderem ser comercializados no Brasil. Isso permitiu que fossem realizadas atualizações nos métodos para avaliação de veículos em uso no Brasil.

Os métodos atualmente regulamentados no país para o controle da poluição gerada por veículos a diesel, tem o objetivo de reduzir as emissões de Material Particulado (MP), Óxidos de Nitrogênio (NOx) e ruído. Neste capítulo, serão apresentadas as legislações e normas atualmente vigentes relacionadas ao controle de emissões de veículos em uso equipados com motor diesel. Serão discutidos os procedimentos adotados pelos órgãos fiscalizadores e normas correlatas, além dos critérios utilizados na avaliação dos veículos.

5.1. Autofiscalização da Fumaça Emitida por Veículos em Uso do Ciclo Diesel

Existem basicamente dois métodos que são atualmente utilizadas no exercício da fiscalização de fumaça emitida por veículos diesel.

O **Método de Ringelmann**, que consiste em associar o grau de enegrecimento da fumaça a um dos padrões colorimétricos impressos em uma escala, e;

O Método de **Avaliação da Opacidade** da fumaça, que consiste em medir a diferença de intensidade de um feixe de luz que atravessa a fumaça expelida pelo tubo do escapamento.

Ambos os métodos consistem em comparar o grau de enegrecimento da fumaça com um padrão limite estabelecido pela legislação. Os procedimentos de medição e as suas respectivas características serão apresentados nos próximos tópicos

5.1.1. Escala de Ringelmann Reduzida

5.1.1.1. Norma ABNT NBR 6016:1986 - Gás de escapamento de motor Diesel – Avaliação de teor de fuligem com a escala de Ringelmann

Esta Norma prescreve o método de avaliação do teor de fuligem no gás de escapamento de motor alternativo de combustão interna ACI, ciclo Diesel, de injeção direta ou indireta, com ou sem superalimentação e em qualquer condição usual de trabalho, utilizando a escala de Ringelmann reduzida (39).

Conforme a norma NBR 6016/86, a **Escala de Ringelmann Reduzida** consiste de uma escala gráfica com cinco padrões de cinza impressos e com um furo no meio, que permite ao observador comparar a densidade da fumaça com um dos padrões de cinza impressos na escala. Esses padrões de cinza são obtidos variando a densidade de pontos impressos sobre uma área de fundo branco, onde o preto corresponde a 100% da área impressa. As densidades de pontos impressos utilizados são de 20%, 40%, 60%, 80% e 100%, e são associadas respectivamente aos padrões 1, 2, 3, 4 e 5 da escala de Ringelmann. Atualmente, a CETESB comercializa escalas de Ringelmann reduzida que atendem aos critérios normativos, conforme ilustrado na Figura 21.



Figura 21 – Ilustração da Escala de Ringelmann Reduzida comercializada pela CETESB

5.1.1.2. Método de Avaliação Utilizando a Escala de Ringelmann

O método de utilização da escala de Ringelmann reduzida está previsto na Norma ABNT NBR 6016/2015. Seguem algumas instruções para sua utilização baseadas na referida norma:

- Posicione-se de tal forma que a luz do sol não incida diretamente sobre seus olhos;
- Segure o cartão com o braço totalmente estendido e compare a fumaça (vista pelo orifício) com o padrão colorimétrico e determine qual deles mais se assemelha com a tonalidade da fumaça;

- É recomendável que o observador esteja a aproximadamente de 20 a 50 metros de distância do tubo de escapamento do veículo/equipamento observado;
- Durante a avaliação de veículos, não é aconselhável que ela seja realizada quando o veículo se encontra em regime transitório de operação, por exemplo:
 - Arrancada, freada e retomada de velocidade;
 - Entrada e saída de lombadas e/ou valetas;
 - Parada ou saída em semáforos;
 - Freio motor;
 - Trocas de marcha, etc.;

A avaliação realizada pela CETESB utilizando o método de Ringelmann, é feita enquanto o veículo avaliado se encontra em movimento, conforme previsto na legislação do Estado de São Paulo. Porém, a norma ABNT NBR 6016 prevê que a escala de Ringelmann seja utilizada quando o motor diesel esteja em funcionamento, em qualquer condição de trabalho e sob quaisquer condições de pressão barométrica e temperatura ambiente. Em um programa de autofiscalização, recomenda-se que o procedimento utilizado seja o mesmo aplicado pelos órgãos fiscalizadores.

5.1.1.3. Características do Método de Avaliação Utilizando a Escala de Ringelmann Reduzida

As características do método de avaliação utilizando a escala de Ringelmann reduzida são:

- Possibilidade de avaliar um veículo em movimento (condições reais de operação);
- Identifica facilmente os grandes poluidores;
- Identifica apenas os grandes poluidores;
- Baixo custo, versatilidade e simplicidade;
- Não indicada em dias chuvosos ou com pouca luz natural;

5.1.1.4. Quem utiliza a escala de Ringelmann reduzida?

A CETESB utiliza a escala de Ringelmann reduzida para fiscalizar veículos a diesel que circulam pelas vias públicas do território do estado de São Paulo emitindo fumaça acima dos limites legais (Decreto do Estado de São Paulo nº 8468 e suas alterações, art. 32º). Veículos a diesel de aplicação não rodoviária, como máquinas agrícolas e máquinas rodoviárias, também podem ser avaliados utilizando a escala de Ringelmann. Para ambos os tipos de veículos, o recomendável é que a avaliação seja realizada quando o veículo se encontra em situações reais de operação em regime constante de carga.

A escala também é utilizada para avaliação de fumaça preta emitida por fontes estacionárias. Equipamentos estacionários que utilizam motores a diesel, por não terem de atender limites de emissões para serem comercializados no Brasil, também podem ser avaliados utilizando-se a escala de Ringelmann reduzida.

Empresas de ônibus urbanos localizadas na Região Metropolitana de São Paulo realizam a autofiscalização pelo método de Ringelmann como um dos métodos para avaliar se os seus veículos estão circulando em conformidade com o meio ambiente e também para evitar autuações por emissão de fumaça preta.

Tabela 10 - Critérios de Avaliação Indicados por tipo de Equipamento

Equipamento a ser Avaliado	Exemplos de Equipamentos	Limite Legal	Legislação	Observação
Veículos a diesel de uso rodoviário que circulam em vias públicas	Caminhões, ônibus, veículos leves com motores a diesel, etc.	Padrão 2 da Escala de Ringelmann	Art. 32º do decreto do Estado de São Paulo n°8468/76 e suas alterações	Considerado infrator caso emita nos padrões 3, 4 e 5 da escala de Ringelmann durante 5 segundos consecutivos ou mais
Veículos a diesel de uso não rodoviário	Tratores, retroescavadeiras, guindastes (durante locomoção)	Padrão 2 da Escala de Ringelmann	Art. 32º do decreto do Estado de São Paulo n°8468/76 e suas alterações	Apesar de não serem veículos rodoviários, também podem ser autuados. Considerado infrator caso emita nos padrões 3, 4 e 5 da escala de Ringelmann durante 5 segundos consecutivos ou mais
Equipamentos Estacionários operados com motores a diesel	Geradores a diesel, guindastes (durante operação em obras)	Padrão 1 da Escala de Ringelmann	Art. 31º do decreto do Estado de São Paulo n°8468/76 e suas alterações	

5.1.2. Opacímetro

5.1.2.1. Definições

Antes de falarmos sobre o opacímetro e do método de medição, faz-se necessária a apresentação de alguns conceitos:

- Opacidade (%): fração de luz emitida por uma fonte de luz que é impedida de atingir o observador ou o receptor do opacímetro.

- Coeficiente de absorção de luz (k): coeficiente definido pela lei de Beer-Lambert com base na opacidade.
- Opacímetro de fluxo parcial: instrumento utilizado para determinar a opacidade da fumaça gerada por um motor de ignição por compressão.
- Lei de Beer-Lambert: Para fins de medição da fumaça, uma equação que expresse a relação entre a opacidade de uma pluma de fumaça, o comprimento do percurso óptico através da pluma, e a opacidade da fumaça por unidade de comprimento de percurso, pode ser expressa por

$$\text{Opacidade} = 1 - e^{-KL} \quad (40)$$

Onde: e = base do logaritmo natural

K = coeficiente de atenuação

L = comprimento do feixe através da fumaça (m).

5.1.2.2. Princípio de funcionamento

Um opacímetro funciona da seguinte forma: a fonte de luz e o sensor fotocélula são posicionados em lados opostos à amostra de fumaça. O sinal elétrico de saída da fotocélula é processado e calibrado para medir opacidade ou transmitância. Variações na opacidade devido às diferenças no comprimento efetivo da trajetória da luz podem ser calculadas utilizando a lei de Beer-Lambert (40).

Os opacímetros atualmente disponíveis no mercado são do tipo fluxo parcial, onde uma parcela do gás de exaustão proveniente do tubo de escapamento é transportada para uma câmara de tamanho padronizado para que a medição seja realizada. A Figura 22 apresenta o esquema de funcionamento de um opacímetro de fluxo parcial.

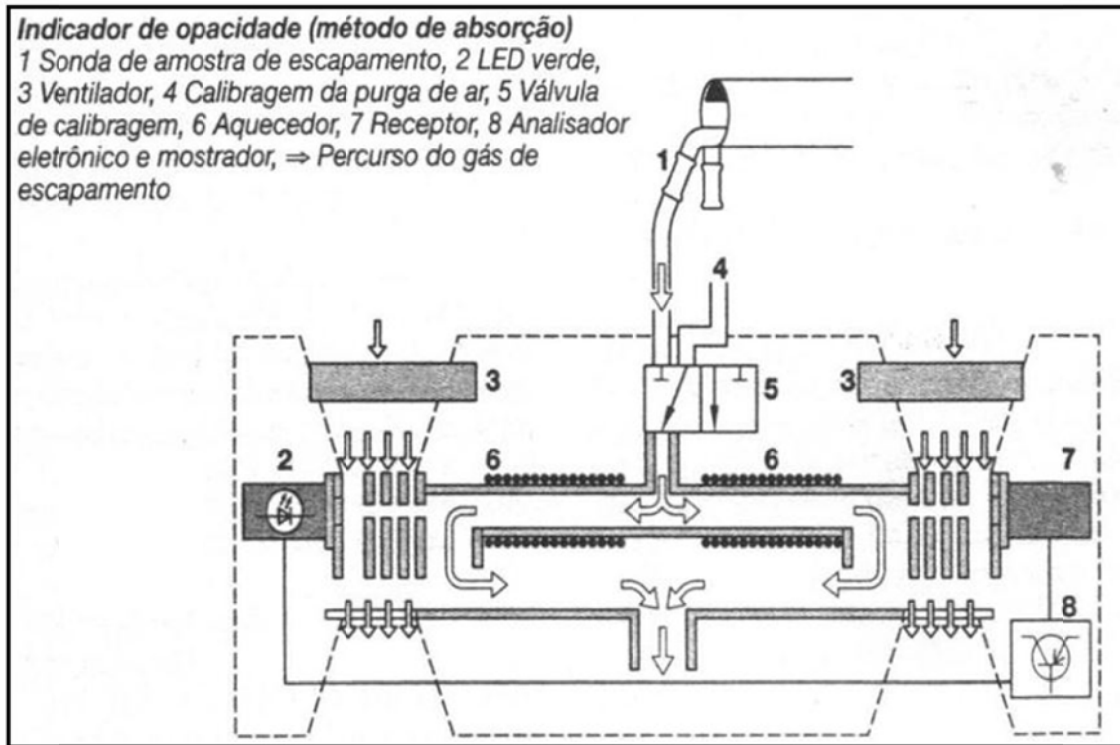


Figura 22 – Indicador de Opacidade (método de absorção) (41)

5.1.2.3. Especificação do Opacímetro

Conforme previsto na instrução Normativa IBAMA nº06/2010, os ensaios de avaliação da opacidade de veículos em uso pelo método de aceleração livre devem ser feitos com opacímetro certificado conforme requisitos estabelecidos pelo INMETRO. O *opacímetro deve ser correlacionável com opacímetro de fluxo parcial*, com tempo de resposta físico de no máximo 0,4s, tempo de resposta total de 0,9 a 1,1s e câmara de medição de 430 mm de comprimento efetivo da trajetória da luz através do gás.

Os opacímetros são instrumentos que devem ser verificados pelo INMETRO uma vez por ano.

5.1.2.4. Norma ABNT NBR 13037:2001 – Veículos rodoviários automotores – Gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre – Determinação da opacidade

Esta norma descreve o método de determinação da opacidade do gás de escapamento emitido por veículos automotores equipados com motor diesel ou por motor diesel em banco dinamométrico, sob condições de **aceleração livre**, com emprego de opacímetro. Também pode ser utilizado como indicativo do estado de regulagem do motor, para veículos em uso (41). É o método que foi utilizado como referência para a elaboração dos demais procedimentos de avaliação de opacidade em aceleração livre, especificamente voltados para veículos em uso.

NOTA: A norma ABNT NBR 13037:2001 é o método atualmente adotado nos teste de opacidade para certificação de veículos diesel no Brasil. Apesar de atualmente outros procedimentos serem mais indicados para a realização de testes em veículos em uso, algumas empresas ainda utilizam esse método em suas inspeções periódicas. É um método mais criterioso quando comparado com os demais métodos disponíveis, além de ser mais demorado para ser reproduzido. Caso o objetivo seja comparar os resultados do teste com os valores de certificação do veículo, a adoção do método estabelecido na norma ABNT NBR 13037:2001 é o mais indicado.

5.1.2.5. Procedimento para avaliação de opacidade

A legislação federal estabelece que a avaliação de veículos em uso do ciclo diesel seja realizada conforme procedimento previsto na Instrução Normativa IBAMA nº 06 de 2010. Portanto, os procedimentos a serem adotados pelas entidades responsáveis para realização do teste de opacidade, deverão estar em conformidade com o procedimento estabelecido no Anexo II da IN 06/2010 do IBAMA. Esse é o procedimento mais indicado para ser utilizado nos programas de autofiscalização, pois todas as entidades do âmbito governamental devem utilizá-lo como base para executar inspeções em veículos em uso do ciclo diesel.

Atualmente, os opacímetros disponíveis no mercado possuem softwares de gerenciamento que permitem ao usuário escolher qual o procedimento deve ser utilizado na execução do teste. O software de gerenciamento é um facilitador, pois ele orienta o operador do opacímetro sobre as ações que devem ser tomadas durante a execução do ensaio, além de efetuar os registros e verificações dos dados coletados, e calcular os resultados automaticamente.

O Anexo II da IN 06/2010 IBAMA é disponibilizado na íntegra no final da apostila (Anexo 1).

5.1.2.6. Quem utiliza o opacímetro na avaliação de veículos a diesel?

A medição da opacidade emitida por veículos automotores equipados com motor diesel é o procedimento atualmente previsto para ser aplicado por todos os órgãos de fiscalização atuantes no Brasil:

- No Âmbito Federal: Autoridades de Trânsito e seus agentes (Resolução CONTRAN 452/13).
- No Âmbito do Estado de São Paulo: CETESB e Polícia Militar (artigo 32º do Decreto do Estado de São Paulo nº 8468 e suas alterações).

A medição de opacidade também é utilizada nos programas de inspeção veicular para avaliação de veículos a diesel (Resolução CONAMA 418/09). Atualmente, o DETRAN-RJ é o único órgão no Brasil que opera um programa de inspeção veicular ambiental.

Os Organismos de Inspeção Veicular Acreditados pelo Inmetro – OIVA, preveem no escopo de inspeção de veículos a realização de testes de opacidade para fins de emissão do Certificado de Inspeção Veicular – CIV.

Tem se observado também que contratantes de serviços de transporte de passageiros e de carga, também tem exigido que os seus fornecedores comprovem a realização de testes de opacidades de maneira sistemática para fins de comprovação da conformidade ambiental dos veículos. Podem ser citados como exemplo a SPTrans e a EMTU, que exigem por parte das

empresas que operam linha de ônibus a realização de testes de opacidade periódicos nos veículos que compõem a frota.

Sistemas certificáveis de gestão ambiental, como ISO 14001, ou então de avaliação de desempenho, como o SASSMAQ, também tem adotado o teste de opacidade como critério para avaliar a conformidade ambiental de veículos a diesel.

5.1.2.7. Critérios de Avaliação Indicados por tipo de Equipamento

Os limites de opacidade a serem utilizados na avaliação dos veículos em uso do ciclo diesel são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 418/2009.

Para se determinar o limite de opacidade de um determinado veículo, primeiramente se faz necessário conhecer o seu ano de fabricação.

Veículos Anteriores a ano-modelo 1996

Para veículos anteriores a ano-modelo 1996, os valores de referência a serem utilizados nos testes de opacidade são estabelecidos pela Tabela 11 (tabela 4 da resolução CONAMA nº 418/2009):

Tabela 11– Limites máximos de opacidade em aceleração livre de veículos anteriores a ano-modelo 1996

Altitude para realização do teste	Tipo de Motor	
	Naturalmente aspirado ou turboalimentado com LDA*	Turboalimentado
Até 350m	1,7m ⁻¹	2,1m ⁻¹
Acima de 350m	2,5m ⁻¹	2,8m ⁻¹

* LDA é o dispositivo de controle da bomba injetora de combustível para adequação do seu débito à pressão do turboalimentador.

Veículos ano-modelo a partir de 1996

Para os veículos automotores do ciclo diesel fabricados a partir do ano de 1996, os limites máximos de opacidade em aceleração livre são os valores certificados e divulgados pelo fabricante.

Existem atualmente três maneiras previstas para se efetuar a consulta do limite de opacidade de um determinado veículo:

- **Páginas oficiais dos fabricantes e encarroçadoras de veículos a diesel** disponibilizadas na internet.
- **Manual do usuário** do veículo.
- **Etiqueta amarela** fixada na coluna B do veículo, conforme a Figura 23.

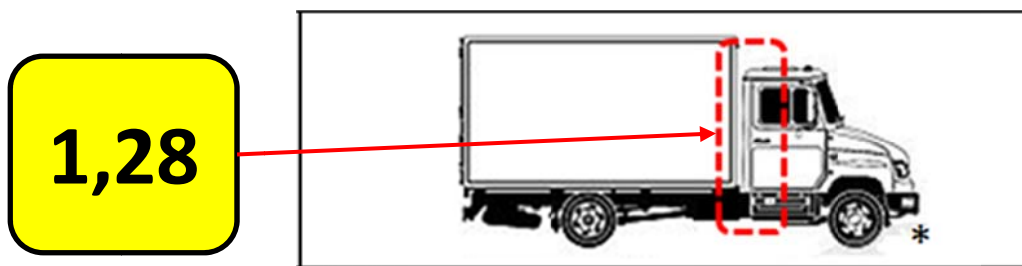


Figura 23 - Localização da etiqueta com o valor de opacidade

Para veículos automotores do ciclo diesel fabricados a partir do ano de 1996 e que não tiverem seus limites máximos de opacidade em aceleração livre divulgados pelo fabricante, podem ser utilizados os valores constantes na Tabela 12, conforme previsto na resolução CONAMA nº 418/2009:

*Tabela 12 – Limites máximos de opacidade em aceleração livre de veículos a diesel fabricados a partir de 1996 e que **não tenham** os valores divulgados pelos fabricantes*

Ano-Modelo	Altitude	Opacidade (m ⁻¹)
1996 – 1999	Até 350m	2,1
	Acima de 350m	2,8
2000 e posteriores	Até 350m	1,7
	Acima de 350m	2,3

5.1.3. Comparação entre os Métodos

Os dois métodos de avaliação descritos (Ringelmann e opacidade) submetem o veículo a condições diferentes de operação. O fato de um método avaliar o veículo em movimento enquanto o outro avalia parado, fazem com que cada fator associado à emissão de fumaça num veículo diesel exerça uma influência diferente. Por exemplo, a qualidade dos combustíveis, as condições de carga que o veículo é operado, a forma de condução do veículo, etc.

O fato é que o método de avaliação pela opacidade é um método consagrado e aplicado ao redor do mundo e o resultado do teste fornece uma boa referência a respeito do nível de emissões do veículo testado, já que existe um valor de referência a ser comparado. Porém, isso não descarta a utilização da escala de Ringelmann, pois fatores associados à condução do veículo exercem influência nas emissões de fumaça em excesso e só podem ser constatados através da aplicação desse método, ou através de outras metodologias não tratadas nesse curso. A Tabela 13 compara os dois métodos considerando os recursos necessários:

Tabela 13 – Comparação entre os métodos de Ringelmann e de opacidade

Recursos Necessários	<i>Ringelmann</i>	<i>Opacidade</i>
<i>Técnicos</i>	1	1 ou 2
<i>Ferramentas/Equipamentos</i>	Escala de Ringelmann Reduzida	Opacímetro de Fluxo Parcial Homologado, tacômetro, e Computador (caso o opacímetro exija)
<i>Tempo Médio de Execução</i>	5 s	15 min
<i>Local</i>	Via plana ou com leve aclive com boa luz natural e sem chuva	Qualquer local onde seja possível estacionar o veículo

Por isso os dois métodos podem ser considerados complementares, e quando aplicados em programas de fiscalização de maneira conjunta, podem apresentar resultados mais satisfatórios.

5.1.4. Fumaça Branco-Azulada

Não é aconselhável a avaliação da fumaça utilizando a escala de Ringelmann ou opacímetro em situações em que é observada a emissão de fumaça com aspecto branco-azulado pelo tubo de escapamento do veículo. Veículos a diesel que estejam emitindo fumaça com essas características, geralmente apresentam defeitos mecânicos no motor que ocasionam a queima de óleo combustível e/ou líquido de arrefecimento na câmara de combustão. Os métodos de avaliação tratados nesse curso foram concebidos para a avaliação da fumaça ocasionada apenas pela queima de óleo combustível.

Quando esses métodos forem utilizados para avaliação da fumaça com aspecto branco-azulado, os resultados obtidos podem não ser confiáveis.

5.2. Autofiscalização de ARLA 32

Veículos pesados fabricados a partir de 1º de janeiro de 2012 (fase P7 do PROCONVE) geralmente precisam utilizar tecnologias de pós-tratamento das emissões. As duas tecnologias de controle de emissões de motores que vem sendo utilizadas são o sistema SCR (Selective Catalytic Reduction ou catalisador de redução seletiva) requerendo a utilização do Agente Redutor Líquido de óxidos de nitrogênio Automotivo (ARLA 32) e o sistema EGR (Exhaust Gas Recirculation) combinado com filtro de material particulado ou catalisador de oxidação.

Essas tecnologias de pós-tratamento necessitam utilizar um combustível diesel do tipo S10.

Com a intenção de reduzir os custos relacionados à comercialização de ARLA 32, tem se observado a ocorrência de diversos tipos de fraudes para permitir que os veículos possam circular com o ARLA 32 fora da especificação exigida pela regulamentação brasileira, conforme estabelecido na norma NBR ISO 22.241:

Entre os tipos de fraude que tem sido observada, destacam-se:

- Instalação de emuladores para burlar o sistema OBD do veículo: permite que o veículo circule sem a utilização de ARLA 32 ou com substâncias fora da especificação;
- Utilização de ARLA 32 diluído em água;
- Utilização de misturas obtidas de maneira caseira: mistura de água potável e ureia fertilizante, etc.

A utilização de ARLA 32 em desconformidade com a NBR ISO 22.241 ou a falta de sua utilização causa danos ambientais, pois eleva o nível de emissão de NOx dos motores diesel em até 5 vezes. Além disso, a presença de impurezas no ARLA 32 provenientes de água e/ou ureia inadequadas provoca a formação de depósitos nos injetores de ARLA 32 e nos catalisadores SCR e impede o funcionamento correto do sistema SCR, colocando o veículo em desconformidade com a legislação. Da mesma forma que a utilização de combustível inadequado, pode ocorrer também o aumento do consumo de combustível, perda de desempenho, aumento dos níveis de emissões ocasionando o acendimento da LIM no painel e danos irreversíveis que fazem necessária a troca de injetores e catalisadores. A figura 24 mostra os danos que podem ser causados aos catalisadores:

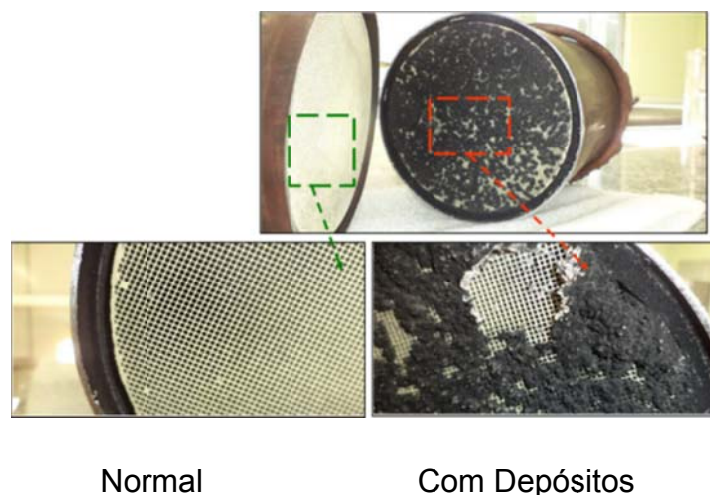


Figura 24 – Danos causados ao catalisador SCR pelo uso de produto não conforme/homologado [42].

5.2.1. Por que realizar a autofiscalização do Sistema SCR e ARLA 32?

Nas fiscalizações que tem sido realizadas pelo IBAMA e Polícia Rodoviária Federal, tem sido constatadas fraudes envolvendo todas as partes da cadeia: comerciante de ARLA 32, motoristas e proprietários de veículos a diesel.

A adoção da autofiscalização do sistema SCR e ARLA 32 por parte do gestor ou proprietário de veículos a diesel, permitirá ao proprietário interessado em manter o seu veículo em conformidade ambiental, verificar se o ARLA 32 que está sendo consumido atende as especificações previstas na regulamentação brasileira. Além disso, será possível identificar e prevenir a ocorrência de burlas do sistema OBD, preservando a integridade do sistema SCR.

Adotar procedimentos de autofiscalização do sistema SCR e ARLA 32 podem garantir que o sistema de pós-tratamento está funcionando corretamente, permitindo o prolongamento da sua vida útil e a redução dos gastos relacionados à manutenção e operação do veículo.

5.2.2. Procedimento de Avaliação do Sistema SCR e ARLA 32

O procedimento para avaliação da integridade de todo o sistema SCR que equipa o veículo diesel, pode ser consultado na *Cartilha de Conscientização Pública do Uso do ARLA 32* (42), que foi um documento gerado por um grupo de trabalho da AEA que contou com a participação de diversas entidades dos setores públicos e privados, incluindo os fabricantes de veículos, fabricantes de sistemas de pós-tratamento de emissões e órgãos fiscalizadores como a Polícia Rodoviária Federal, IBAMA e CETESB. Esse documento atualmente é a referência mais recomendada para executar a avaliação do sistema SCR e seus periféricos e tem sido utilizada pelos órgãos fiscalizadores.

Os recursos necessários para realizar a avaliação do Sistema SCR e ARLA 32 preveem a utilização do:

- Refratômetro digital: aparelho utilizado para medir especificamente a concentração de ureia do ARLA 32.
- Equipamento de diagnose: auxilia na identificação de burlas no sistema OBD, que permitem o veículo circular sem a utilização do ARLA 32 ou então com o líquido fora de especificação.
- Negro de Eriocromo T: capaz de identificar a presença de minerais não previstos na especificação do ARLA 32. Permite identificar quando a mistura foi adulterada ou fabricada sem atender aos requisitos legais.

5.2.3. Quem fiscaliza o Sistema SCR e ARLA 32?

As fiscalizações relacionadas à burla do sistema SCR e ARLA 32 são autorizadas pela Lei nº 9605/1998, regulamentadas pelos artigos 68º e 71º do Decreto Federal nº 6514/2008:

Art. 68. Conduzir, permitir ou autorizar a condução de veículo automotor em desacordo com os limites e exigências ambientais previstos na legislação:

Multa de R\$ 1.000,00 (mil reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais).

Art. 71. Alterar ou promover a conversão de qualquer item em veículos ou motores novos ou usados que provoque alterações nos limites e exigências ambientais previstas na legislação:

Multa de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais), por veículo, e correção da irregularidade.

Estão autorizados a fiscalizar com base nessa legislação qualquer órgão ambiental integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA. A multa para cada um dos artigos atinge R\$ 10.000,00 (dez mil reais) por veículo; e sua liberação, em caso de apreensão, é condicionada à correção da irregularidade. (42)

A Polícia Rodoviária Federal tem participado ativamente da elaboração dos procedimentos de fiscalização que estão sendo desenvolvidos e dos comandos de fiscalização que tem ocorrido em todo o território nacional.

5.2.4. Limites de Referência para o ARLA 32

5.2.4.1. Avaliação do ARLA 32 utilizando o refratômetro digital

O refratômetro digital utilizado nas fiscalizações de ARLA 32 é projetado especificamente para medir a concentração de ureia da amostra coletada do caminhão. A concentração de ureia no ARLA 32 deve estar entre:

- para comercialização → 31,8% e 33,2% (conforme a Norma NBR ISO 22.241)
- para fiscalização no veículo → 30,0% a 35,0% (é admitida uma tolerância adicional prevendo eventuais variações no próprio veículo).

5.2.4.2. Avaliação do ARLA 32 utilizando Negro de Eriocromo T

O refratômetro tratado no tópico anterior não possui a capacidade de verificar se a água utilizada na composição é desmineralizada, conforme previsto na Norma NBR ISO 22.241. Para suprir essa necessidade, os órgãos de fiscalização tem utilizado o Negro de Eriocromo T.

O Negro de Eriocromo T é um dos mais antigos e utilizados indicadores de complexação. É usado exclusivamente na faixa de pH entre 7 e 11 onde a forma azul do indicador predomina na ausência de íons metálicos. Caso uma determinada amostra de ARLA 32 não atenda aos critérios estabelecidos na regulamentação, possivelmente a amostra deverá apresentar em sua composição traços de metais e minerais, que quando misturado ao Negro de Eriocromo T deverá resultar na formação de complexos vermelhos (43).

Nas atividades de fiscalização, os fiscais coletam uma pequena amostra do ARLA 32 do tanque e misturam ao Negro de Eriocromo T. Caso a mistura apresente um aspecto azul, significa que o ARLA 32 é composto de água desmineralizada. Caso a mistura apresente um aspecto vermelho, significa que o ARLA 32 foi adulterado ou não atende as especificações estabelecidas na regulamentação vigente.

5.2.5. Utilização do OBD do veículo na fiscalização

O sistema de diagnose de bordo OBD (On Board Diagnose), refere-se a uma tratativa diferenciada de monitoramento dos componentes que afetam as emissões de poluentes ou seu monitoramento. Os veículos equipados com o sistema OBD realizam uma auto diagnose de seus componentes e disponibilizam suas informações através de códigos de falha via conector de diagnose padronizado. Estas informações seguem os requisitos do PROCONVE P7 e podem ser utilizadas para a fiscalização do correto funcionamento do sistema.

As falhas que fazem parte do sistema de OBD, quando confirmadas, ficam armazenadas na memória do veículo por 9600h ou 400 dias sem que haja a possibilidade de serem apagadas. Para serem lidas, é necessário a utilização de um equipamento de diagnose.

5.3. Autofiscalização de Ruído

Todo veículo automotor que seja comercializado e homologado no Brasil, deve passar por testes de emissão de ruído na condição parado, conforme método estabelecido pela Norma ABNT NBR 9714 (Veículo Rodoviário Automotor - Ruído emitido na condição parado). O objetivo do teste é determinar valores limites de ruído para serem utilizados como referência nos programas de inspeção veicular. Os critérios de avaliação e procedimentos a serem utilizados na avaliação de ruído de veículos em uso na condição parado, são estabelecidos pela Resolução CONAMA 418/2009 e Instrução Normativa IBAMA 06/2010 respectivamente.

Atualmente, a atividade de fiscalização de ruído na condição parado não se encontra regulamentada no Brasil para ser executado por qualquer órgão. Portanto, recomenda-se que as referências a serem adotadas em um programa de autofiscalização sejam as mesmas estabelecidas para o programa de inspeção veicular ambiental.

5.3.1. Limite de Ruído para Avaliação de Veículos em Uso

Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA 418/2009, os limites máximos de ruído na condição parado para todos os veículos automotores, nacionais ou importados, devem ser os valores certificados e divulgados pelo fabricante. Geralmente os veículos fabricados a partir de 1994 possuem os limites máximos de ruído divulgados, podendo ser encontrados no(s):

- manual do usuário do veículo;
- sites das montadoras e encarroçadoras e;
- site do IBAMA.

Na inexistência desta informação, são estabelecidos os limites máximos de ruído na condição parado constantes na Tabela 14 (Tabela 6, Anexo 1 da Resolução CONAMA 418/2009):

Tabela 14 - Limites máximos de ruído emitidos por veículos automotores na condição parado para veículos em uso.

CATEGORIA	Posição do Motor	Nível de Ruído dB (A)
Veículo de passageiros até nove lugares e veículos de uso misto derivado de automóvel	Dianteiro	95
	Traseiro	103
Veículo de passageiros com mais de nove lugares, veículo de carga ou de tração, veículo de uso misto não derivado de automóvel e PBT até 3.500 kg	Dianteiro	95
	Traseiro	103
Veículo de passageiros ou de uso misto com mais de 9 lugares e PBT acima de 3.500kg	Dianteiro	92
	Traseiro	98

CATEGORIA	Posição do Motor	Nível de Ruído dB (A)
Veículo de carga ou de tração com PBT acima de 3.500 kg	Todos	101
Motocicletas, motonetas, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados	Todas	99

* *PBT (Peso Bruto Total):* Peso indicado pelo fabricante para condições específicas de operação, baseado em considerações sobre resistência dos materiais, capacidade de carga dos pneus etc., conforme NBR-6070.

5.3.2. Recursos Necessários

Para executar o ensaio de medição de ruído de veículo automotor na condição parado, é necessário um Medidor de Nível Sonoro (MNS) (Figura 25) que opere na curva de ponderação “A” e condição de resposta “F” (rápida), um calibrador de MNS (Figura 26), um tacômetro (Figura 27) e um gabarito para posicionamento do MNS próximo à região do escapamento.

Os equipamentos devem ser periodicamente calibrados pelo INMETRO.



Figura 25 - Medidor de Nível Sonoro (MNS)



Verificação da escala do MNS com um calibrador fixo em 94 dB(A)

- Antes da primeira medição do dia;
- Sempre que o MNS for religado;
- Quando houver mudança brusca da temperatura ambiente.

Figura 26 - Calibrador de MNS



- **Tacômetro**

- Precisão mínima de 3% do instrumento para medir a velocidade angular do motor durante o ensaio (NBR 9714)

Figura 27 - Tacômetro

5.3.3. Procedimentos para Autofiscalização de Ruído

Recomenda-se que para a avaliação de ruído de veículos em uso, seja adotado o procedimento estabelecido no Anexo V da Instrução Normativa IBAMA 06/2010. Apesar da Norma ABNT NBR 9714 também poder ser aplicada em veículos em uso, pode se dizer que o procedimento estabelecido no Anexo V da IN IBAMA 06/2010 é o procedimento oficial para esse tipo de situação, por estar estabelecido que seja utilizado nos programas de inspeção veicular ambiental.

O Anexo V da Instrução Normativa IBAMA 06/2010 é disponibilizado na íntegra no final da apostila (Anexo 2).

5.4. Exemplos de estratégias de autofiscalização

A escolha do procedimento e da estratégia a ser aplicada em um programa de autofiscalização devem levar em consideração alguns fatores para se evitar que após a sua implantação, os resultados esperados não sejam alcançados.

Alguns fatores que exercem influência sobre o procedimento a ser adotado por uma determinada empresa que possua veículos a diesel, devem levar em consideração os seguintes aspectos:

- Motivação para Implantação da Autofiscalização
- Tipo de Frota

- Fase do Proconve
- Rodoviário [caminhões ou ônibus (rodoviário/urbano)]
- Não rodoviários
- Local de Operação da Frota
 - Interno
 - Externo
 - Estado
- Frequência de utilização

Baseado nas experiências bem sucedidas de algumas empresas que já aplicam programas de autofiscalização em suas frotas, são apresentadas a seguir algumas propostas de estratégias que podem ser utilizadas conforme o tipo de frota e sua aplicação.

5.4.1. Empresas de Ônibus Urbanos

Empresas de ônibus urbanos, principalmente as que atendem a região metropolitana de São Paulo, compõem a classe de veículos que mais está sujeita à fiscalização por emissões de fumaça em excesso, fiscalização essa realizada por diferentes entidades. Baseado nas práticas adotadas por diferentes empresas de ônibus, apresentamos abaixo uma sugestão de modelo de programa de autofiscalização que pode ser adotada.

Motivação e características da empresa:

- Principal Motivação → *atender critérios de fiscalização*
 - Avaliações por Opacidade:
 - SPTrans
 - Periódica: 15% da frota, a cada 6 meses
 - Amostral: conforme critérios SPTrans
 - EMTU
 - Periódica: toda a frota a cada 12 meses (empresas permissionárias e autorizadas)

- Avaliação por Ringelmann:
 - CETESB → Fiscalização diária em vias públicas.
- Tipo de Frota:
 - Ônibus urbano, PROCONVE P5 e P7.
- Local de Operação
 - Vias públicas da região metropolitana de São Paulo. Trajetos conhecidos.
- Frequência de utilização
 - 50.000 km/ano (idade do veículo – 5 anos) (35)

Exemplo de estratégia de autofiscalização para empresas de ônibus:

- *Métodos utilizados: Ringelmann e Opacidade*
 - Ringelmann nas vias públicas e opacidade na garagem durante manutenções periódicas.
 - Veículos reprovados na escala de Ringelmann (nas vias públicas) são encaminhados para a manutenção para investigação do motivo no aumento das emissões.
 - O valor de opacidade adotado nos testes por parte da oficina da garagem são menores que o limite máximo estabelecido pelo fabricante.
- *Ações realizadas conjuntamente com os fabricantes dos veículos para melhorar a eficiência de manutenção.*
- *Controle da qualidade do combustível utilizado.*

5.4.2. Empresas de Transporte de Carga

Os caminhões constituem a classe de veículos responsável pela maior parcela de autuações por emissão de fumaça preta. Fatores como idade média elevada de muitos caminhões em circulação associada à cultura de manutenção corretiva ainda muito presente e adotada por proprietários de veículos diesel, cooperam para a manutenção do grande número de caminhões que são autuados por fumaça preta.

Atualmente, devido às exigências de mercado, prestadores de serviços de transporte de carga precisam cada vez mais comprovar a conformidade ambiental de suas frotas para que possam ter seus serviços contratados. Portanto, a autofiscalização, quando adotada em empresas de transporte de carga, além de auxiliar que as empresas evitem penalizações, pode cooperar para que as empresas possam angariar novos clientes.

Motivação e características da empresa:

- Principal Motivação → *atender critérios de fiscalização*
 - Avaliações por Opacidade:
 - Programas de Sistema de Gestão da qualidade
 - Periódica: 100% da frota, a cada 6 meses (prática que vem sendo observada no mercado)
 - Avaliação por Ringelmann:
 - CETESB → Fiscalização diária em vias públicas.
- Tipo de Frota:
 - Veículos de carga, PROCONVE P4 e P5.
- Local de Operação
 - Vias públicas da região metropolitana de São Paulo, principalmente estradas. As rotas geralmente não são repetidas.
- Frequência de utilização
 - 52.000 km/ano (idade do veículo – 5 anos) (35).

Exemplo de estratégia de autofiscalização para empresas de transporte de carga:

- *Métodos utilizados: Opacidade*
 - Opacidade nas garagens durante manutenções periódicas, ou a cada 6 meses.
 - Veículos reprovados no teste de opacidade devem ser encaminhados à manutenção.
 - O valor de opacidade adotado nos testes realizados nas oficinas podem ser menores que o limite máximo estabelecido pelo fabricante.

- *Valores de carga máxima permitida para os veículos devem ser rigorosamente obedecidos.*
- *Controle da qualidade do combustível utilizado.*

6. Bibliografia

1. IAG-Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. *Estrutura da Atmosfera*. [Online] [Citado em: 17 de Julho de 2015.] <http://www.iag.usp.br/siae98/atmosfera/estrutura.htm>.
2. Composição e Estrutura da Atmosfera. [Online] [Citado em: 19 de Janeiro de 2015.] meteo.cefet-rj.br/felipe/metgeral/capitulo1%20met%20geral.pdf.
3. Apostila de meteorologia. *A Atmosfera*. [Online] [Citado em: 16 de Março de 2015.] <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-2.html>.
4. Ministério do Meio Ambiente. *Poluentes Atmosféricos*. [Online] [Citado em: 08 de Abril de 2015.] <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>.
5. **PEREIRA, L. A. A., et al., et al.** Repercussões Clínicas da Exposição à Poluição Atmosférica. 2006.
6. Universidade Estadual do Norte Darcy Ribeiro. *Poluentes Inorgânicos do Ar*. [Online] [Citado em: 15 de Abril de 2015.] http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/ar_polinorg.html.
7. Portal do Meio Ambiente. *Cidadania Ativa*. [Online] 14 de Outubro de 2009. [Citado em: 15 de Abril de 2015.] <http://portal.rebia.org.br/cidadania/2095-emissao-dos-escapamentos-dos-veiculos>.
8. CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Relatório de Qualidade do Ar*. [Online] 2014. [Citado em: 02 de Março de 2015.] http://ar.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/rqar_2014.pdf.
9. **MARICQ, M.M.** Chemical Characterization of particulate emissions from diesel engines: A review. *Journal of Aerosol Science*. 38, 2007.

10. EPA-United States Environmental Protection Agency. *Particulate Matter (PM)*. [Online] [Citado em: 29 de Abril de 2015.] <http://www.epa.gov/pm/basic.html>.
11. **GUARIEIRO, L. L. N., VASCONCELLOS, P. C. e SOLCI, M. C.** Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. *Revista Virtual de Química*. [Online] 16 de Novembro de 2011. [Citado em: 2015 de Abril de 29.] <http://www.uff.br/rvq>.
12. IBGE. *Estimativa da População Residente no Brasil*. [Online] Diretoria de Pesquisas - DPE. [Citado em: 2015 de Março de 03.] <http://www.ibge.gov.br>.
13. CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo*. [Online] 2014. [Citado em: 17 de Agosto de 2015.] <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/>.
14. **INDRIUNAS, L.** *Como Funciona a Inversão Térmica*. [Online] [Citado em: 29 de Abril de 2015.] <http://ambiente.hsw.uol.com.br/inversao-termica.htm>.
15. CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo . *Inversão Térmica*. [Online] [Citado em: 29 de Abril de 2015.] <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/anexo/inversao.htm>.
16. **MATHEUS, R. B.** *O Que é Inversão Térmica?* [Online] [Citado em: 29 de Abril de 2015.] <http://parquedaciencia.blogspot.com.br/2014/09/o-que-e-inversao-termica.html>.
17. Ministério do Meio Ambiente. *Efeito Estufa e Aquecimento Global*. [Online] [Citado em: 29 de Abril de 2015.] <http://www.mma.gov.br/quem-%C3%A9-quem/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>.
18. **FELIZARDO, A.B.** Aquecimento Global e mudanças Climáticas. [Online] [Citado em: 20 de Maio de 2015.] http://saberpensar.jimdo.com/aquecimento_global_e_mudanyas_climyyticas.php.

19. Gases do Efeito Estufa (GEE). *Mudanças Climáticas*. [Online] [Citado em: 21 de Maio de 2015.] <http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/content/gases-de-efeito-estufa-gee>.
20. Relatório final do IPCC. *Greenpeace*. [Online] 02 de Novembro de 2014. [Citado em: 15 de Abril de 2015.] <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Relatorio-final-do-IPCC-nao-deixa-duvidas-precisamos-agir-agora/>.
21. Ministério do Meio Ambiente. *Proteção da Camada de Ozônio*. [Online] [Citado em: 20 de Julho de 2016.] <http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio>.
22. WWF-Brasil. *Camada de Ozônio*. [Online] [Citado em: 20 de Julho de 2016.] http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/camada_ozonio/.
23. NASA. *Ozone Hole Watch*. [Online] [Citado em: 20 de Julho de 2016.] http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/climatology_09_SH.html.
24. G1. *Buraco na camada de ozônio sobre a Antártida está diminuindo, diz estudo*. [Online] [Citado em: 20 de Julho de 2016.] <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/06/buraco-na-camada-de-ozonio-sobre-antartida-esta-diminuindo-diz-estudo.html>.
25. Efeito Estufa. *Ambiente Brasil*. [Online] [Citado em: 21 de Maio de 2015.] http://ambientes.ambientebrasil.com.br/mudancas_climaticas/artigos/efeito_estufa.html.
26. PIZZINGA, R. D. [Online] [Citado em: 22 de Maio de 2015.] <http://paxprofundis.org/livros/polar/polar.htm>.
27. **IBAMA**. PROCONVE/PROMOT. Brasília : s.n., 2011. 3ª.
28. **Ministério do Meio Ambiente**. PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS. [Online] [Citado em: 31

de 07 de 2015.]

http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf.

29. **CONAMA**. Resolução nº 415, de 24 de setembro de 2009.

30. —. RESOLUÇÃO CONAMA nº 403, de 11 de novembro de 2008.

31. **Ministério do Meio Ambiente**. PROMOT - PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR MOTOCICLOS E. [Online] [Citado em: 31 de 07 de 2015.] http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/promot_163.pdf.

32. **CONAMA**. Resolução 432. Brasília : s.n., 2011.

33. **Ferreira, V.** Curso de Emissão Veicular. São Paulo : s.n. .

34. **Guimarães, João Roberto Penna de Freitas**. Toxicologia das Emissões veiculares de diesel: um problema de saúde ocupacional e pública.

35. **CETESB**. Relatório de Emissões Veiculares 2013. *Relatório de Emissões Veiculares 2013*. São Paulo : s.n., 2014.

36. **Environmental Protection Agency**. Environmental Protection Agency. [Online] [Citado em: 20 de julho de 2015.] <http://www.epa.gov/otaq/diesel/technologies/retrofits.htm>.

37. **BASF**. [Online] [Citado em: 02 de agosto de 2015.] http://www.basf.ca/group/corporate/ca/en/brand/DIESEL_OXIDATION_CATALYSTS.

38. **Densa Lubrificantes**. [Online] [Citado em: julho de 31 de 2015.] <http://densalubrificantes.com/adblue/3.html>.

39. **ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**. ABNT NBR 6016:2015. *Gás de escapamento de motor Diesel - Avaliação de teor de fuligem com a escala de Ringelmann*. 2015.

40. **SAE - Society Automotive Engineering**. SAE Handbook 1977. 1977.

41. **ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.** ABNT NBR 13037:2001. *Veículos rodoviários automotores - Gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre - Determinação da opacidade.* 2001.

42. AEA-Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. *Cartilha de Conscientização Pública do Uso do ARLA 32.* [Online] [Citado em: 20 de Julho de 2016.] <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/>.

43. UFJF - Grupo Baccan de Química Analítica. [Online] 2011. [Citado em: 24 de julho de 2016.] http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/Aula_pratica_10.pdf

ANEXO 1

PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO DE VEÍCULOS DO CICLO DIESEL NO PROGRAMA I/M

1. O veículo depois de recepcionado no Centro de Inspeção deve ser direcionado para uma linha de inspeção.
2. O inspetor deve registrar a placa e realizar a conferência dos dados cadastrais do veículo junto ao órgão de trânsito.
3. Em seguida o inspetor registrará a quilometragem do veículo e certificar-se-á de que o motor do mesmo encontra-se em temperatura normal de operação.
4. A verificação da temperatura do motor poderá ser feita pelos seguintes métodos:
 - a) informação do instrumento de painel do próprio veículo;
 - b) Medição da temperatura do óleo do motor;
 - c) leitura, por termômetro digital, da temperatura externa do bloco do motor, a qual não deve ser inferior a 60° C, evitando-se a medição em área muito próxima à tubulação de escapamento.
5. Proceder a uma inspeção visual prévia, verificando se o veículo se encontra apto a ser inspecionado quanto à emissão gases.
 - 5.1 Verificar se o motor é do tipo 2 tempos ou 4 tempos
 - 5.2. Verificar, se o veículo apresenta:
 - a) Funcionamento irregular do motor;
 - b) Emissão de fumaça branco-azulada ou fumaça preta visivelmente intensa;
 - c) Violação de lacres do sistema de alimentação;
 - d) Vazamentos aparentes de fluidos (gotejamento de óleo, combustível, água, outros fluídos);
 - e) Alterações, avarias ou estado avançado de deterioração no sistema de escapamento (corrosão excessiva, furos não originais, falta de componentes), que causem vazamentos ou entradas falsas de ar ou aumento do nível de ruído. Obs.: Os sistemas de escapamento ou parte destes, não originais, poderão ser admitidos, desde que não prejudiquem os padrões originais de desempenho;
 - f) Alterações, avarias ou estado avançado de deterioração no sistema de admissão de ar, que causem vazamentos ou entradas falsas de ar ou aumento do nível de ruído;
 - g) Insuficiência de combustível para a realização da medição de emissão
 - h) A existência de qualquer anormalidade que possa apresentar risco de acidentes, ou danos aos instrumentos de medição ou ao veículo durante a inspeção.
6. Constatada qualquer das irregularidades descritas no item acima, o veículo será considerado "REJEITADO" não podendo iniciar os procedimentos de medição de gases, sendo então emitido o Relatório de Inspeção do Veículo, encerrando-se a inspeção.

7. No caso do veículo não ter sido rejeitado na pré-inspeção visual, o mesmo será submetido a uma inspeção visual dos itens de controle de emissão de gases e ruído, originalmente previstos para sua marca/modelo/versão, e dos dispositivos de informação sobre o funcionamento do motor. Devem ser observados, no que couber, desde que visíveis sem qualquer desmontagem, os eventuais defeitos nos itens seguintes:

a) Sistema PCV (ventilação positiva do cárter) ausente ou danificado.

Obs.: Todos os veículos leves com motor do ciclo Diesel naturalmente aspirado fabricados a partir de 1º/1/1996, todos os ônibus urbanos com motor Diesel naturalmente aspirado fabricados a partir de 1º/1/1988 e todos os veículos pesados com motor Diesel naturalmente aspirado fabricados desde 1º/1/1994 devem possuir sistema PCV;

b) Fixação, conexões e mangueiras do sistema PCV, irregulares;

c) Sistema EGR (recirculação de gases de escapamento) ausente ou danificado;

d) Fixação, conexões e mangueiras do sistema EGR, irregulares;

e) Presença, tipo de aplicação, estado geral, verificação do conteúdo e fixação dos sistemas de tratamento dos gases de escapamento, irregulares;

f) Presença, fixação e conexão elétrica de sensores, irregulares;

g) Existência de dispositivos de ação indesejável e adulterações do veículo que comprovadamente prejudiquem o controle de emissões;

h) Falta da tampa do reservatório de combustível e do reservatório de óleo do motor;

i) Lâmpada (LIM) indicando mau funcionamento do motor;

j) Avarias, ausência ou estado avançado de deterioração de encapsulamentos, barreiras acústicas e outros componentes que influenciam diretamente na emissão de ruído do veículo, previstos para a marca/modelo/versão do veículo.

8. Caso o veículo apresente pelo menos uma das irregularidades acima, o mesmo será REPROVADO, mas deverá ser submetido à medição das emissões dos gases para efeito de orientação ao usuário.

9. Durante a pré-avaliação, o inspetor deverá decidir se o veículo deve ser submetido à medição de ruído, conforme procedimento descrito no Anexo V. O sistema informatizado também poderá selecionar aleatoriamente alguns veículos não indicados pelo inspetor para controle e auditoria do processo de inspeção.

10. Previamente à medição da opacidade da fumaça, o inspetor deverá verificar o número de saídas independentes do escapamento, bem como a quantidade de tipos de combustível utilizados pelo veículo, para determinar o número de ensaios.

11. O inspetor deverá identificar as características do sistema de alimentação para a correta seleção dos limites aplicáveis para o motor, ou seja, se o mesmo é:

a) Naturalmente aspirado ou turbo alimentado com LDA (limitador de fumaça);

b) Turbo alimentado;

c) Para os veículos bi-combustível com modos selecionáveis de alimentação, o inspetor deve efetuar os testes em cada um dos modos.

12. As medições devem ser realizadas com opacímetro que atenda à Norma NBR 12897 - Emprego do Opacímetro para Medição do Teor de Fuligem de Motor Diesel - Método de Absorção de Luz, desde que seja correlacionável com um opacímetro de amostragem com 0,43m de comprimento efetivo da trajetória da luz através do gás e certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO.

13. Para a execução das medições da opacidade da fumaça, o inspetor seguirá a sequência abaixo descrita, que deverá ser orientada pelo software de gerenciamento da inspeção instalado no computador do equipamento.

13.1. Instalar o medidor de velocidade angular

13.2. Informar ao software de gerenciamento da inspeção as velocidades angulares de marcha lenta e de máxima livre (corte). A fim de preservar a integridade mecânica do veículo acelerar lentamente o motor e observar os valores de velocidade angular atingidos, certificando-se de sua conformidade com as especificações dos fabricantes.

13.3. Para a verificação, o motor deverá funcionar sem carga para a medição e registro do valor da RPMmarcha lenta, por até 10 segundos e, em seguida, deve ser acelerado lentamente desde a rotação de marcha lenta até atingir a RPMmáx.livre, certificando-se de suas estabilizações nas faixas recomendadas pelo fabricante, com a tolerância adicional de +100 RPM e -200 RPM na RPMmáx. livre e de +/- 100 RPM para a rotação de marcha lenta;

13.4. Se o valor de velocidade angular de máxima livre registrado não atender ao valor especificado, o veículo será considerado "REPROVADO";

13.5. Se o valor encontrado para a marcha lenta estiver fora da faixa especificada, o veículo será considerado REPROVADO, mas deverá ser submetido à medição da opacidade;

13.6. Se as velocidades angulares de marcha lenta e de máxima livre não forem conhecidas, o software de gerenciamento da inspeção poderá fazer a sua determinação de forma a constatar que o limitador de RPM está operando adequadamente, de acordo com as características do motor. Os valores assim determinados serão a base para definição das faixas aceitáveis de medição da velocidade angular com a tolerância adicional de +100 RPM e -200 RPM na RPMmáx. Livre e de +/-100 RPM, para a rotação de marcha lenta;

13.7. Se ocorrer alguma anormalidade durante a aceleração do motor, o inspetor deverá desacelerar imediatamente o veículo, que também será considerado "REJEITADO", por funcionamento irregular do motor;

13.8. Após a comprovação de que as rotações de marcha lenta e de corte estão conformes, o veículo estará apto a ser inspecionado com relação à opacidade da fumaça;

13.9. Posicionar a sonda do opacímetro introduzindo pelo menos 300 mm no escapamento do veículo, com o motor em RPMmarcha lenta;

13.10. Se o operador tiver observado que o motor apresenta emissão excessiva de fumaça preta, antes de iniciar o procedimento completo de medição deve acelerar o motor por duas vezes até a RPMmáx. livre, inserir a sonda no tubo de escapamento e acelerar até cerca de 75% da rotação de

corde, por até 5s, e verificar o valor máximo de opacidade registrado. Se esse valor for superior a $7,0m^{-1}$, o procedimento de medição será interrompido e o veículo será considerado "REPROVADO";

13.11. Para a realização do procedimento completo da medição da opacidade, o acelerador deverá ser acionado de modo contínuo e rapidamente (no máximo em 1s), sem golpes, até atingir o final de seu curso. Deverão ser registrados os tempos de aceleração entre o limite superior da faixa de rotação de marcha lenta e o limite inferior da faixa de rotação de máxima livre;

13.12. Manter a posição do acelerador descrita no item anterior até que o motor estabilize na faixa de rotação máxima, permanecendo nesta condição por um tempo máximo de 5 segundos.

Desacionar o acelerador e aguardar que o motor estabilize na RPMmarcha lenta e que o opacímetro retorne ao valor original obtido nessa mesma condição. O valor máximo da opacidade atingido durante esta seqüência de operações deve ser registrado como a opacidade medida, juntamente com o valor da rotação máxima atingida;

13.13. Para a próxima leitura, repetir o procedimento descrito nos itens 13.11 e 13.12 reacelerando, no máximo, em 5 segundos após a última estabilização em marcha lenta;

13.14. Se em determinada aceleração, a rotação máxima atingida estiver abaixo da faixa de rotação de corte especificada com as respectivas tolerâncias, o valor máximo de opacidade verificado não será registrado e a operação será desprezada devendo ser repetida;

13.15. Se ocorrer, em três acelerações consecutivas que a rotação máxima atingida esteja abaixo da faixa de rotação de corte especificada com as respectivas tolerâncias, o veículo é "REPROVADO"; 13.16. Em cada aceleração, se o tempo de elevação da rotação desde o limite superior da faixa de rotação de marcha lenta até o limite inferior da faixa de rotação de máxima livre registrado ultrapassar 4,5s, a aceleração será desconsiderada e uma nova aceleração será realizada em seu lugar.

Se essa mesma condição ocorrer pela terceira vez durante o teste de aceleração livre, o teste será interrompido e o veículo será "REJEITADO", por funcionamento irregular do motor; (representado na Figura 1);

Procedimento de Aceleração Livre - Tempos de Medição

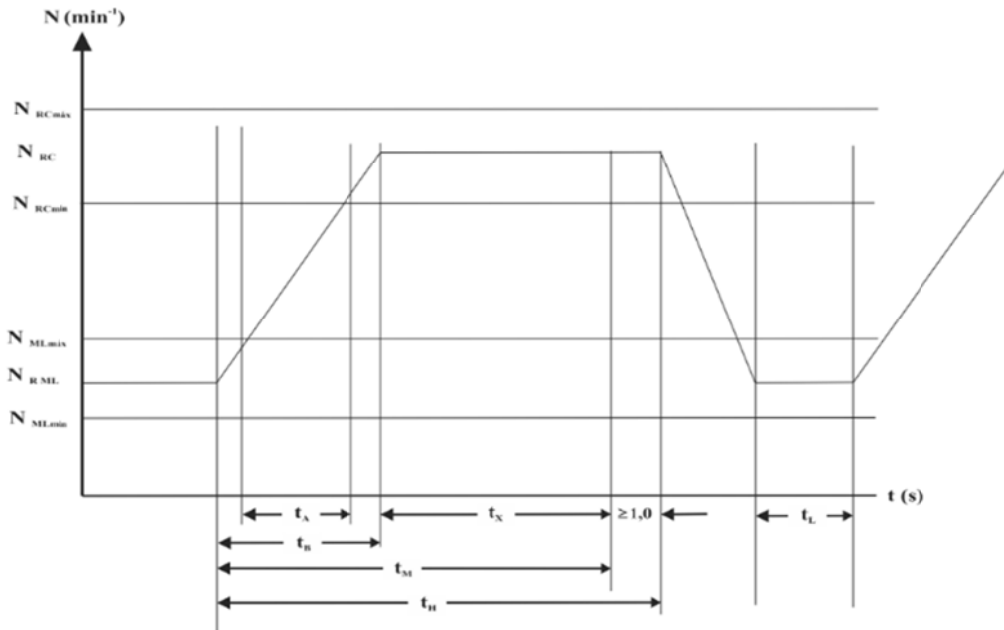


Figura 1

NML: Rotação de Marcha Lenta

NMLmin: Rotação de Marcha Lenta Mínima

NMLmax: Rotação de Marcha Lenta Máxima

NRC: Rotação de Máxima Livre (Corte)

NRCmin: Rotação de Máxima Livre (Corte) Mínima

NRCmax: Rotação de Máxima Livre (Corte) Máxima

tA: Tempo de aceleração registrado

tB: Tempo de aceleração (o aumento da aceleração deve ser linear)

tX: Tempo de medição depois de atingida a rotação de máxima livre (conforme especificação do fabricante

do motor ou 0,5 s _ tX _ 5,0 s)

tM: Tempo de medição = tB + tX

tH: Tempo de acelerador acionado = tM + mínimo 1 s

tL: Tempo entre acelerações = máximo 5 s após estabilização do valor de opacidade no regime de marcha lenta.

13.17. O procedimento de medição descrito em 13.11 a 13.16 deve ser realizado de 4 a 10 vezes e o cálculo dos resultados deve ser efetuado conforme segue;

a) Desprezando-se a primeira aceleração para eliminação de resíduos acumulados no escapamento, os valores de opacidade obtidos em três medições consecutivas a partir da segunda medição inclusive, devem ser analisados e só podem ser considerados válidos quando a diferença entre o valor máximo e o mínimo neste intervalo não for superior a $0,5m-1$;

b) O primeiro grupo de três valores consecutivos que atenda às condições de variação determinadas no subitem acima, é considerado como o grupo de medições válidas, encerrando-se o ensaio;

c) O resultado do ensaio é a média aritmética dos três valores consecutivos válidos, assim selecionados.

14. Em caso de atendimento aos limites de emissão e de velocidades angulares previstos para a marca/modelo do motor, e de o veículo ter sido aprovado na inspeção visual, o mesmo será considerado APROVADO e será emitido o Certificado de Aprovação do Veículo. Em caso contrário, o veículo será considerado REPROVADO e será emitido o Relatório de Inspeção do Veículo.

15. Além do Certificado de Aprovação do Veículo, os veículos aprovados poderão receber, a critério do órgão responsável, um selo de aprovação da inspeção.

16. O Certificado de Aprovação do Veículo deverá informar os limites e os valores obtidos nas medições de rotações e opacidade.

17. O Relatório de Inspeção do Veículo deverá informar os limites e, quando medidos, os valores obtidos nas medições, bem como os itens de reprovação na inspeção visual, quando se tratar de REPROVAÇÃO e os itens não atendidos na pré-inspeção visual, quando se tratar de REJEIÇÃO.

18. Ao término do ensaio, com a sonda desconectada do sistema de escapamento, deve ser verificado o zero do opacímetro conforme prescrição do seu fabricante.

19. O opacímetro nunca deve, em qualquer condição de uso, estar posicionado na direção da fumaça do escapamento, inclusive quando da realização do zero da escala.

ANEXO 2

PROCEDIMENTOS PARA A MEDIÇÃO DE RUÍDO EM CENTROS DE INSPEÇÃO

1. Objetivo:

1.1. Este procedimento destina-se à verificação anual da conformidade de veículos em uso com os níveis de ruído estabelecidos para veículos em uso e adapta a Norma NBR 9714 às condições de trabalho existentes nos Centros de Inspeção de Veículos para a medição do ruído emitido nas proximidades do sistema de escapamento na condição parado.

1.2. O método é destinado a verificar o nível de ruído emitido por veículos em uso, levando em consideração as variações no ruído emitido por seus componentes, causadas por:

a) desgaste, deterioração, ou modificação de componentes, regulagens fora da especificação do fabricante;

b) remoção parcial ou completa de dispositivos que reduzem a emissão de ruído.

1.3. Estas variações podem ser determinadas por comparação dos resultados com medidas de referência efetuadas em condições semelhantes, quando da homologação do veículo.

2. Inspeção visual e pré-análise

2.1. A inspeção de veículos em uso, para determinar a sua conformidade com as exigências de controle de ruído, deve ser iniciada por uma inspeção visual, para que o inspetor verifique se há ocorrência de anormalidades, tais como: a ausência de componentes, peças defeituosas, corroídas ou não originais e com características não aplicáveis ao modelo ou versão do veículo.

2.2. Em seguida deve ser realizada, por um inspetor devidamente treinado, uma pré-análise auditiva para verificar se o veículo apresenta timbres e níveis de ruído considerados anormais. Caso o inspetor verifique na pré-análise auditiva alguma anomalia, o veículo deve ser submetido à medição do ruído na condição parado para a confirmação da avaliação inicial quanto à sua desconformidade.

2.3. O ensaio na condição parado será também aplicado, aleatoriamente, aos veículos não selecionados, para auditoria do processo e verificação da habilidade do ins p e t o r.

3. Aparelhagem

3.1. O instrumento de medição deve ser um medidor de nível de som (MNS), ou um sistema de medição equivalente, cujas características devem estar de acordo com a IEC 651, referente ao tipo 1 (tipo de precisão) ou com a IEC 61672:2003 referente ao tipo 2, previamente calibrado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial- INMETRO ou por laboratórios pertencentes à Rede Brasileira de Calibração - RBC.

3.2. Se um dispositivo de proteção contra o vento for utilizado, seu efeito sobre a exatidão da medição deve ser levado em conta de acordo com as indicações do fabricante.

3.3. O MNS deve operar na curva de ponderação "A" e a sua característica dinâmica deve operar na condição de resposta rápida ("F").

3.4. Antes da primeira medição do dia e sempre que o equipamento for religado, ou houver mudanças bruscas de temperatura ambiente, deve-se efetuar uma verificação da escala do MNS com um calibrador fixo em 94 dB(A). O valor encontrado deve ser armazenado no sistema como o "valor antes do último ajuste" e a escala do MNS deve ser reajustada para 94 dB(A), seguindo-se as instruções do fabricante. O órgão ambiental pode solicitar verificações periódicas adicionais caso seja demonstrado estatisticamente a sua necessidade para assegurar a exatidão dos resultados.

3.5. O instrumento medidor deve ter comunicação eletrônica para o registro das medições de ruído e seu armazenamento em tempo real, simultaneamente com a medição da RPM do motor no instante determinado pelo equipamento para a desaceleração, bem como armazenar os dados necessários à rastreabilidade do ensaio e a sua conexão com a identificação do veículo e do inspetor.

3.6. O equipamento completo deve ser dotado de software que conduza o ensaio orientando o inspetor quanto aos momentos adequados para a aceleração e desaceleração do motor, indicando a RPM do motor, minimizando a possibilidade de interferência do inspetor sobre os resultados do ensaio.

3.7. O software do equipamento também deve realizar a análise estatística dos níveis sonoros medidos em cada condição, para a validação do ensaio conforme prescrito nos itens 6.2.4 e 6.2.5. e emitir o laudo final do ensaio com as características requeridas pelo Programa de Inspeção e Manutenção - I/M.

4. Condições e local de ensaio

4.1. O local de ensaio deve consistir em uma área plana de concreto, asfalto ou outra superfície equivalente, cujos limites devem distar pelo menos 1,0m das extremidades do veículo, não havendo objetos próximos que possam afetar significativamente a leitura do MNS.

4.2. Durante a medição do ruído do escapamento, o microfone deve estar a uma distância maior que 1,0m da guia de calçada ou qualquer outro obstáculo e nenhum observador deve estar a menos de 1m do microfone durante a inspeção.

4.3. Os locais indicados para a execução dos ensaios devem ser acusticamente adequados, o que deve ser comprovado mediante comparação de medições de veículos neste local e em outro em condições isentas de interferências.

5. Condições atmosféricas e ruído ambiente

5.1. As medições não devem ser efetuadas em condições de tempo adversas e rajadas de vento não devem afetar o resultado da avaliação.

5.2. É recomendável que o nível do ruído ambiente seja no mínimo 10 dB(A) menor do que os níveis medidos durante o ensaio. Caso esta condição não seja atendida, o resultado pode ser corrigido de acordo com o item 6.2.8., caso seja superior ao limite estabelecido.

6. Execução do ensaio

6.1. Posicionamento do veículo e do microfone

6.1.1. O veículo deve ser posicionado na área de ensaio, com o motor em sua temperatura normal de trabalho e a alavanca de mudança das marchas na posição neutra e sem o acionamento da embreagem.

6.1.2. Os analisadores de ruído devem ser posicionados na altura da saída do tubo de escapamento (ou a 20cm mínimo do solo quando esta altura for menor), a 50cm de distância da sua extremidade e a $45^{\circ} \pm 10^{\circ}$ do eixo do tubo, utilizando-se um gabarito conforme Figura 1.

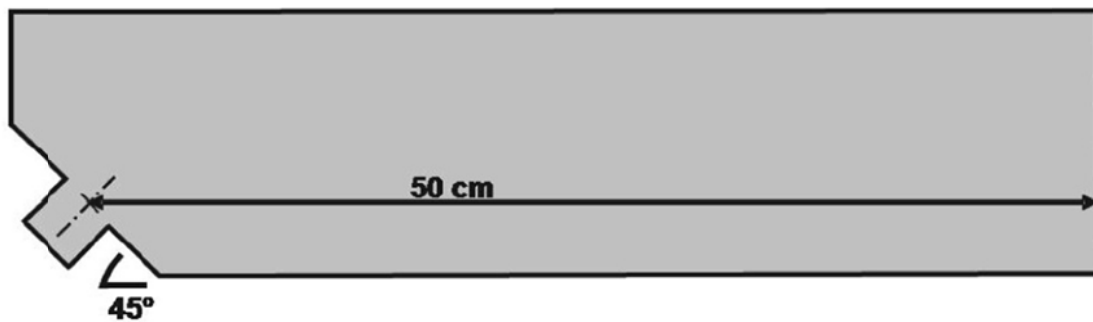


Figura 1 - Gabarito para posicionamento do microfone nas proximidades do escapamento

6.1.3. A menos que indicado pelo fabricante, o eixo de referência do microfone para condições de campo livre (ver IEC 651) deve ser sempre paralelo à superfície do local de ensaio (inclusive no caso de a altura do orifício de saída dos gases de escapamento ser menor que 0,2m) e fazer um ângulo de $45^{\circ} \pm 10^{\circ}$ com o plano vertical que contém a direção do fluxo de gases e posicionado conforme mostrado na Figura 2.

6.1.4. Na medida da altura do microfone em relação ao solo e dos demais comprimentos é permitido um erro máximo de 0,01m (ver Figura 2).

6.1.5. Para veículos providos de um único silencioso e duas ou mais saídas distanciadas de 0,3m ou menos, somente a posição do microfone referida ao orifício de saída mais próximo ao lado externo do veículo deve ser usada ou, quando o mesmo não puder ser determinado, o orifício de saída mais alto da superfície do local do ensaio deve ser o escolhido;

6.1.6. Para veículos com saídas de escapamento conectadas a silenciosos independentes, ou a um único silencioso, porém distanciadas em mais de 0,3m, deve ser feito um ensaio para cada saída, como se ela fosse a única, e o maior resultado deve ser o considerado.

6.1.7. Para veículos com tubo de escapamento vertical, o microfone deve ser posicionado na altura do orifício de escapamento, orientado para o mesmo e com seu eixo na horizontal, a uma distância de 0,5m a partir do lado do veículo mais próximo do orifício de saída dos gases.

6.1.8. Quando o microfone não puder ser posicionado conforme a Figura 2, devido à presença de obstáculos que façam parte do veículo, tais como: roda sobressalente, reservatório de óleo, bateria, etc., o microfone deve ser posicionado a uma distância maior que 0,5m do obstáculo mais próximo e seu eixo de referência, para condições de campo livre, deve ser orientado no sentido do orifício do escapamento, em um ponto em que a influência provocada pelos obstáculos mencionados acima seja mínima.

6.1.9. A Figura 2 abaixo apresenta esquemas da configuração do local de ensaios e do posicionamento do microfone para medição de ruído de escapamento.

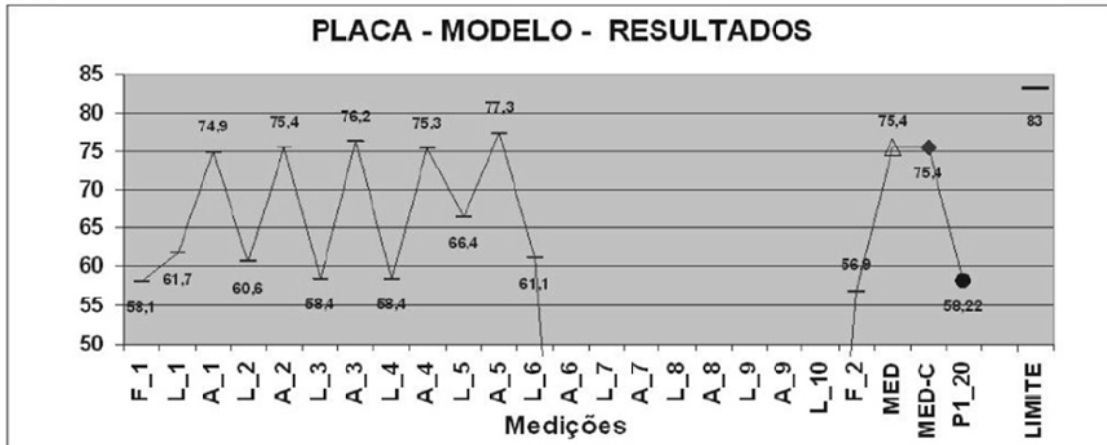


Figura 2 - Local de ensaio e posições do microfone para medição do ruído de escapamento

6.2. Condições de operação do motor

6.2.1. O motor deve ser estabilizado em marcha lenta, para a medição do ruído nesta condição (RML), em seguida acelerado até a RPM máxima de ensaio, definida em 6.2.2, e bruscamente desacelerado a partir desta velocidade angular para a condição de marcha lenta novamente. A medição do nível máximo de ruído (Racel) deve iniciar-se por um breve período durante a condição de velocidade angular máxima constante e continuar por toda a desaceleração. Somente o maior valor deve ser anotado.

6.2.2. Durante o período de levantamento de dados para a revisão dos limites máximos estabelecidos, a máxima velocidade angular do motor para ensaio deve ser estabilizada nos seguintes valores, sendo admitida uma variação máxima de ± 200 RPM.

a) Para todos os veículos automotores, a velocidade de teste é $\frac{3}{4}$ da velocidade angular de potência máxima do motor, ou a especificada pelo fabricante para este ensaio, exceto os constantes nos incisos "b", "c", "d" e "e", a seguir;

b) Para motores de motocicletas e semelhantes com velocidade angular de potência máxima acima de 5000 rotações por minuto, a velocidade de ensaio é de $\frac{1}{2}$ da velocidade angular de potência máxima do motor;

c) Para veículos que, por projeto, não permitam a estabilidade nas velocidades indicadas em "a" e "b", deve-se utilizar a rotação máxima que possa ser estabilizada.

d) No caso da velocidade angular de potência máxima ser desconhecida, o ensaio de ruído de veículos com motor do ciclo Otto poderá ser realizado sob as seguintes RPM:

i. 2500rpm e a 3500rpm para veículos leves anteriores a 1997;

ii. 3000rpm e a 4000rpm para os motocicletas, bem como os veículos leves de 1997 em diante;

e) No caso da velocidade angular de potência máxima ser desconhecida, o ensaio de ruído de veículos com motor do ciclo Diesel poderá ser realizado a $\frac{3}{4}$ da RPM máxima livre, sendo que o órgão ambiental responsável poderá autorizar outros valores entre 60% e 75% da RPM máxima livre.

f) O órgão ambiental poderá estabelecer outros valores da velocidade angular para ensaio do veículo na condição parado, desde que tecnicamente justificáveis.

6.2.3. A avaliação do ruído de um veículo, em local sujeito a interferências de ruído externo ao local do ensaio, deve considerar pelo menos 6 (seis) medições dos níveis mínimos de ruído com o motor ligado em marcha lenta ("RML"), intercaladas com 5 (cinco) medições dos níveis máximos a partir da condição acelerada ("RAcel") e 2 (duas) medições do nível do ruído ambiente ("Ramb") realizadas imediatamente antes e depois do ensaio feitas com o motor desligado e através de uma amostragem do nível de ruído equivalente por um período de 10 segundos, como indica a seqüência: Ramb1 - RML1 - RAcel1 - RML2 -

RAcel2 - RML3 - RAcel3 - RML4 - RAcel4 - RML5 - RAcel5 - RML6 - Ramb2, ilustrada na Figura 3.

6.2.4. O resultado do ensaio é dado pela mediana dos valores máximos ("RAcel"), desde que os níveis medidos imediatamente acima e abaixo da mediana não difiram em mais de 2 dB(A), identificando e eliminando desta forma as leituras afetadas de interferências de ruído externo;

6.2.5. Caso a variação acima exceda 2 dB(A), pode-se acrescentar, num mesmo ensaio, duas ou quatro medições adicionais em aceleração e as correspondentes em marcha lenta, até que os níveis medidos imediatamente acima e abaixo da nova mediana de todos os valores máximos não difiram em mais de 2 dB(A), para que o ensaio seja considerado válido.

Se após as quatro medições adicionais não forem encontradas as condições para validação do ensaio, o mesmo será considerado inválido e deverá ser repetido, exceto durante a fase de levantamento de dados do Programa.

6.2.6. O nível base de ruído ambiente é definido como o percentil de 20% (P20) de todos os níveis mínimos de ruído - 6 a 10 medidos em marcha lenta ("RML"), juntamente com os dois níveis medidos com motor desligado ("Ramb1" e "Ramb2") -, todos medidos na mesma seqüência de ensaio.

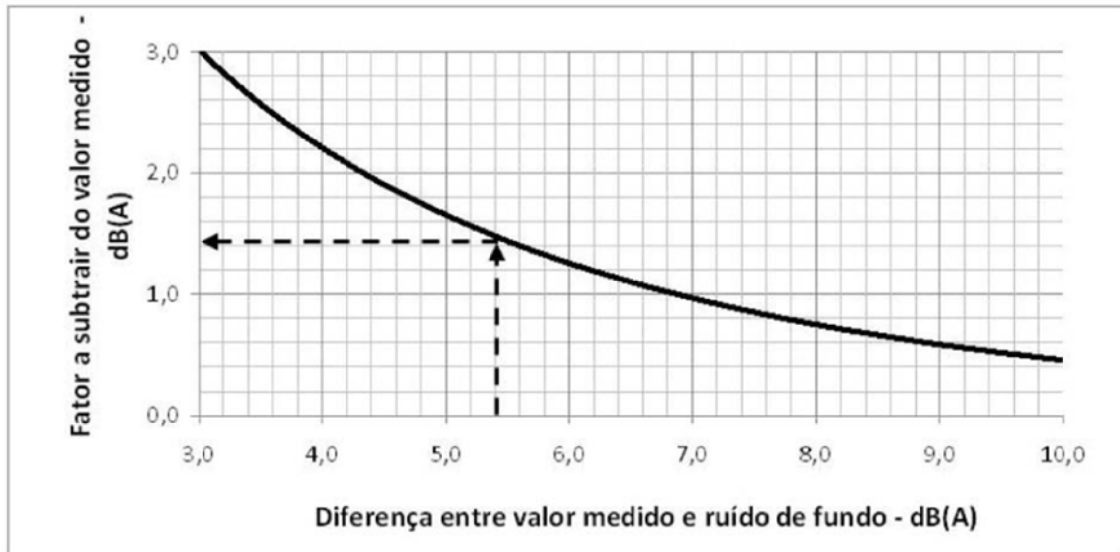


Figura 3 - Seqüência de medições de ruído nas proximidades do escapamento e resultados

6.2.7. Caso a diferença entre a mediana dos ruídos máximos e o nível base de ruído ambiente definido em 6.2.6. seja inferior a 10 dB(A) e superior a 3 dB(A) e esta mediana exceder o limite aplicável, é permitida a utilização da fórmula abaixo para a correção (também representada pela curva da Figura 4), subtraindo o ruído ambiente para a determinação da efetiva emissão sonora do escapamento do veículo. Esta curva é gerada a partir da fórmula de subtração de fontes sonoras:

$$R_v = 10 * \log(10(R_m / 10) - 10(R_a / 10))$$

Onde:

R_v: é o nível de ruído real do veículo que se pretende avaliar

R_m: é o nível de ruído total medido (mediana que inclui a fonte e o ruído de fundo)

R_a: é o nível de ruído de ambiente (sem a presença do veículo sob avaliação)

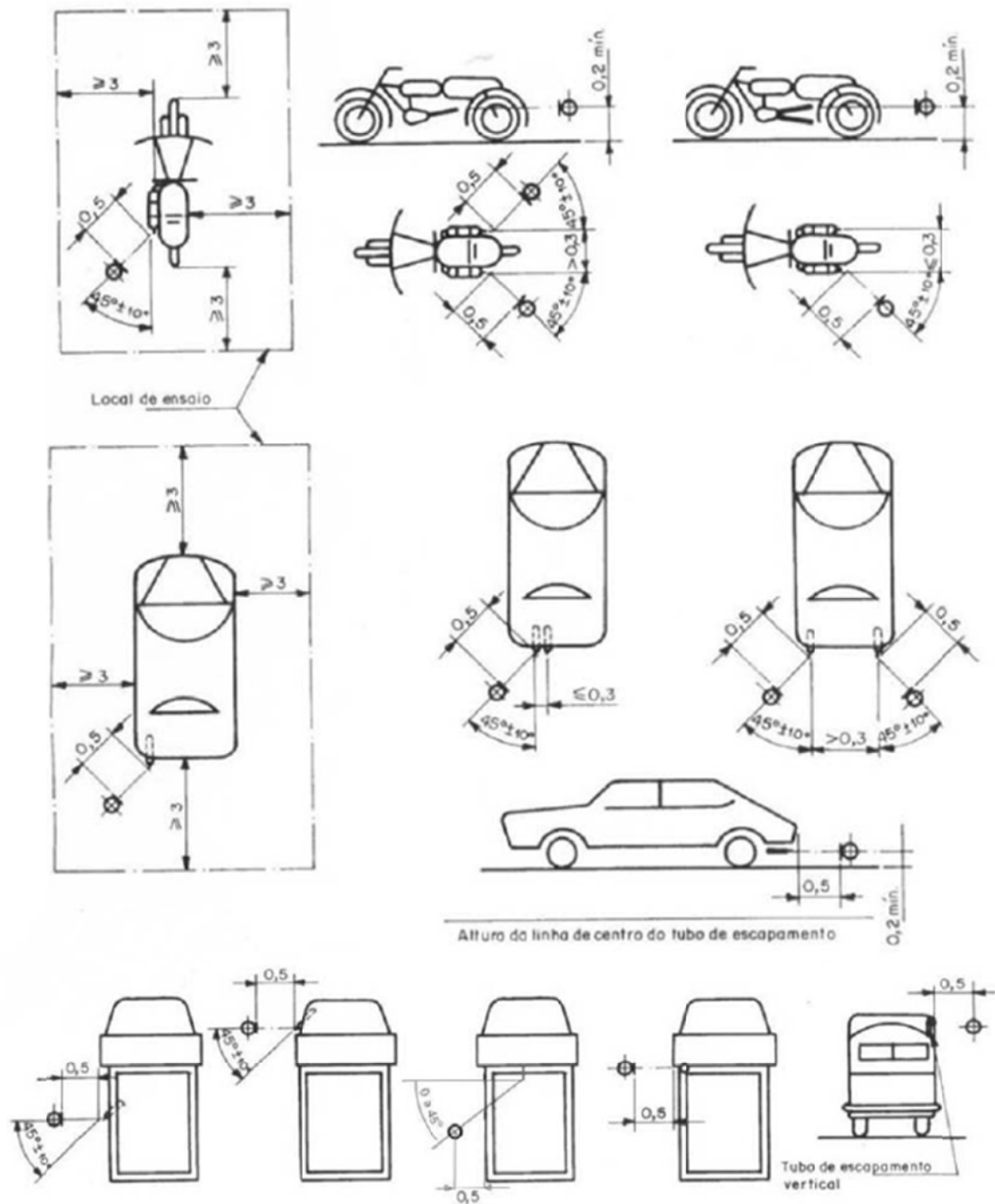


Figura 4 - Curva de correção da interferência do ruído ambiente

6.2.8. Para levantamentos de dados estatísticos, deve-se registrar a informação do posicionamento do tubo de escape dos gases de exaustão considerando as seguintes alternativas:

- a) traseiro, horizontal, unitário;
- b) traseiro, horizontal, duplo;
- c) traseiro, vertical, com motor traseiro;
- d) traseiro, vertical, com motor central;
- e) traseiro, vertical, com motor dianteiro;
- f) central, para baixo;

- g) central, para o lado esquerdo ou direito;
- h) dianteiro, vertical, unitário;
- i) dianteiro, vertical, duplo;
- j) outro (especificar)

7. Resultado da Inspeção

Os resultados dos ensaios de veículos em uso podem ser interpretados pela comparação com os resultados de ensaios de referência, nos quais veículos ainda novos são ensaiados na condição parado. Os valores obtidos por este método não são representativos do ruído total emitido pelos veículos em movimento como medido por outras normas. Estes valores não devem ser utilizados para efetuar comparação entre o ruído total emitido por veículos diferentes.

7.1. Caso seja constatada alguma anormalidade na inspeção visual, o veículo será considerado REJEITADO.

7.2. Se a mediana determinada em 6.2.4. e 6.2.5. ou a mediana corrigida segundo 6.2.7. resultar inferior ao limite aplicável e não for constatada nenhuma anormalidade na inspeção visual, o veículo será considerado como APROVADO no ensaio.

7.3. Se o resultado do ensaio for superior ao limite estabelecido, o veículo será considerado REPROVADO.

7.4. O relatório gravado pelo equipamento de medição deve conter os seguintes campos:

7.5. No primeiro ano de implantação do Programa de I/M, os resultados da inspeção de ruído poderão ter o caráter de conscientização e levantamento de dados, não sendo motivo para sanções ou de bloqueio do licenciamento do veículo.

PROGRAMA DE CURSO

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros - CEP.: 05459-900 - São Paulo - SP

Curso: FISCALIZAÇÃO E AUTOFISCALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE VEÍCULOS A DIESEL		Período: 03 de Agosto de 2016	
Local: CETESB - Sede		Duração: 08 horas	
Coordenação Técnica: Engº Daniel Egon Schmidt e Tecgº Renato de Mello Araujo		Coordenação Executiva: Célia Buani - ETGC	
DATA	HORÁRIO	CONTEÚDO	DOCENTE
03/08/2016	8h – 8h15 8h15 – 8h30 8h30 – 8h50 8h50 – 9h10 9h10 – 10h00 10h00 – 10h15 10h15 – 10h50 10h50 – 11h45 11h45 – 12h45 12h45 – 14h20 14h20 – 14h50 14h50 – 17h00	<ul style="list-style-type: none"> - Recepção dos Participantes - Introdução - O Meio Ambiente e a Poluição Atmosférica - Problemas Ambientais Influenciados pelas Emissões Veiculares - Programas de Controle de Emissões Veiculares - Intervalo - Motor Diesel - Procedimentos de Autofiscalização de Veículos a Diesel (1ª Parte) - Almoço - Procedimentos de Autofiscalização de Veículos a Diesel (2ª Parte) - Intervalo e deslocamento até o ponto de medição - Procedimentos de Autofiscalização de Veículos a Diesel (3ª Parte) - Prática <p>ETGC - Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Equipe ETGC - Engº Daniel Egon Schmidt - Engº André Kuniyoshi - Tecgº Renato de Mello Araujo - Engº André Kuniyoshi / Engº Daniel Egon Schmidt / Tecgº Renato de Mello Araujo



GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO

Secretaria do Meio Ambiente

