

PROJETO “INSPEÇÃO VEICULAR: CAPACITAÇÃO E AVALIAÇÃO INICIAL”

Relatório Técnico



COOPERAÇÃO TÉCNICA



Belo Horizonte
Dezembro/2005



PROJETO “INSPEÇÃO VEICULAR: CAPACITAÇÃO E AVALIAÇÃO INICIAL”

Relatório Técnico

FEAM – RE – DIMOG/003/2005

**Belo Horizonte
Dezembro/2005**

Publicado por:

Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM

Governador de Minas Gerais

Aécio Neves da Cunha

Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

José Carlos Carvalho

Presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente

Ilmar Bastos Santos

Prefeito de Belo Horizonte

Fernando Damata Pimentel

Secretário Municipal de Políticas Urbanas

Murilo de Campos Valadares

Secretária Municipal Adjunta de Meio Ambiente

Flávia Mourão Parreira do Amaral

Diretor-Presidente da Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte

Ricardo Mendanha Ladeira

Reitora da Universidade Federal de Minas Gerais

Ana Lúcia Almeida Gazzola

Diretor da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas

Ricardo Nicolau Nasser Koury

Chefe do Departamento de Engenharia Mecânica da EEUFMG

Roberto Márcio Andrade

Chefe do Departamento de Engenharia Nuclear

Ângela Fortine Macedo Ferreira

Fundação Estadual do Meio Ambiente.

F981p

Projeto inspeção veicular: capacitação e avaliação inicial /

Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte:

FEAM, 2005.

93p.: il. ; mapas

1. Poluição atmosférica. 2. Inspeção veicular. 3. Poluição veicular. 4. Opacidade. I. Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Políticas Urbanas. Secretaria Municipal Adjunta de Meio Ambiente. Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia Nuclear. IV. Título.

CDU: 614.71

feam

FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

Coordenação Geral

Elisete Gomides Dutra

Engenheira Química - MSc da FEAM

Coordenação pela PBH

Bernadete Carvalho Gomes

Jornalista da SMAMA/PBH

Coordenação pela UFMG

Inácio L. P. Campos

Engenheiro Eletricista - MSc professor da UFMG

Equipe Técnica:

Pela FEAM

Elisete Gomides Dutra

Edwan Fernandes Fioravante

Pela SMAMA/PBH

Bernadete Carvalho Gomes

Luis R. D. Chaves

Carlos Eustáquio Santana

Santos da Silva Moreira

Pela BHTRANS

Márcio Cerqueira Batitucci

Ely Dias Duarte

Pela UFMG

Ramon Molina Valle

Roberto Márcio Andrade

Eduardo Bauzer Medeiros

Inácio L.P. Campos

Estagiários e bolsistas de iniciação científica

Adriano Cezar Júnior

Aender Lúcio Ferreira Barbosa

Breno Britto Melo

Bruno Brant

Daniela Aparecida Oliveira

Flávio Alves Amorim

Leonardo Gomides Dutra

Leonardo Moraes

Leonardo Quintão

Mário Espíndola Goulart

Matheus Batista Diniz

Michelle Furtado

Thiago Caria Sartine

Cooperação Técnica:



Apresentação

Apresenta-se neste relatório os resultados das inspeções das emissões de gases poluentes, opacidade e ruído de uma amostra de veículos automotores da frota de Belo Horizonte.

Cooperação Técnica:



Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG pela participação de vários Bolsistas de Iniciação Científica durante todo o desenvolvimento do Projeto.

À Polícia Militar e às equipes de fiscalização da BHTRANS e do “Programa Operação Oxigênio”, coordenado pela Secretaria Municipal Adjunta de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte, pelo apoio logístico e operacional durante os trabalhos de campo.

À Fundação Cristiano Ottoni – FCO pelo investimento da parcela relativa a Escola de Engenharia da UFMG e pela gestão dos recursos financeiros disponibilizados pelas instituições partícipes para desenvolvimento do projeto.

Cooperação Técnica:



SUMÁRIO

1. HISTÓRICO	1
2. INTRODUÇÃO	6
2.1. POLUIÇÃO AMBIENTAL	6
2.2. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	11
2.3. POLUIÇÃO SONORA	15
2.4. GERAÇÃO DOS PRODUTOS DA COMBUSTÃO.....	17
2.5. CONTROLE DAS EMISSÕES GASOSAS VEICULARES	21
2.6. NORMAS DE CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES NO BRASIL.....	23
2.7. IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA I/M EM MINAS GERAIS	26
2.8. INSPEÇÃO TÉCNICA VEICULAR NO BRASIL	27
3. OBJETIVOS E RELEVÂNCIA	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1. LOCAIS DE INSPEÇÃO	38
4.2. BASE DE DADOS	41
4.3. INSPEÇÃO DA EMISSÃO DE GASES POLUENTES POR VEÍCULOS CICLO OTTO.....	41
4.3.1. Procedimento de Inspeção de Veículos Ciclo Otto	42
4.3.2. Metodologia de Análise dos dados - Veículos Ciclo Otto	43
4.4. INSPEÇÃO DAS EMISSÕES DOS VEÍCULOS CICLO DIESEL	45
4.4.1. Procedimento de Inspeção de Veículos Ciclo Diesel	45
4.4.2. Metodologia de Análise dos dados - Veículos Ciclo Diesel	46
4.5. INSPEÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES POLUENTES PELA FROTA DE TÁXIS.....	48
4.5.1. Metodologia de Análise dos dados – Automóveis Táxis.....	50
4.6. INSPEÇÃO DE EMISSÃO DE RUÍDO	50
4.6.1. Metodologia de Análise dos Dados de Inspeção de Emissões de Ruído	53
4.7. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS RESULTADOS.....	53
5. RESULTADOS E ANÁLISE	54
5.1. EMISSÕES DE GASES POLUENTES PELA AMOSTRA DE VEÍCULOS CICLO OTTO.....	54
5.1.1. Inspeção Visual.....	56
5.1.2. Emissão de Gases poluentes	57
5.2. EMISSÕES DE OPACIDADE PELA AMOSTRA DE VEÍCULOS CICLO DIESEL	61
5.2.1. Inspeção Visual.....	62
5.2.2. Testes de Rotação	62
5.2.3. Teste de Opacidade.....	65
5.3. EMISSÃO DE GASES POLUENTES PELA AMOSTRA DE AUTOMÓVEIS TÁXIS	67
5.4. EMISSÃO DE RUÍDO DE UMA AMOSTRA DE VEÍCULOS LEVES CICLO OTTO	68
5.5. PERFIL DOS PROPRIETÁRIOS E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS RESULTADOS.....	72
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	75
7. RECOMENDAÇÕES	82
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXO I	85
ANEXO II	87
ANEXO III	88
ANEXO IV	89
ANEXO V	90
ANEXO VI	91
ANEXO VII	92

1. Histórico

O Projeto “Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação Inicial” foi viabilizado através do Termo de Cooperação Técnica firmado entre a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, a Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG e a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PBH, em 14 de novembro de 2001. A proposta foi concebida com a certeza de que o desenvolvimento do projeto traria ganhos importantes para os órgãos públicos envolvidos ao capacitar suas equipes para a futura implantação de um programa de inspeção obrigatória, coletar uma amostra significativa de dados de emissão de poluentes pela frota de veículos de Belo Horizonte e implantar uma unidade de pesquisa dos índices de emissões veiculares em diferentes condições de simulação de operação de um motor de combustão interna, no campus da UFMG.

A busca dos acertos técnicos e burocráticos entre as três instituições foi um processo que começou alguns meses antes da efetiva assinatura do Termo de Cooperação e que consumiu várias horas de trabalho do pessoal envolvido. Participaram desta fase, três Professores da UFMG, três técnicos da FEAM e três técnicos da PBH, grupo que foi posteriormente acrescido de outros técnicos, de estagiários e de bolsistas de iniciação científica.

Durante este mesmo período, a FEAM criou grupo de trabalho para elaboração do Relatório Técnico do Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV de Minas Gerais, concluído em outubro de 2001 [1]. O PCPV tem por objetivo apresentar e discutir as questões que fundamentam tecnicamente a implementação do Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso – I/M no estado de Minas Gerais, estabelecendo diretrizes gerais e critérios para o desenvolvimento de ações de prevenção e controle da poluição gerada pela frota de veículos automotores de Minas Gerais. Esse trabalho paralelo, embora desenvolvido por um grupo bem mais abrangente, subsidiou a definição do Projeto em foco.

Assinado o Termo de Cooperação, o primeiro passo foi realizar uma visita técnica ao Rio de Janeiro, único estado brasileiro com programa de inspeção veicular obrigatória implantado, buscando conhecer a experiência, as dificuldades encontradas e os equipamentos utilizados. Essa visita foi fundamental para orientar a escolha dos equipamentos e no sentido de possibilitar um primeiro contato com os diversos problemas práticos que precisariam ser resolvidos.

No plano dos conhecimentos específicos, mesmo antes dessa visita, todo o grupo envolvido com o Projeto freqüentava um curso sobre motores de combustão interna, oferecido pelo Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, ferramenta importante para nivelar conhecimentos de um grupo com formações e experiências bastante heterogêneas. Investiu-se ainda no estudo das normas e da legislação pertinente, parâmetros que balizam todo o procedimento de inspeção das emissões de poluentes por veículos automotores.

As instituições participantes acordaram, na assinatura do Termo, em investir com parcelas iguais de recursos que viabilizaram o Projeto e estes foram administrados pela Fundação Christiano Ottoni.

Os recursos previstos incluíam as despesas com o dimensionamento, aquisição de materiais e equipamentos e montagem de duas unidades de medição das emissões de poluentes por veículos automotores:

- Uma Estação Móvel, com objetivo de treinar equipes e coletar dados de emissão de gases poluentes, fumaça e ruído nas diferentes regiões administrativas de Belo Horizonte. A estação móvel viabiliza ainda a inspeção de veículos de frotas cativas de coletivos, utilitários e de caminhões sem que estes tenham que se deslocar até a estação fixa;
- Uma Estação Fixa, instalada no Laboratório de Motores do Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, no Campus da Pampulha, para realizar medições de gases poluentes, fumaça e ruído, obter parâmetros de referência, monitorar o desempenho da estação móvel, elaborar testes e pesquisa com a finalidade de otimizar e atualizar os procedimentos de inspeção de emissão veicular, medir índices de emissão em diferentes regimes de operação do motor (marcha lenta, carga parcial e plena carga), treinar equipes para participar do processo de implantação e de execução do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso.

As estações são utilizadas para inspeção tanto de veículos leves, com motores do ciclo Otto – medição das emissões de gases e ruído –, quanto para veículos com motores do ciclo Diesel – medição do índice de fumaça (opacidade) e ruído –, conforme estabelecido no Artigo 1º da Resolução Nº 7 de 1993 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe sobre a implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso - I/M. São medidas as emissões de veículos automotores de diferentes tipos, marcas, ano de fabricação, modelo e tipo de combustível. Durante a realização das inspeções é preenchido um formulário padrão elaborado para registro de informações sobre a condição geral de manutenção do veículo, a quilometragem média rodada e sobre o perfil sócio econômico dos condutores.

Parte dos recursos foram utilizados para elaboração de material didático com a finalidade de prestar esclarecimentos à comunidade sobre a poluição provocada por veículos automotores, bem como fornecer informações sobre o “Programa I/M” a ser implantado não só na Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH, mas em todo o estado de Minas Gerais. Pretendia-se dessa forma minimizar o impacto da implantação do Programa de I/M e permitir aos proprietários conhecer a atual situação de emissões de poluentes atmosféricos de seus veículos.

Em 2002, a partir da disponibilização dos recursos financeiros pelas três instituições partícipes foram adquiridos os materiais, equipamentos e o veículo para instalação da unidade móvel. Foram realizadas tentativas de se obter um veículo utilitário junto às montadoras, através de doação ou com um desconto significativo, mas nenhuma se dispôs a colaborar. Restava, ainda, uma série de obras civis nas instalações do laboratório de motores do Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, para

abrigar os equipamentos da unidade fixa, em especial os bancos dinamométricos: um de bancada e outro de chassis (ou de rolos).

Diversos problemas foram se apresentando no decorrer do processo e as demandas que surgiam significavam mais gastos provocando uma busca pela melhor utilização dos recursos ainda disponíveis. Se por um lado essa era a alternativa adequada para superar os obstáculos, por outro significou mais tempo gasto com levantamento de custos ou usando da criatividade do grupo na busca de soluções.

Uma vez adquirido o veículo da Unidade Móvel foi necessário montar uma estrutura para instalar os equipamentos: analisador de gases, opacímetro, decibelímetro, anemômetro, medidores de rotação, “no break”, baterias, mangueiras, fios, computador e impressora. O desenho da estrutura e a montagem dos equipamentos no interior do veículo foram executados por integrantes do grupo de trabalho do projeto. Também foi necessário adequar o software adquirido para gerenciamento dos equipamentos com relação aos parâmetros e aos procedimentos estabelecidos pelas Resoluções do CONAMA e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT pertinentes.

Investiu-se também na busca de bancos de dados de informações técnicas importantes sobre os veículos – ficha técnica conforme homologados – quer sejam dos fabricantes, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais - IBAMA ou dos órgãos de trânsito responsáveis pelo licenciamento dos veículos. Esses bancos abreviariam em muito o tempo das inspeções em campo e na unidade fixa e também aumentariam a confiabilidade da análise dos resultados obtidos. Entretanto, não se conseguiu concluir esse trabalho. Mediante consulta ao IBAMA, fomos informados que a grande maioria das informações solicitadas encontravam-se arquivadas em pilhas de pastas de processos na sede da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, em São Paulo, e que o IBAMA e o Ministério de Meio Ambiente - MMA estavam investindo esforços no sentido de viabilizarem a digitação e posterior disponibilização das informações solicitadas [2].

As inspeções tiveram início em 2003, em caráter experimental, logo após a montagem da unidade móvel e foi apontando os ajustes necessários nos equipamentos, no software e na atuação da equipe. Os instrumentos de análise de gases da Estação Fixa também foram utilizados, enquanto a obra civil para a instalação dos dinamômetros de rolo e de bancada continuava. Técnicos da empresa fabricante dos equipamentos fizeram algumas visitas a Belo Horizonte e acompanharam as demandas relativas aos instrumentos de medição. Passo a passo, a experiência mostrava onde era preciso investir tempo e trabalho, e os primeiros resultados confiáveis das inspeções realizadas no âmbito do Projeto começaram a ser colhidos.

No dia 05 de junho de 2003, dia mundial do meio ambiente, o Projeto foi oficialmente lançado em cerimônia que contou com a presença do Governador de Minas Gerais, do Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, do Prefeito de Belo Horizonte e demais autoridades a nível estadual e municipal. Para esse evento foram produzidas peças de publicidade, panfletos explicativos, selo adesivo para identificação dos veículos inspecionados aprovados, guarda-pós para a equipe e foi

realizada a primeira campanha de inspeção de emissão de poluentes por veículos automotores na cidade. As fotos apresentadas no Anexo I ilustram o evento.

A partir desse momento foram feitas escalas de trabalho e teve início a coleta de dados para a pré-amostra que permitiu definir, em termos estatísticos, o tamanho final da amostra. Muitas das operações montadas para as inspeções envolveram a participação da Polícia Militar de Minas Gerais e do “Programa Operação Oxigênio” coordenado pela Secretaria Municipal Adjunta de Meio Ambiente.

Na seqüência, novos problemas interromperam o funcionamento da unidade móvel do Projeto: o software de gerenciamento dos aparelhos de medição precisava de ajustes finais e o “no break” teve seu transformador queimado. A equipe decidiu levar os analisadores de gases, fumaça e ruído das estações Fixa e Móvel até o fabricante, em Diadema/SP, para liquidar todas as pendências. A viagem foi bem sucedida e possibilitou os reparos, ajustes e calibrações necessários. Ainda ocorreram pequenas dificuldades com o opacímetro e com o analisador de gases, mas foram também superadas.

O Projeto buscou a difusão de seus objetivos e, para tanto, sua unidade móvel participou de diversos eventos que permitiram tornar público o trabalho em andamento. Pode-se citar aqui a participação na “Semana do Conhecimento” da UFMG; no evento “Na cidade sem meu carro”, movimento internacional que acontece em várias cidades do mundo sempre no dia 22 de setembro; no “Seminário de Tecnologia de Motores, Combustíveis e Emissões 2004”, realizado na Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC em Belo Horizonte; no “Dia Mundial do Meio Ambiente”, no Parque das Mangabeiras; na “Feira da Indústria Mecânica de Minas Gerais” dentre outros.

É importante ressaltar que a iniciativa da FEAM, UFMG e PBH de desenvolver um projeto de capacitação e avaliação prévia da condição de emissão de poluentes pela frota de veículos em circulação é pioneira no Brasil e representa, pelo que se propôs, a chance de tornar bem mais simples a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso em Minas Gerais. A experiência acumulada não se resume aos aspectos práticos e metodológicos aqui descritos, mas está acrescida de duas teses de doutorado e uma de mestrado, as quais se encontram em andamento e contemplam a utilização da Estação Fixa, ainda em obras, que permitirá a realização de testes em bancos dinamométricos para a obtenção de dados experimentais.

A Estação Fixa foi planejada para acompanhar e corroborar alguns dos resultados levantados em campo pela Estação Móvel. Visa também o levantamento de dados experimentais para realização de trabalhos de pesquisa e desenvolvimento na área de análise e controle de emissões veiculares, que permitam validar dados de modelos analíticos ou numéricos. O orçamento previsto dentro dos recursos do projeto para esta unidade contemplou somente os custos dos equipamentos e material de consumo para funcionamento do laboratório. Os custos da obra civil foram alocados ao projeto “Campus 2000”, dentro dos recursos previstos para a construção da Escola de Engenharia da UFMG no Campus da Pampulha que seria iniciada em 2003. Devido a problemas de orçamento esta obra não foi iniciada em 2003, mas sim em meados de 2005. Mesmo já tendo comprado grande parte do material necessário com recursos

Cooperação Técnica:



extras das três instituições envolvidas no projeto, ainda não foi possível terminar a obra civil da Estação Fixa. A instalação definitiva dos equipamentos e dos sistemas hidráulico, de insuflamento de ar, acústico, elétrico e de controle da instrumentação está prevista para o primeiro semestre de 2006.

A análise e publicação/divulgação dos resultados parciais do Projeto tiveram início em dezembro de 2004 no “Seminário de Tecnologia de Motores Combustíveis e Emissões 2004”, realizado em Belo Horizonte, quando foram apresentados 2 artigos:

- ◆ *Emissão de gases poluentes por veículos leves a gasolina na atmosfera de Belo Horizonte;*
- ◆ *Distribuição Espacial dos Resultados Parciais do Projeto de Inspeção Veicular.*

Em 2005 foram publicados outros 5 artigos técnicos:

- ◆ *Inspeção da Emissão de Opacidade por Veículos a Diesel.* Artigo apresentado no “Seminário de Tecnologia de Motores, Combustíveis e Emissões 2005”, Belo Horizonte, setembro de 2005;
- ◆ *Emissão de gases poluentes pela frota de táxi de Belo Horizonte.* Artigo apresentado no Seminário de Tecnologia de Motores, Combustíveis e Emissões 2005, Belo Horizonte, setembro de 2005;
- ◆ *Inspeção da Emissão de Opacidade por Veículos a Diesel.* Estudo de Caso: Belo Horizonte - MG, Brasil. Congresso Internacional de Planejamento e Gestão Ambiental, Brasília, setembro de 2005;
- ◆ *Opacity Emission Inspection from the Exhaust Pipe on Duty Vehicles in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.* Artigo apresentado no 18º Congresso Internacional de Engenharia Mecânica, Ouro Preto, novembro de 2005;
- ◆ *Opacity Emission Analysis on Duty Vehicles in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.* Artigo publicado no Congresso da “Society of Automotive Engineers”- SAE Brasil, São Paulo, novembro de 2005.

A análise dos dados obtidos a partir da inspeção da emissão de gases, fumaça e ruído de uma amostra de veículos representativa da frota de Belo Horizonte possibilita a definição de estratégias para a implantação do “Programa I/M” em Belo Horizonte e fornece os subsídios necessários para o estabelecimento de metas de controle dos níveis de emissão provenientes dos veículos automotores em circulação em Minas Gerais.

2. Introdução

2.1. Poluição Ambiental

Poluição ambiental é um termo que abrange todas as maneiras pelas quais as pessoas poluem o meio ambiente. Gases e fumaça sujam o ar, a água é envenenada por produtos químicos e outras substâncias, o solo é contaminado com fertilizantes e pesticidas. O ambiente é poluído de diversas outras maneiras, por exemplo: as pessoas destroem a beleza natural ao espalhar sucata sobre a terra e na água e operam máquinas e veículos motores que invadem o ar com sons perturbadores. Quase todos causam poluição de algum modo.

A poluição do ambiente é um dos problemas mais sérios enfrentados pela humanidade atualmente. Ar, água e solo, todos atingidos e prejudicados pela poluição, são necessários à sobrevivência dos seres vivos. Ar poluído pode causar doenças e mesmo a morte. Água poluída mata peixes e outras vidas marinhas. A poluição do solo reduz a extensão de terra disponível para a cultura de alimentos.

Todos desejam reduzir a poluição, mas o problema é tão complexo quanto sério e também complicado porque grande parte da poluição é causada por agentes que beneficiam as pessoas de alguma forma. A descarga dos automóveis contribui com elevada porcentagem de toda a poluição do ar, mas os automóveis constituem meio de transporte para milhões de pessoas. Fábricas descarregam considerável proporção do material que polui o ar e a água, mas as fábricas fornecem emprego para as pessoas e produzem artigos considerados indispensáveis. Quantidade excessiva de fertilizante ou pesticida contaminam o solo, mas os fertilizantes e os pesticidas são importantes auxiliares para o desenvolvimento das plantações. Para acabar com a poluição ou reduzi-la consideravelmente de imediato, seria necessário mudanças radicais de comportamento e de consumo. Muitos não desejam isso, é claro, mas a poluição pode ser gradualmente reduzida de diversas maneiras.

Todos os setores do ambiente estão estreitamente relacionados entre si. O estudo das relações entre os seres vivos, e entre os seres vivos e outros setores do ambiente, é chamado ecologia. Devido a essas estreitas relações, um tipo de poluição que prejudique principalmente um setor do ambiente pode também afetar outros. Assim, por exemplo, a poluição do ar atinge especificamente o ar, mas a chuva transporta os poluentes do ar e os deposita sobre a terra e em seres que vivem na água. O vento, por outro lado, carrega os poluentes da terra e os coloca no ar.

A Poluição do Ar. A Poluição do Ar transforma o ar límpido, inodoro, em ar brumoso, malcheiroso, que prejudica a saúde, mata os vegetais e danifica a propriedade. O homem é responsável por essa poluição, na medida em que lança centenas de milhões de toneladas de gases e material particulado na atmosfera anualmente. Esse último é constituído de partículas minúsculas de material sólido ou líquido. Uma das formas mais comuns de manifestação da poluição do ar é o nevoeiro sobre as grandes cidades.

Grande proporção da poluição do ar provém de *combustão* (queima). Cada vez que um combustível é queimado, algum tipo de poluente é liberado no ar. Esses poluentes

abrangem de pequenas quantidades de gás venenoso incolor a nuvens de espessa fumaça negra.

Condições climáticas contribuem para reduzir a concentração de poluentes no ar. O vento espalha os poluentes, e a chuva e a neve retiram-nos da terra. Mas em muitas áreas, os poluentes atingem o ar em proporção maior e mais rapidamente do que a capacidade das condições climáticas de removê-los. Nas cidades populosas, por exemplo, milhares de automóveis, fábricas e fornos adicionam toneladas de poluentes a uma relativamente pequena região da atmosfera a cada dia.

Às vezes, condições climáticas podem aumentar a concentração de poluentes em uma região ao invés de diminuí-la. Uma condição – chamada *inversão térmica* – ocorre quando uma camada de ar morno se estabelece sobre uma camada de ar mais frio, próxima do solo. O ar morno mantém baixo o ar frio e impede que os poluentes subam e se espalhem. A inversão térmica sobre uma cidade que está lançando toneladas de poluentes no ar agrava o problema de poluição.

Uma das conseqüências mais sérias da poluição do ar é seu efeito prejudicial sobre a saúde humana. Tanto gases quanto particulados irritam os olhos das pessoas e afetam seus sistemas respiratórios. Os materiais particulados podem alojar-se nos pulmões e agravar doenças como asma e bronquite. Alguns especialistas admitem que os particulados sejam mesmo agentes causadores de certas doenças como câncer de pulmão, enfisema e pneumonia. Em cidades de todo mundo, após períodos longos de intensa poluição do ar, registrou-se dramático aumento das taxas de doenças e mortalidade.

A poluição do ar também prejudica os vegetais. Gases venenosos no ar podem restringir o crescimento de quase todos os tipos de vegetais e eventualmente exterminá-los. Florestas, plantações de frutas cítricas e hortas têm sido seriamente danificadas pela poluição do ar.

Muitos materiais se desgastam mais rapidamente quando sujeitos a ar poluído do que em áreas limpas. O ar poluído atinge materiais resistentes e fortes como concreto e aço. Em algumas cidades, estátuas e outros objetos de arte expostos há centenas de anos ao ar livre tiveram que ser removidos para ambientes internos porque a poluição do ar ameaçava destruí-los.

Os poluentes do ar podem também afetar o clima. Tanto os gases quanto os particulados causam variações nas temperaturas médias de uma região. Particulados espalham os raios solares e reduzem a quantidade de luz do sol que atinge o solo. Tal interferência na luz solar pode levar à diminuição das temperaturas médias em uma região. Alguns gases, como dióxido de carbono, permitem que a luz solar alcance o solo, mas impedem que seu calor retorne à atmosfera e flua para o espaço. É o chamado *efeito estufa* que pode provocar o aumento das temperaturas médias do ar atmosférico.

O Efeito Estufa. “Uma ameaça que vem recheada de evidências catastróficas”. Assim é classificado o efeito estufa, nome dado ao fenômeno de aquecimento da Terra, similar ao que acontece no interior das estufas para plantas: o calor e luz que ali adentram, têm

dificuldade para sair e o interior da construção fica aquecido. Alguns gases presentes na atmosfera agem como o vidro: retêm o calor impedindo que retorne refletido para fora da Terra. Os principais são o metano, o óxido nitroso, o vapor de água, o ozônio da troposfera, os gases clorofluorcarbonos (CFC's) e, principalmente, o dióxido de carbono. Embora o potencial de retenção de radiação seja maior para os gases CFC's a concentração desses na atmosfera é infinitamente inferior à do dióxido de carbono. E por essa razão, este último é apontado como o principal gás de formação do efeito estufa (55% em relação a todos os gases somados) [3].

Interessante notar que na primeira metade do século passado, um leve aquecimento da Terra era visto com bons olhos. O químico Arrhenius escreveu em 1906 o seguinte: “Por influência do percentual crescente de dióxido de carbono na atmosfera, temos esperança de desfrutar de épocas com climas melhores e mais estáveis, sobretudo nas regiões mais frias da Terra”. Muitos acreditavam, inclusive, que a temperatura do planeta, se fosse aumentada, traria inúmeros benefícios para a agricultura e, assim, a produção de alimentos poderia ser potencializada. Mas o tempo veio desmentir esses pesquisadores que não consideraram a estreita e, ao mesmo tempo, frágil relação de interdependência existente em meio aos seres vivos e entre eles e as condições ambientais. Recentemente, diversos efeitos atribuídos à elevação da temperatura no planeta têm deixado a comunidade científica extremamente preocupada: invernos exageradamente rigorosos no hemisfério norte (como já havia sido previsto por uma equipe inglesa da Universidade de West Anglia, que estudava o efeito estufa), o total de chuvas crescendo no mundo, enchentes e tempestades em frequência bastante superior às historicamente registradas. Também entre os animais, alterações decorrentes do aumento da temperatura na Terra foram observadas: segundo os naturalistas, o embranquecimento dos corais de Porto Rico ou as colônias dos Estados Unidos que estão diminuindo dramaticamente de quantidade ou mesmo diversas espécies de sapos que estão desaparecendo não deixam dúvidas: a elevação da temperatura, longe de ser benéfica, pode trazer efeitos desastrosos que vão muito além, inclusive, das intempéries e elevação dos níveis do mar e precisa ser barrada.

O aquecimento da Terra é um fato. Cientistas apresentaram um relatório onde se mostrou que os 12 anos mais quentes, desde que se registram essas temperaturas, aconteceram justamente nas duas últimas décadas. A temperatura da Terra vem se elevando, provavelmente desde os tempos da revolução industrial, e a expectativa é que, seguindo o ritmo atual, se nada for feito, a temperatura média do planeta se eleve nos próximos 50 anos cerca de 2 graus centígrados. Estima-se que esta aparente pequena variação na temperatura seja bastante para derreter o gelo polar e aumentar o nível do mar em cerca de 1 metro. Essa posição, no entanto não é unânime no seio da comunidade científica. As evidências não são conclusivas e podem ter outras interpretações. O clima da Terra poderia ter um comportamento diverso do alardeado, mas uma coisa é certa: a mudança na composição da atmosfera trará alterações no equilíbrio químico e biológico do planeta. O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera é apontado como uma das principais personagens nesse fenômeno.

O Automóvel e as Fontes de Geração de CO₂. Os veículos automotores são sempre lembrados como os principais contribuintes para a má qualidade do ar que respiramos.

Entretanto, as indústrias automobilísticas, em conjunto com vários organismos internacionais e governamentais, elaboraram planos de ação que, na forma de leis, ligeiramente diferente de país para país, tiveram o objetivo comum de retirar da massa gasosa expelida pelos tubos de escape as frações sabidamente prejudiciais à saúde humana ou ao meio ambiente. Pode-se dizer, hoje, que essa tarefa foi um grande sucesso.

As medições da qualidade do ar têm mostrado que ele tem melhorado a cada ano e, dado o empenho e legislações futuras, sempre se poderá dizer que o ano corrente será pior que os próximos, mesmo considerando-se o crescimento da frota circulante no globo. Entretanto, dentre os gases oriundos dos canos de escapamento, o dióxido de carbono não deve diminuir em quantidade, mesmo depois de todas as conquistas tecnológicas que foram aplicadas aos motores. Ele crescerá como uma função do aumento da frota circulante, notadamente no Brasil, onde não existem políticas explicitamente voltadas para o controle da emissão do dióxido de carbono. Pesquisas apontam para o crescimento das emissões de CO₂ de cerca de 800% a partir de 1999 até o ano 2010, o que significa, para a realidade brasileira, uma descarga de mais de 35 milhões de toneladas de CO₂ em 2010.

O dióxido de carbono é um gás inodoro, incolor, insípido, inofensivo em pequenas doses e é gerado a partir de inúmeras atividades humanas, inclusive o próprio respirar. Esse gás é indicador da atividade econômica do homem no planeta por ser formado em grande parte dos processos industriais, de geração de energia e no transporte.

O Buraco na Camada de Ozônio. Pelo que se sabe, a Terra ainda é o único lugar do Universo que apresenta elementos indispensáveis para a vida da raça humana: água, ar, temperaturas amenas. Isso se deve, em muito, à camada de ozônio. Essa camada tem cerca de 30 km de espessura e localiza-se entre 15 km e 50 km de altitude. O ozônio é um gás formado por moléculas compostas de três átomos de oxigênio, (o oxigênio que respiramos tem dois) e sua importância é inestimável: filtrar as radiações ultravioletas do sol. Os efeitos mais conhecidos dessas radiações são: o câncer de pele, a catarata, o enfraquecimento do sistema imunológico, o ataque às plantas e os danos ao fitoplâncton (primeiro elo da cadeia marítima).

Estudos alarmantes descobriram que as concentrações de ozônio se reduziram em 60% no Pólo Sul, em 15% no Pólo Norte e entre 2% e 5% no restante do planeta. Essa destruição é tão grave que já afeta as estatísticas de incidência de doenças de pele e dos olhos. Estima-se cerca de dezenas de milhões de casos neste século. Essa destruição é provocada pela emissão na atmosfera de substâncias conhecidas como CFC's (clorofluorcarbonos). Os CFCs não têm cheiro e não são tóxicos, inflamáveis ou corrosivos. São muito utilizados como gás refrigerante para geladeiras, "freezers" e aparelhos de ar-condicionado. São também usados na produção de isopor, espuma, plástico expandido, aerossóis, desengraxante para limpeza de circuitos integrados, entre outras coisas. Mais cedo ou mais tarde, todo esse gás será liberado para a atmosfera. Os CFC's são mais leves que o ar e, quando lançados para a atmosfera, sobem até suas camadas mais altas. Esse processo demora décadas, porém, as reações dos CFC's com ozônio são intensas, formando outros componentes, e lentamente vão consumindo esse tão importante filtro solar que nos protege.

Para salvar a camada de ozônio, muitos países (o Brasil, inclusive), desde os anos 80, com a Convenção de Viena (1985) e com assinatura do Protocolo de Montreal (1987), vêm trabalhando para que esses gases sejam substituídos por outros gases não prejudiciais à camada de ozônio, conhecidos por HFC, HCFC e PFC. Como a ação destrutiva dos CFC's ainda se dará por várias décadas, os efeitos desse acordo não serão sentidos imediatamente.

O Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e Consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio é coordenado pelo Ministério de Meio Ambiente, executado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI e tem apoio do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) e da GTZ (Sociedade Alemã para Cooperação Técnica). O Programa conta com cerca de US\$ 27 milhões, até 2008, para eliminar do país os CFC's e treinar cerca de 35 mil técnicos em refrigeração [4].

Acidificação da Água e do Solo. A poluição ambiental também gera um acúmulo de substâncias ácidas na atmosfera, o que provoca chuvas ácidas e de granizo, neblina, acidificação do solo e da água. Em condições normais, o pH (índice de acidez) da chuva apresenta-se levemente ácido, entre 5 e 6 (em uma escala de 1 a 7, o valor 1 corresponde a acidez máxima e 7 a ausência de acidez). Em áreas expostas à contaminação industrial e veicular, os valores do pH giram em torno de 4. Índices extremos de acidez, como 2 e até 1 são considerados calamidade ambiental.

O gás carbônico (CO_2) atmosférico dissolve-se nas nuvens e na chuva para formar um ácido fraco: o ácido carbônico (H_2CO_3). Este ácido confere à chuva um pH de 5,6. Este valor de pH, resultante da contribuição de um gás naturalmente presente na atmosfera, indica que a água de chuva já é levemente ácida. Entretanto, valores de pH inferiores a 5,6 indicam freqüentemente que a chuva encontra-se poluída com ácidos fortes como o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3) e, eventualmente, com outros tipos de ácido como o clorídrico (HCL) e os ácidos orgânicos.

A deposição ácida é causada principalmente pelas emissões de dióxido de enxofre (SO_2) e dos óxidos de nitrogênio (NO_x), já que estes gases são as espécies formadoras de ácidos fortes mais freqüentemente emitidos pela atividade antropogênica. Esses poluentes primários do ar são gerados pela queima de combustíveis fósseis - petróleo e carvão mineral - em veículos e indústrias, notadamente nas usinas termelétricas, refinarias de petróleo e indústrias siderúrgicas e, ainda, no processo de fabricação de ácido sulfúrico, ácido nítrico, celulose, fertilizantes e na metalurgia dos minerais não metálicos, entre outros. Uma vez liberados na atmosfera, estes gases podem ser convertidos quimicamente em poluentes secundários, como os ácidos sulfúrico e nítrico.

Nas últimas décadas, um grande esforço mundial vem sendo feito para reduzir o teor de enxofre dos combustíveis, exigindo grandes investimentos por parte das refinarias. Nos países desenvolvidos, os teores de enxofre do óleo diesel vêm caindo sensivelmente, chegando em certas regiões a 0,005%. No Brasil, as pressões das agências ambientais têm obtido sucesso em baixar de 1% para 0,2% o teor de enxofre no diesel, nas áreas metropolitanas [5].

É preciso que esses valores baixem ainda mais, de modo a viabilizar a introdução de futuros padrões de emissões veiculares mais restritivos que os atuais. Nas últimas décadas, mais de 30 milhões de hectares de florestas, nos países industrializados, foram danificadas pela deposição ácida e cerca de 80% dos lagos da Noruega foram declarados mortos. Os danos à fauna e à flora não são os únicos provocados pelo alto poder corrosivo desses compostos químicos: edifícios, monumentos, obras de arte, sinalização de tráfego são alguns dos muitos bens atingidos por essas deposições ácidas. Esses danos causam prejuízos de dezenas de bilhões de dólares anuais, nos países industrializados. A Figura 1 ilustra esquematicamente o processo de formação da chuva ácida.

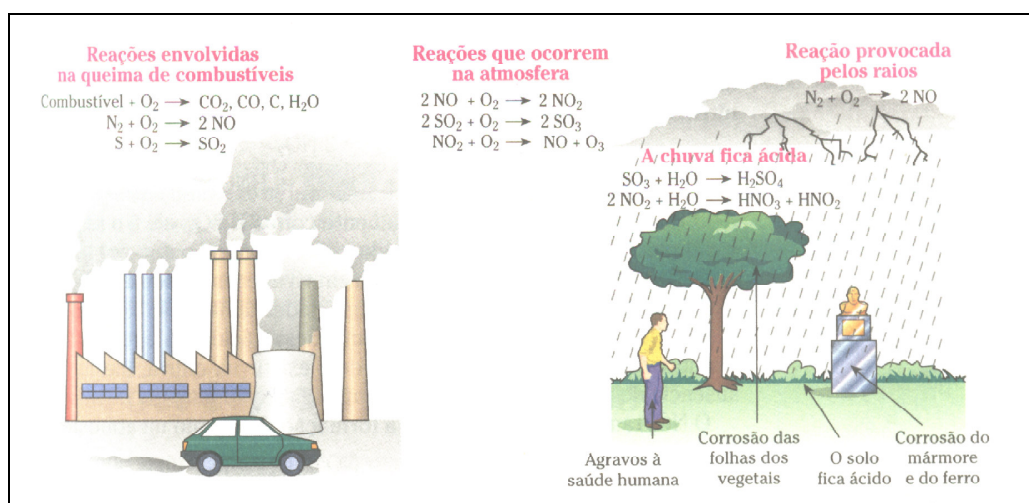


Figura 1 - Processo de formação da chuva ácida

2.2. Poluição Atmosférica

Os veículos automotores são os principais causadores da poluição sonora e do ar nas áreas urbanas. Em diversas cidades brasileiras, os níveis de poluentes sempre ultrapassam os padrões de qualidade estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS.

As emissões de gases poluentes pelo tubo de escapamento, a evaporação do combustível (emissão evaporativa) e as emissões do cárter (gases de combustão que escaparam através dos anéis para dentro do cárter, gases e vapores do óleo lubrificante) são os principais meios de poluição gerados pelos veículos automotores. O segundo e o terceiro problema já foram praticamente resolvidos, uma vez que os carros mais modernos vêm equipados com cânter e válvula PCV que resolvem esses problemas, respectivamente.

Entre os poluentes atmosféricos mais prejudiciais, estão: ozônio (O₃), material particulado (C), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e os óxidos de enxofre (SO_x).

O O₃ encontrado nas baixas camadas da atmosfera não é emitido diretamente pelas fontes de poluição, mas é produto da seguinte reação: os NO_x e os HC reagem na atmosfera, ativados pela radiação solar, formando um conjunto de gases oxidantes agressivos, dentre eles, o ozônio. Esses poluentes formam uma névoa fotoquímica, chamada de *smog* fotoquímico, que diminui a visibilidade na atmosfera e provocam danos na estrutura pulmonar, diminuindo a resistência às infecções e aumentando a incidência de tosse, asma, irritações na parte superior do aparelho respiratório e nos olhos. O ozônio é extremamente prejudicial à saúde e ao meio ambiente, ao contrário daquele presente na camada de ozônio estratosférica, que protege a todos contra a agressiva radiação ultravioleta.

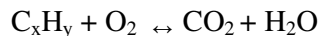
Níveis preocupantes de poluição sonora causada por veículos motorizados têm sido observados nos principais corredores de tráfego. A quantidade e a característica das emissões de ruído veicular dependem de uma série de variáveis:

- ciclo dos motores: Otto (ignição por centelha) ou Diesel (ignição por compressão);
- tipo, qualidade e especificações do combustível;
- eficiência dos sistemas de alimentação e ignição;
- características do sistema propulsor: taxa de compressão do motor; geometria da câmara de combustão; geometria do pistão; tipo de refrigeração e lubrificação; relação de transmissão;
- presença de equipamentos não originais de fábrica e que estejam irregularmente instalados: um turbo-compressor, por exemplo;
- reposição de sistemas específicos de controle de emissões, como: catalisador, válvulas EGR e PCV, cânister, entre outros.

Os sistemas EGR (Exhaust Gas Recirculation) foram introduzidos na década de 70 para reduzir as emissões de NO_x. Nesse sistema durante o processo de combustão é injetado gás inerte do escape na mistura ar-combustível.

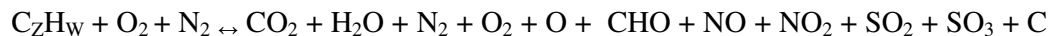
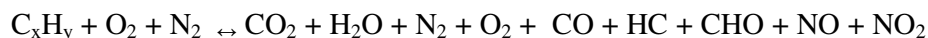
As reações químicas que ocorrem nos motores de combustão interna servem para transformar energia química em térmica e essa última em mecânica. A energia térmica é responsável pela expansão dos gases no interior da câmara e, conseqüentemente, pelo movimento dos pistões, que giram o virabrequim, que, acoplado a uma embreagem, transfere movimento a um conjunto de engrenagens até chegar às rodas e movimentar o veículo. O problema é que esses gases precisam ser expelidos.

Em uma combustão ideal, deveria ocorrer a reação:



onde x e y são índices para identificar os hidrocarbonetos combustíveis, que normalmente são compostos por várias substâncias distintas. Quimicamente, a equação está incompleta, pois o balanceamento não está feito, mas os produtos não se alterariam, que é o que importa neste caso. Para que a reação ocorra dessa forma é necessário tempo suficiente e ausência de influências externas, o que é impossível na prática.

Em uma combustão real, os demais componentes do ar como o nitrogênio (N₂), o dióxido de carbono (CO₂) e o vapor d'água (H₂O) participam da reação. As reações para os motores do ciclo Otto e Diesel, respectivamente, são a seguir representadas:



onde x, y, z e w são índices para identificar os hidrocarbonetos combustíveis, que normalmente são compostos por várias substâncias distintas. Da mesma forma que no parágrafo anterior a equação está incompleta, pois o balanceamento não está feito.

Os produtos acima citados, exceto CO₂, H₂O e N₂ são chamados de produtos da combustão incompleta: monóxido de carbono (CO); hidrocarbonetos não queimados (HC); óxidos de nitrogênio (NO_x, ou seja NO + NO₂); óxidos de enxofre (SO_x, ou seja SO₂ + SO₃); material particulado (C); aldeídos (CHO).

Apresenta-se a seguir um levantamento dos males causados por esses poluentes para maior conscientização da necessidade de controlá-los.

Monóxido de carbono. O monóxido de carbono (CO) é um dos mais perigosos tóxicos respiratórios para os homens e animais. Ele não é percebido por nossos sentidos já que não possui cheiro, não tem cor e não causa irritação. O CO é encontrado em altos níveis nas áreas de intensa circulação de veículos dos grandes centros urbanos. Conseqüentemente, os veículos são considerados os maiores vilões deste tipo de poluição. Eles emitem mais (CO) do que as indústrias e lançam este gás ao nível da rua, atingindo diretamente o sistema respiratório das pessoas.

O monóxido de carbono combina-se rapidamente com a hemoglobina do sangue devido a sua grande afinidade química com essa substância, formando a carboxihemoglobina, diminuindo a capacidade que o sangue tem para transportar oxigênio, podendo causar a morte por asfixia. A presença permanente, mesmo em baixas concentrações, de monóxido de carbono no ar, causa uma diminuição da capacidade de estimar intervalos de tempo, diminui a rapidez dos reflexos e a acuidade visual. Pessoas anêmicas e com deficiências respiratórias ou circulatórias, sofrem efeitos nos sistemas nervoso central, cardiovascular e pulmonar. A exposição ao CO

também pode afetar os fetos, pelo déficit de oxigênio, uma vez que a dificuldade do sangue transportar oxigênio reduz o peso do recém-nascido e retarda o seu desenvolvimento.

Hidrocarbonetos. Os hidrocarbonetos (HC) possuem odor desagradável, irritam os olhos, nariz, pele e a parte superior do aparelho respiratório. São resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis.

Esses gases podem causar dano celular, sendo que vários deles são considerados carcinogênicos e mutagênicos. Na atmosfera, sob a presença de radiação solar, os hidrocarbonetos ainda participam da formação dos oxidantes fotoquímicos (entre eles, o ozônio), juntamente com os óxidos de nitrogênio (NO_x), como já descrito no item referente ao ozônio.

Óxidos de nitrogênio. São compostos por 90% de monóxido de nitrogênio (NO) e 10% de dióxido de nitrogênio (NO_2). O NO é uma substância incolor, inodora e insípida. Ainda não se comprovou que o NO constitua perigo à saúde nas concentrações em que é encontrado nas cidades. Porém, em dias de radiação intensa, o NO é oxidado, transformando-se em NO_2 .

O NO_2 apresenta alta toxicidade, sua cor é marrom-avermelhada, possui cheiro e gosto desagradáveis e é muito irritante aos olhos e aos tecidos. O NO_2 reage com a água presente no ar e forma um dos principais componentes da chuva ácida: o ácido nítrico (HNO_3). Nas reações atmosféricas secundárias, o NO_2 associado ao HC, é também responsável pelo surgimento do *smog* fotoquímico, descrito no item referente ao ozônio. Esse gás também irrita as mucosas nasais, provoca enfisema pulmonar e pode se transformar, dentro dos pulmões, em nitrosaminas. Convém ressaltar que algumas delas são potencialmente carcinogênicas.

Óxidos de Enxofre. Uma das principais impurezas existentes nos derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel) e no carvão mineral é o enxofre. Na utilização desses combustíveis, a queima do enxofre produz o dióxido de enxofre (SO_2), um óxido ácido de cheiro bastante irritante. O SO_2 reage com o oxigênio e forma o SO_3 . Com a umidade atmosférica, o SO_3 transforma-se em ácido sulfúrico (H_2SO_4), que é um dos componentes da chuva ácida.

Os óxidos de enxofre causam inflamações graves da mucosa; aumentam a secreção nas vias respiratórias superiores e reduz o movimento ciliar do aparelho respiratório, responsável pela filtragem de partículas estranhas e remoção do muco. Pode, também, aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite.

A gasolina Podium, da Petrobrás possui reduzido teor de enxofre, apenas 30 ppm (partes por milhão), significativamente menos que a média de 500 ppm (limite ditado pela Agência Nacional do Petróleo: 1.000 ppm) das demais gasolinas brasileiras. Ganhos para o motor, que sofrerá menos ataques químicos, e para o meio ambiente, pela menor produção de dióxido de enxofre e a conseqüente chuva ácida, que corrói desde florestas até monumentos, além dos efeitos danosos que causa às vias respiratórias.

Material particulado. Também conhecido por fuligem, é o principal responsável pela cor escura da fumaça que sai do escapamento de alguns automóveis, caminhões e ônibus e também das chaminés das fábricas. Até 1989, a legislação brasileira preocupava-se apenas com as partículas totais em suspensão, ou seja, qualquer tipo de partícula que se mantém suspensa no ar (partículas menores que 100 micrômetros, geralmente). No entanto, são as partículas mais finas, menores que 10 micrômetros e consideradas partículas inaláveis (PI), que apresentam mais riscos à saúde. Assim, a partir de 1990, a legislação brasileira passou a se preocupar, também, com as partículas inaláveis.

Essas PI penetram mais profundamente no aparelho respiratório porque, sendo muito finas, não são retidas pelas defesas do organismo, tais como pelos do nariz e mucosas. Elas causam irritação nos olhos (córnea) e garganta; reduzem a resistência às infecções e causam problemas respiratórios, como, por exemplo, bronquite. Essas partículas carbonáceas não são prejudiciais à saúde, mas, o que elas carregam são, como, por exemplo, os hidrocarbonetos e outros produtos tóxicos presentes na combustão, já que são eles que penetram nas regiões mais profundas dos pulmões (alvéolos), causando efeitos nefastos.

O material particulado e suas substâncias também corroem estruturas e fachadas dos edifícios e causam danos à vegetação. As emissões de fumaça preta em grandes quantidades sujam a cidade e representam um incômodo à população, podendo causar ainda acidentes de trânsito pela redução da visibilidade.

Aldeídos. Os aldeídos resultam da oxidação parcial do combustível durante a queima. São extremamente tóxicos, devido a sua grande reatividade e são prejudiciais às vias respiratórias. Os veículos com motores a álcool os emitem em maiores e mais preocupantes quantidades.

2.3. *Poluição Sonora*

A poluição sonora é causada, essencialmente, pela circulação de veículos, sendo os principais vilões os veículos pesados e as motocicletas, especialmente aquelas que apresentam deterioração ou alteração indevida do sistema de escapamento. As grandes metrópoles brasileiras estão entre as cidades mais barulhentas do planeta, segundo Organização Mundial da Saúde - OMS, tendo no trânsito de veículos sua principal fonte. Nas vias de tráfego intenso, os níveis médios de ruído aproximam-se dos 85 dB(A), valor excessivamente alto quando comparados aos 72 dB(A) encontrados em vias similares dos países industrializados [6].

O ruído dos veículos surge, basicamente, no motor, no sistema de injeção e ignição (veículos a diesel, principalmente), no sistema de admissão de ar, na transmissão, no rolamento dos pneus e no sistema de escapamento. As alternativas de controle da poluição sonora mais comuns incluem o revestimento das partes que geram ruído com materiais fono-absorventes; o isolamento dos elementos vibrantes com materiais elásticos; a atenuação mecânica ou eletrônica dos pulsos da combustão que excitam os

gases de exaustão do motor. As modificações nos pneus, na sua estrutura ou na composição, podem contribuir para a redução do ruído.

A poluição sonora pode prejudicar a audição e o bem-estar das pessoas. Pode causar dores de cabeça, fadiga, irritabilidade, perdas auditivas e pressão alta e ainda a depreciação de imóveis em áreas com tráfego intenso.

Aspectos de Poluição Sonora e Tráfego Veicular. A poluição sonora nos médios e grandes centros urbanos tem se tornado cada vez mais importante nos últimos anos. Interessante é observar que em vários países o número de reclamações ligadas ao ruído é surpreendentemente semelhante. Da mesma forma que em municípios situados na França cerca de 70% das reclamações encaminhadas à Secretaria Adjunta de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte estão ligadas à poluição sonora. Número semelhante é encontrado em outras cidades brasileiras e outros países.

O ruído de tráfego representa a principal fonte de ruído dentro do ambiente urbano e, portanto, tem merecido uma atenção especial por parte dos pesquisadores. Em uma primeira avaliação esse ruído pode normalmente ser representado de forma mais simples, considerando-se apenas o Nível de Pressão Sonora (NPS) na escala de ponderação “A”. Isto permite que equipamentos de menores custos possam ser utilizados. Outras avaliações, como por exemplo, a distribuição em bandas de oitava só se torna necessária em avaliações específicas de controle de ruído, como estimativa de isolamento ou barreiras. Por outro lado o ruído de tráfego apresenta, via de regra, uma considerável variação temporal tornando-se necessária a introdução de um procedimento padronizado para a avaliação em questão, normalmente envolvendo um procedimento estatístico ou uma média avaliada no tempo. Esse procedimento pode ser realizado dentro de uma área maior, com um maior número de pontos, obtendo-se como resultado um mapeamento do local em questão. O mapeamento tem geralmente como objetivo verificar o impacto resultante, em uma situação típica de planejamento urbano.

Outro procedimento de importância é aquele que procura prever o impacto que uma determinada atividade e o tráfego associado pode introduzir dentro do ambiente urbano. Para tanto é necessário estabelecer um modelo baseado no fluxo de trânsito esperado e na sua intensidade, introduzindo dados georreferenciados. O modelo de tráfego, por outro lado requer para sua definição o uso de uma série de equações. Para cada tipo de veículo existe uma equação característica da forma:

$$Leq (dB) = cte_1 + cte_2 \log V$$

onde V representa a velocidade do veículo, cte_1 é uma constante associada à potência do veículo e cte_2 é uma constante associada à velocidade. Esta equação deve ser corrigida de acordo com o volume de tráfego associado, existindo ainda variações para cada tipo de veículo, por exemplo: caminhão pesado, automóvel, etc.

O ruído produzido por um veículo pode ser associado ao sistema motriz do veículo; ao sistema de rolagem e à vibração de diversos tipos de componentes. O último componente está associado a qualificação do conforto do veículo para seus ocupantes, e

vem se tornando um item de importância crescente para as montadoras, porém é desprovido de qualquer importância para os não ocupantes do veículo e, portanto, não será considerado no presente trabalho.

O ruído associado ao sistema motriz é função da rotação e da marcha engrenada, para o mesmo veículo. Para diferentes veículos o nível de ruído pode ser expresso em função da potência desenvolvida pelo motor. Para uma mesma faixa de potência a variação de ruído fica dentro de uma região abrangendo uma variação de cerca de 12 dB.

O ruído associado ao sistema de rolagem está principalmente ligado ao contacto dos pneus com a pista, variando consideravelmente de acordo com a compressão e fuga do ar que fica entre a banda de rodagem e o piso. Por este motivo o estado e tipo da pista influenciam consideravelmente o nível de ruído observado, porém varia relativamente pouco entre os pneus produzidos nos dias de hoje com borracha e ranhuras que já consideram esta questão. Esse tipo de ruído só fica substancialmente maior que o do grupo propulsor acima de aproximadamente 50 km/h e tende a ser mais alto para veículos de passeio e mais baixo para caminhões de carga. Dessa forma a componente correspondente ao sistema motriz é a mais importante dentro de centros urbanos, onde a velocidade é mais baixa.

Uma vez estabelecida a formulação básica, é comum representar o tráfego de uma via por uma linha de fontes pontuais, movendo-se a velocidade constante. A velocidade de tráfego é função de outro conjunto de hipóteses que levam em conta dados como o tipo de via, horário, gradiente da pista, estabelecimentos comerciais dentro de uma determinada região, etc. Em muitos casos o modelo resultante é complexo sendo necessário o desenvolvimento através de recursos computacionais. Em algumas cidades, como é caso de Belo Horizonte (Brasil), a lei de ocupação do solo é subordinada a este tipo de consideração, dada sua grande importância [7].

2.4. Geração dos Produtos da Combustão

Relação ar/combustível. Para diminuir a quantidade de produtos tóxicos, resultantes de uma combustão irregular (incompleta), a relação ar/combustível deve ser adequada, a mais próxima possível da estequiométrica. Uma relação estequiométrica é aquela que possui a relação exata entre as quantidades mássicas de comburente (O_2) e combustível (álcool, gasolina, diesel, biodiesel, gás natural) necessárias para uma reação ideal. Para isso, é necessária uma boa homogeneização dos reagentes (ar e combustível), o que irá garantir uma queima quase completa e fará, também, com que o motor funcione com sua maior eficiência. Para que isso ocorra, é necessário que, para uma determinada quantidade de ar (O_2) admitida pelo motor, seja liberada uma quantidade exata de combustível, de maneira que a reação seja a mais próxima possível da ideal. Sendo assim, para a obtenção de uma mistura estequiométrica, são necessários 14,7 kg de ar para cada kg de gasolina (pura); 14,5 kg de ar para cada kg de diesel; 8,95 kg de ar para cada kg de álcool consumido; 16,9 kg de ar para cada kg de gás natural veicular (GNV).

Para a gasolina comercializada no Brasil que é composta de 20 a 26% de etanol do tipo anidro (dependendo das pressões de usineiros que querem desovar estoques de

álcool) a relação estequiométrica fica em torno de 13,4 kg de ar para cada kg de gasolina.

A variável lambda (λ) expressa a relação ar/combustível utilizada (instantânea) e a relação ar/combustível ideal. Ou seja: lambda representa a razão entre a quantidade de ar real e a quantidade de ar necessária para ocorrer a combustão estequiométrica da quantidade de combustível envolvida na reação. Portanto:

$$\lambda = \frac{\text{massa de ar real}}{\text{massa de ar estequiométrico}}$$

$\lambda = 1 \rightarrow$ indica que a mistura está muito próxima da mistura estequiométrica, sendo considerada, para efeitos práticos, como estequiométrica. É a condição ideal de funcionamento dos motores do ciclo Otto, pois nessa situação há um equilíbrio entre potência, consumo, dirigibilidade e emissões. O motor trabalha com a exata quantidade de combustível necessária para queimar completamente uma dada quantidade de oxigênio.

$\lambda < 1 \rightarrow$ indica que a mistura está com menor quantidade de ar (O_2) que o estequiométricamente correto, ou seja, com excesso de combustível. Essa mistura é conhecida por “mistura rica”. Por uma questão química, o valor de máxima potência, para combustíveis líquidos, é obtido para misturas ricas, porém numa estreita faixa, com λ entre 0,85 e 0,95. Além de potência, os motores do ciclo Otto ganham dirigibilidade, porém o consumo aumenta, assim como as emissões de CO, NO_x e HC. Em regiões de λ inferiores a 0,85, a mistura fica extremamente rica, com pouco O_2 para ser queimado. Com isso, o rendimento cai sensivelmente e o motor tende a “afogar”. Para o combustível gás natural (GNV), a potência máxima é obtida em $\lambda=1$ (estequiométrica) apenas.

$\lambda > 1 \rightarrow$ indica que a mistura está com mais ar (O_2) do que o estequiométricamente correto, ou seja, com menor quantidade de combustível que o ideal. Essa mistura é conhecida por “mistura pobre”. Em teoria, a condição pobre favorece a economia de combustível, com perda de potência. Porém, para reduzir o consumo, o motor deve funcionar em aceleração e rotação constantes, como num barco ou avião. Como no automóvel essa situação raramente se verifica, a mistura pobre não traz a economia esperada e, ainda, a dirigibilidade fica prejudicada, em praticamente toda a faixa de operação. Para valores de λ maiores que 1,3, os motores do ciclo Otto ficam praticamente indirigíveis. O limite do funcionamento desses motores ocorre nas proximidades de λ igual a 1,35 [8].

Poluentes do motor do ciclo Otto. Nos motores do ciclo Otto, a formação da mistura ar/combustível ocorre fora do cilindro (no coletor). Tanto nos veículos carburados, como nos que possuem injeção eletrônica, a borboleta aceleradora controla a vazão de ar que vai para os cilindros. Porém, no carburador o combustível é "arrastado" de acordo com o ar que passa pelo seu interior, enquanto na injeção o combustível é liberado artificialmente, por eletroinjetores, a partir das condições de funcionamento do motor que são "lidas" de várias maneiras por sensores estrategicamente colocados.

Cooperação Técnica:



Nos motores Otto naturalmente aspirados, a mistura, que é succionada pelo movimento dos pistões para o interior dos cilindros, por efeito de depressão, é ignicionada por uma centelha de alta energia, que é fornecida no momento exato (ponto de ignição) pelo sistema de ignição. O conjunto propulsor (motor, sistemas de alimentação e ignição) deve proporcionar: mistura ar/combustível homogênea; lambda constante dentro do cilindro; pré-mistura do ar/combustível; possibilidade de trabalhar com lambda entre 0,8 e 1,35; pressões e temperaturas adequadas para uma combustão correta, de maneira que não ocorra ignição espontânea da mistura (pré-ignição e detonação ou “batida de pino”).

A eficiência termodinâmica dos motores do ciclo Otto raramente ultrapassa 35%, sendo que a maioria se encontra entre 26 e 33%. Uma análise dos produtos da combustão formados em cada tipo de mistura do motor de ciclo Otto mostra que:

- Quando a mistura é rica ($\lambda < 1$), o excesso de combustível não permite que ele seja oxidado (queimado) completamente, já que a quantidade de O_2 está abaixo da necessária. Esse excesso de combustível provoca um pequeno resfriamento dos cilindros, que é suficiente para aumentar a formação de HC. Parte desse HC reage com o O_2 e forma CO ($2HC + 2O_2 \rightarrow H_2O + CO + CO_2$). Quanto mais rica a mistura, ou seja, quanto menor for lambda, maior a tendência a se formar CO e HC;
- Quando a mistura é pobre ($\lambda > 1$), todo o combustível é queimado e há “sobra” de O_2 . Esse O_2 se aquece, devido à combustão que ocorreu a sua volta, e reage com o nitrogênio (N_2) do ar. Com isso, forma-se os óxidos de nitrogênio (NO_x). O pico dessa formação ocorre em $\lambda = 1,05$;
- Quando a mistura é muito pobre, por exemplo, $\lambda = 1,35$, que é o limite de dirigibilidade, a quantidade de combustível é quase que insuficiente para ser ignitada. Com isso, há um resfriamento dos cilindros e as emissões de HC voltam a crescer [9].

Poluentes do motor do ciclo Diesel. O princípio de funcionamento dos motores movidos a óleo diesel é o mesmo dos a gasolina. As diferenças estão na alimentação e inflamação do combustível. O rendimento térmico é superior ao da gasolina/álcool, variando de 33 a 45%, proporcionando melhor consumo e menor poluição. Sua principal diferença em relação aos motores de ignição por centelha (ciclo Otto) é que nos motores a diesel, de ignição por compressão, combustível é pulverizado no interior do cilindro misturando-se ao ar já comprimido presente no interior do mesmo. Dessa forma há um melhor aproveitamento de todo o combustível injetado, já que o ar aquecido é capaz de inflamar esse combustível. Com isso, perde-se menos combustível (daí sua maior economia). No ciclo Otto, o combustível é introduzido junto com o ar – atomizado – para ser queimado, havendo perdas de mistura por todo o percurso.

Quando o ar é admitido no cilindro de um motor a diesel, é comprimido em até 1/24 de seu volume inicial (taxa de compressão de 24:1), alcançando temperaturas acima de 600°C. A bomba injetora envia, com alta pressão (de mais de 100 bar), o combustível

(diesel) também para dentro do cilindro. Como o diesel se queima abaixo de 600°C, uma vez em contato com o ar aquecido acontece a explosão, empurrando o pistão para baixo. Como não necessita de faísca para inflamar o combustível, não é preciso distribuidor, velas, bobinas, etc.

Como o tempo disponível para a injeção de combustível é muito pequeno (aproximadamente 5 milissegundos), torna-se difícil atingir altas rotações. A taxa de compressão tem de ser alta. Por isso, os componentes do motor a diesel são muito mais robustos e pesados. Os motores a diesel desenvolvem potência e torque máximos em rotações mais baixas. A potência não é maior nos motores diesel do que nos a gasolina, ao contrário do que se acredita. Por apresentarem queima de combustível mais lenta, sua rotação máxima é bem mais baixa do que no caso de gasolina, o que acaba limitando sua potência específica. Mas é o funcionamento em regimes baixos que lhe dá vantagem para veículos de transporte de carga, pois seu torque máximo surge bem cedo. Para melhorar seu desempenho em altas rotações, alguns modelos de veículos a diesel ganharam turbo e intercooler (radiador usado para esfriar o ar quente do turbo).

Pela elevada taxa de compressão e pelas características do combustível, o motor a diesel obtém rendimento muito elevado, o que se reflete no baixo consumo. O nível de ruído e vibrações também é mais elevado, embora este inconveniente venha se reduzindo bastante nos projetos mais modernos.

Por utilizar óleo combustível, mais pesado e por sua própria natureza com alto poder antidetonante, o motor diesel possui características de queima progressiva e é indicado para operar com alta taxa de compressão (em geral entre 18 e 24:1, duas a três vezes superior à de um motor a gasolina). O alto rendimento provém também de 2 fatores: elevada taxa de compressão, que proporciona o aquecimento do ar, fazendo com que o combustível inflame-se; e maior pressão, que traz um melhor aproveitamento do combustível.

Os motores diesel não possuem uma válvula-borboleta de entrada de ar, como nos motores a gasolina. Por isso, o que regula sua potência é a quantidade de combustível injetado. Não existe a condição de 'acelerador fechado'. Conseqüentemente, não há freio-motor e nem vácuo de admissão para acionar um servofreio. Isso obriga a colocação de uma válvula na saída do coletor de escapamento caso se queira usar freio-motor numa descida de serra e, também, o uso de uma bomba de vácuo para o servofreio.

Os motores diesel possuem atrativos cada vez mais sólidos. Na medida em que os parâmetros de emissões ficam mais rígidos e o fator consumo se estreita através das imposições de um mercado cada vez mais exigente, ficam mais claras suas vantagens, como: alto rendimento térmico (42% contra no máximo 33% dos propulsores a gasolina); menor consumo específico (em torno de 30%, pois retira-se mais energia do combustível e da combustão) e, conseqüentemente, menores índices de emissões de poluentes (emitem menor quantidade de gases tóxicos pelo escape, desde que bem regulados); por utilizar um combustível menos volátil que a gasolina, oferece maior segurança nos acidentes.

Com a adoção de turbocompressor (que eleva a pressão de entrada do ar no cilindro), foi conseguido melhor enchimento volumétrico, com ganhos de potência na ordem de 40% em relação aos motores diesel de aspiração natural. Novos desenhos de câmara de combustão estão tornando seu desempenho semelhante ao dos motores a gasolina em termos de potência.

O sistema "common rail" é uma injeção em que os bicos injetores, com comando eletrônico, recebem o combustível de uma única linha, central, com pressões ao redor de 1.500 bar, para que haja uma queima bem próxima da ideal, tornando o diesel ainda mais econômico e mais potente. Trata-se, basicamente, da disposição de alimentação adotada nos motores a gasolina atuais. Fabricantes nacionais começaram recentemente a fabricar motores a diesel com esse sistema.

As emissões dos motores diesel dependem da relação lambda, podendo-se observar o seguinte:

- pela heterogeneidade da mistura, os motores diesel trabalham normalmente com excesso de ar para garantir uma queima mais completa do combustível. Na prática, eles operam:
 - com λ até 10 em marcha lenta;
 - com λ entre 1,2 e 2,0 em plena carga (acelerador a fundo) e cargas parciais.
- devido às altas temperaturas e pressões de combustão, aliada a um excesso de O_2 dentro da câmara, as emissões de CO e HC são relativamente baixas;
- NO_x são produzidos em quantidades preocupantes, uma vez que são produzidos em ambientes de alta temperatura, os quais ocorrem em regime de altas cargas. Porém já existem catalisadores que reduzem as emissões de NO_x através de injeção de amônia.

Uma desvantagem dos motores a diesel é a grande emissão de material particulado, a conhecida fuligem. A formação dessas partículas, que decorre da pirólise (queima incompleta) do combustível, acontece na condição de plena carga, pois nessa condição, a quantidade de combustível é máxima, as temperaturas são altas e o excesso de ar é minimizado. A solução para esse problema está no desenvolvimento de injeções de alta pressão, como o sistema "common rail" que permite uma queima bem próxima da ideal. Com o uso de turbocompressor, a emissão de particulados decresce, assim como as de CO. Porém, aumenta ligeiramente as de HC e muito as de NO_x [10].

2.5. Controle das Emissões Gasosas Veiculares

A metodologia mais usada para o controle das emissões veiculares é ainda através dos catalisadores ou conversores catalíticos, em combinação com a injeção eletrônica de combustível. A injeção eletrônica diminuiu bastante a emissão de poluentes (exceto CO_2), tendo trazido enormes ganhos em eficiência, redução de consumo, confiabilidade e dirigibilidade.

Catalisador e sonda lambda. O catalisador convencional ainda é o componente mais eficiente de controle de emissões veiculares. Ele está localizado logo após o coletor de escape. O catalisador não é um filtro. Sua função é modificar, por meio de uma reação termoquímica, a composição química dos gases de escapamento, reduzindo sua toxicidade à saúde e ao meio-ambiente.

O catalisador é formado por um núcleo cerâmico ou metálico, manta expansiva e carcaça metálica. Durante sua operação normal, mais de 90% dos componentes químicos maléficos presentes nos gases da exaustão são transformados em gases não nocivos. Seu interior consiste de um núcleo perfurado, que lembra uma colméia de abelhas, cujas paredes são revestidas com metais nobres como platina, paládio e ródio. Dentro do catalisador os gases de exaustão percorrem cerca de 20 km em contato com esses metais possibilitando que monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO_x) presentes reajam entre se para que o produto final seja dióxido de carbono (CO₂), água (H₂O) e nitrogênio (N₂). A Figura 2 mostra o desenho esquemático de um catalisador.

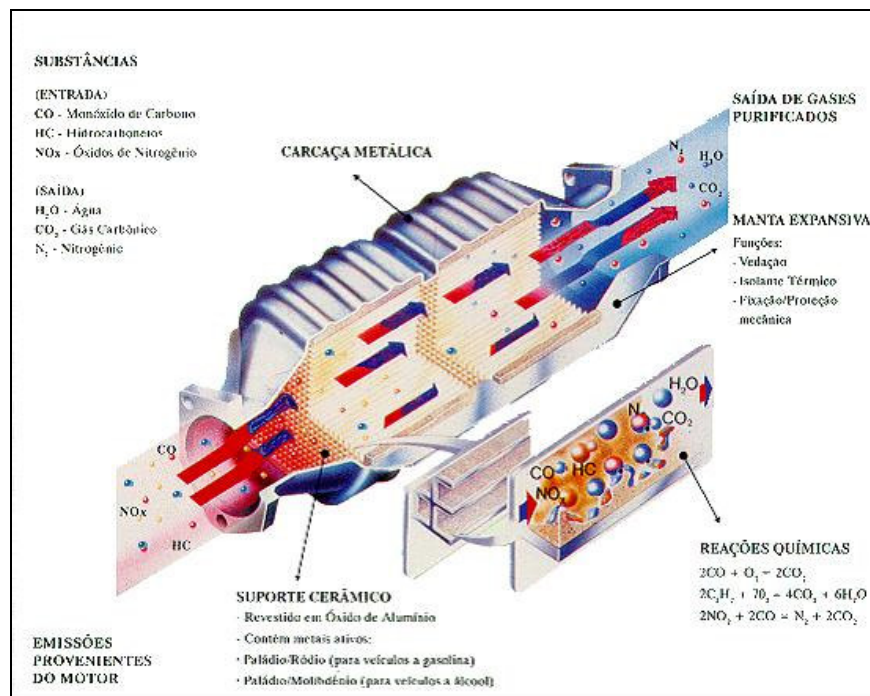


Figura 2 - Desenho esquemático do funcionamento de um catalisador [11]

O catalisador mais utilizado é o de 3 vias, dispositivo que oxida simultaneamente hidrocarbonetos e monóxido de carbono e reduzem os óxidos de nitrogênio nos gases de exaustão. Sua temperatura de funcionamento é cerca de 800°C, dependendo da posição do catalisador ao longo do tubo de escapamento.

A relação lambda deve estar a mais próxima possível de 1, pois uma mistura muito rica, com excesso de combustível, resulta em queima irregular e no envio de combustível mal queimado ao escapamento, onde entra em combustão e superaquece o catalisador, podendo queimá-lo e entupi-lo. Para isso, foi desenvolvida a sonda lambda.

A melhor maneira de verificar se a mistura está mais rica ou mais pobre é analisar a quantidade de oxigênio que sai pelo escapamento. Mais oxigênio é sinal de pouco combustível para queimá-lo (mistura pobre), pouco oxigênio é sinal de muito combustível sendo ou tentando ser queimado (mistura rica). Quem faz este serviço é a sonda lambda. Esse sensor é constituído de uma ponta em óxido de zircônio que, em contato com o oxigênio dos gases do escapamento, gera um sinal elétrico que varia de 0,25 até 0,95 volts. A partir desse valor obtém-se conhecimento do estado da mistura, que passará por um controle, com a alteração dos tempos de atuação dos bicos injetores (a central eletrônica decidirá se injeta mais ou menos combustível). Esse sistema de *feed-back* é chamado de *closed loop* (circuito fechado ou malha fechada). Com essas correções, lambda ficará sempre próxima de 1, garantindo a otimização do controle de emissões e impedindo danos ao catalisador.

Resumindo: a sonda lambda é responsável por um ajuste fino da mistura ar-combustível, que ao longo da utilização do veículo pode ser alterada devido a condições climáticas e mesmo a diferentes tipos de combustíveis. Esse sensor, na maioria dos casos, está instalado no coletor de escapamento ou a até 1,5 metro de distância do mesmo, ao longo do tubo de escapamento. Ele sempre virá antes do catalisador. Eventuais falhas em seu funcionamento são indicadas por uma luz-piloto no painel do veículo, podendo também ser verificadas com uma análise dos poluentes emitidos.

2.6. Normas de Controle de Emissões Veiculares no Brasil

No Brasil, o controle das emissões de poluentes atmosféricos gerados na queima de combustíveis em veículos automotores teve início em 1987 com a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE. Esse Programa foi instituído pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, através da Resolução Nº 18 de 1986, complementada e atualizada pelas Resoluções Nº 8 de 1993, Nº 14, Nº 16 e Nº 17 de 1995 e Nº 226 de 1997. O PROCONVE teve como principal meta, a redução da poluição atmosférica pelas fontes móveis, através da fixação dos limites máximos de emissões de gases e fumaça, induzindo o desenvolvimento tecnológico no seguimento de veículos novos e estabelecendo exigências de manutenção adequada para os veículos em circulação através de ensaios padronizados.

Os limites máximos de emissão de poluentes pelos veículos novos (homologação) foram fixados com um cronograma específico, para três categorias: veículos leves ciclo Otto (automóveis e seus derivados), veículos leves ciclo Diesel (caminhonetes, camionetas e utilitários) e veículos pesados (ônibus, microônibus e caminhões). Para cumprimento dos limites estabelecidos pelo PROCONVE vêm sendo aplicadas tecnologias e sistemas que otimizam o funcionamento dos motores, proporcionando melhor condição de queima e conseqüente diminuição das emissões, bem como redução

de consumo de combustível. Na fase implantada em 1992, para os automóveis e derivados, foi necessária a utilização de catalisadores ou de injeção eletrônica, que usados separadamente atendiam às exigências estabelecidas. Para a fase que teve início em 1997, o fabricante precisou empregar conjuntamente as melhores tecnologias disponíveis para formação de mistura e controle eletrônico do motor [11].

Os limites máximos de ruído estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Transito - CONTRAN Nº 448 de 1971, e que eram atendidos com folga pela indústria automobilística, permaneceram inalterados até 1993. A Resolução CONAMA Nº 1 de 1993, alterada pela Nº 8 também de 1993, complementada pelas Nº 17 de 1995 e Nº 272 de 2000, estabeleceu limites mais restritivos para veículos novos e a fiscalização para os veículos em uso.

Considerando que os conversores catalíticos ou catalisadores apresentam alta eficiência na redução das emissões de escapamento e que os mesmos sofrem desgastes ou são danificados e que os Programas I/M demandarão a substituição de grande quantidade dos mesmos, a Resolução CONAMA Nº 282 de 2001 estabeleceu os requisitos para os conversores catalíticos destinados a reposição.

O interesse do setor ambiental de que os veículos incorporem avanços tecnológicos de controle de emissões e a necessidade da atualização contínua do PROCONVE bem como de complementação de seus procedimentos de execução o CONAMA regulamentou, através da Resolução Nº 291 de 2001, o uso de componentes para conversão de veículos para gás natural e instituiu o “Certificado Ambiental para Uso do Gás Natural em Veículos Automotores - CAGN”.

Em fevereiro de 2002, o CONAMA, considerando o expressivo crescimento da frota de ciclomotores, motocicletas e similares nas principais regiões metropolitanas do país, a contribuição dessa frota para a contínua deterioração da qualidade do ar e a existência de tecnologias de controle de emissão de eficácia comprovada, estabeleceu limites de emissão de gases poluentes para homologação desses veículos conforme Resolução CONAMA Nº 29 de 2002, complementada pela Resolução CONAMA Nº 342 de 2003.

Ainda em 2002, o MMA, considerando as tecnologias automotivas existentes de eficácia comprovada, a necessidade de estipular prazos para a adequação tecnológica de motores, visando manter a redução da poluição do ar nos centros urbanos do país e a necessidade de economia de combustível, publicou a Resolução CONAMA Nº 315 que instituiu as novas etapas do PROCONVE. Nessa resolução foram estabelecidos para homologação de veículos novos nacionais e importados, leves e pesados padrões de emissão mais restritivos a serem implantados gradativamente até 2009. A prioridade para as fases que se iniciam em 2007 e 2009, para os veículos leves, é a adoção de tecnologias para redução de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, por serem precursores do ozônio.

Desde que foi implantado, em 1986, o PROCONVE reduziu a emissão de poluentes de veículos novos em cerca de 97%, por meio da implantação e redução progressiva dos limites de emissão que motivou a introdução de tecnologias como catalisador, injeção eletrônica de combustível e melhorias nos combustíveis automotivos. Entretanto, não

basta que os automóveis saiam das fábricas atendendo os limites estabelecidos pelo PROCONVE, é necessário garantir também que os índices de emissão sejam mantidos mediante manutenção adequada dos veículos, conforme as recomendações dos fabricantes.

Com relação aos veículos em circulação, a criação de programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso é um dos objetivos do PROCONVE citados na Resolução CONAMA Nº 18 de 1986. As diretrizes básicas e os limites de emissão para fins de reprovação nos Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M foram definidas, para veículos com motores do ciclo Otto, na Resolução Nº 7 de 1993.

Em 1995, a Resolução CONAMA Nº 18 determinou que a implantação de Programas I/M só poderia ocorrer após a elaboração do Plano de Controle por Veículos em Uso – PCPV, de forma conjunta pelos órgãos ambientais estaduais e municipais.

A regulamentação da implantação dos Programas I/M se deu a partir da publicação da Resolução Nº 227 em 1997 e limites de emissão, para fins de reprovação dos veículos com motores do ciclo Diesel, foram estabelecidos 2 anos depois com a publicação da Resolução CONAMA Nº 251 de 1999. Cabe ressaltar que, de acordo com Artigo 8º da Resolução Nº 7 de 1993, os Programas I/M devem ser vinculados ao sistema de licenciamento anual de modo que o veículo reprovado na inspeção não receba autorização para circulação e, ainda, conforme Parágrafo Único do Artigo 8º da Resolução Nº 227 de 1997, “a vinculação dos Programas I/M junto ao licenciamento de veículos será estabelecida conforme resoluções do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN”, motivo pelo qual os Programas não foram até então implantados no país, a exceção do Rio de Janeiro que implantou seu Programa I/M ainda em 1997.

A Resolução Nº 242 de 1998 harmonizou o PROCONVE com o Mercosul eliminando barreiras ao intercâmbio comercial e a Resolução Nº 252 de 1999 estabeleceu limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso.

Posteriormente, o CONAMA, considerando as diretrizes estabelecidas pela Resolução do CONTRAN Nº 84 de 1998 para inspeção de segurança veicular, estabeleceu, através da Resolução Nº 256 de 1999, regras e mecanismos para inspeção de veículos quanto às emissões de poluentes e ruídos, regulamentando o Artigo 104 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), aprovado pela Lei Nº 9.503 de 23 de setembro de 1997. A Resolução Nº 256 de 1999 definiu prazos e que os Programas I/M devem ser implantados e gerenciados pelos órgãos estaduais de meio ambiente, em conjunto com seus municípios, e o CTB condicionou o licenciamento anual do veículo à sua aprovação nesses programas. Em 1999 o CONTRAN suspendeu a vigência da Resolução nº 84 de 1998 através das resoluções Nº 101 e 107, perdurando esta suspensão até o presente ano.

As indefinições referentes à implantação da inspeção dos itens de segurança pelo CONTRAN aliadas à necessidade de implantação de forma harmônica com a inspeção das emissões de poluentes e ruído, preferencialmente no mesmo local, têm dificultado

as negociações entre os órgãos estaduais ambientais e de trânsito. Considerando que são os órgãos de trânsito que detêm o banco de dados e que são eles os responsáveis pelo licenciamento do veículo é impossível a implantação de Programas I/M a revelia dos órgãos de trânsito.

2.7. Implantação do Programa I/M em Minas Gerais

Em Minas Gerais, a implementação das providências necessárias para a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M, atendendo ao disposto na Resolução CONAMA Nº 256 de 30 de junho de 1999, ficou a cargo da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, entidade vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD que, juntamente com o Instituto Estadual de Florestas e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas, integra o Sistema Estadual de Meio Ambiente - SISEMA.

Com a finalidade de atender ao disposto na Resolução CONAMA Nº 18 de 1995 que estabeleceu que a implantação de Programas I/M deve ser precedida da elaboração e publicação, pelos órgãos ambientais estaduais e municipais do PCPV, a FEAM instituiu e coordenou o grupo de trabalho com representantes de várias instituições da esfera estadual e dos municípios (representados por Belo Horizonte, Contagem e Betim) que elaborou o Relatório Técnico do PCPV para o estado de Minas Gerais [1].

Ainda em 2001 tramitou na Assembléia Legislativa de Minas Gerais - ALMG o Projeto de Lei 1833 que instituía o Programa de I/M em Minas Gerais. Na época a FEAM encaminhou para a Assembléia Legislativa de Minas Gerais - ALMG parecer técnico sugerindo as alterações necessárias para compatibilizar o PL com o PCPV/MG, as quais foram devidamente acatadas. Em 2002 o Projeto de Lei foi vetado pelo então Governador, Sr. Itamar Franco, que justificou tratar-se de matéria relativa a trânsito e que, portanto, seria da competência do DETRAN/MG.

O levantamento de informações para elaboração do PCPV/MG evidenciou a necessidade de ampliação do banco de dados de emissão de poluentes e de ruído, principalmente com relação aos automóveis e derivados. Cabe ressaltar a iniciativa da Secretaria Municipal Adjunta de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte que instituiu em 1988, com a participação da BHTRANS, PMMG, FEAM, DER o Programa Operação Oxigênio. O Programa tem sido importante instrumento de controle da poluição provocada pela frota a diesel, já tendo realizado, desde sua implantação, em torno de 69.000 vistorias em pontos finais de coletivos, nos principais corredores de tráfego da cidade e em Operações Especiais – Operação Escolares, ações educativas, entre outras. O Programa tem alcançado bons resultados na mudança de comportamento dos responsáveis pela frota a diesel e, seguramente, esse grupo terá bem mais facilidades em receber o Programa de Inspeção Veicular quando este vier a ser implantado em MG.

A necessidade de desenvolvimento de pesquisas correlatas ao controle da poluição veicular levou a FEAM e a SMAMA da PBH a procurarem, em meados de 2001, a

parceria da Escola de Engenharia da UFMG para assinatura de Termo de Cooperação Técnica para desenvolvimento do Projeto de que trata este relatório.

Em 2004, a pedido do Governador, Sr. Aécio Neves da Cunha, outro grupo de trabalho foi formado por profissionais indicados pelas instituições: DETRAN/MG, Procuradoria Geral do Estado, Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão - SEPLAG, Fundação Estadual do Meio Ambiente e Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC que elaborou minuta de Projeto de Lei para implantação, de forma conjunta, dos programas de inspeção de segurança e de emissões de poluentes e ruído. O Projeto de Lei foi encaminhado pelo DETRAN/MG para o Departamento Nacional de Transito - DENATRAN que recomendou ao DETRAN/MG que aguardasse decisão do CONTRAN para providências relativas a implantação do Programa I/M em Minas Gerais.

2.8. Inspeção Técnica Veicular no Brasil

A nível nacional, existe uma série de argumentos para que a inspeção veicular, já adotada em outros países, se torne uma realidade. Mas obstáculos políticos, econômicos e afins impedem que aconteça. Enquanto isso, nossa frota vai envelhecendo, virando sucata e, conseqüentemente, poluindo mais, deixando o trânsito cada vez mais moroso e aumentando o número de mortos em acidentes que seriam evitados com veículos mais seguros.

A Inspeção Técnica de Veículos - ITV foi idealizada para atender aos interesses e conveniência do Estado e dos usuários de veículos, com o objetivo de melhorar as condições de segurança e o controle da poluição atmosférica e sonora. Basicamente, a ITV é uma série de procedimentos obrigatórios periódicos, pagos pelos usuários, que envolve: inspeções de itens relativos às condições de segurança, de emissão de gases poluentes, de opacidade, de ruído e, ainda, o exame da documentação dos veículos.

Normas para melhoria da segurança de pedestres, motoristas e passageiros e da condição de manutenção de nossos sistemas viários já existem. Têm-se, por exemplo, normas acerca de nível de ruído, da instalação de acessórios, de condições mínimas de circulação e de altura mínima do veículo.

A inspeção veicular irá diminuir os custos dos meios de transportes, já que, com uma manutenção periódica obrigatória, a quantidade de itens que necessitarão de troca ou reparo, diminuirá bastante, tornando o veículo um bem menos oneroso ao seu proprietário. Além disso, teremos uma frota mais segura, reduzindo o número de acidentes, de congestionamentos e de emissões de poluentes. Os cofres públicos serão mais aliviados e a péssima imagem do trânsito brasileiro, dentro e fora do país, poderá ser melhorada.

Para a implantação da Inspeção Técnica Veicular é importante considerar os aspectos apresentados a seguir:

- ◆ **Reinspeção.** Os veículos reprovados são normalmente submetidos a reinspeção, que deve ser paga, em valor igual ou reduzido em relação ao valor da inspeção inicial;
- ◆ **Licenciamento.** Deve-se prever a possibilidade de realização do licenciamento anual na própria estação de inspeção com o intuito de otimizar a conveniência e o conforto dos usuários;
- ◆ **Periodicidade.** As inspeções têm periodicidade anual ou uma vez a cada dois anos. Entretanto, as frotas de uso intenso (táxis, ônibus, caminhões de lixo, veículos escolares, etc.) devem ser inspecionadas semestralmente. As péssimas condições de nossas vias são também um fator decisivo na definição de maior periodicidade de inspeção;
- ◆ **Unidades móveis de inspeção.** Existem programas que autorizam as empresas operadoras a utilizarem unidades móveis para inspeção em áreas com baixa densidade de veículos e/ou localizadas a distâncias acima de 50km do centro de inspeção;
- ◆ **Estações.** As estações de inspeção devem ser localizadas nas imediações de áreas que não causem prejuízo ao tráfego, principalmente durante picos de movimento. Essas estações devem possuir sistemas de múltiplas linhas, para otimizar seus custos de operação e supervisão governamental. Todas as atividades de coleta de dados, registro de informações, execução dos procedimentos de inspeção, fornecimento de relatórios e certificados e comunicação da rede com o órgão governamental devem ser feitas, obrigatoriamente, em sistemas totalmente informatizados para que as unidades de supervisão tenham acesso permanente aos registros de inspeção;
- ◆ **Controle das Informações.** As empresas operadoras devem manter os registros de inspeção em banco de dados informatizado para possibilitar rápidos levantamentos estatísticos sobre quaisquer parâmetros constantes dos registros, a critério dos órgãos supervisores. Além dos registros de inspeção, é necessária a composição de um banco de informações sobre manutenção preventiva e corretiva das estações, calibração dos equipamentos, reclamações, sugestões e ocorrências diversas;
- ◆ **Imparcialidade.** Com o objetivo de coibir o suborno, o programa mexicano implantou um sistema de câmeras de vídeo, que gravam a operação diária nas linhas, com excelentes resultados. Na realização das vistorias, recomenda-se que os inspetores não tenham contatos com os usuários e que não haja manipulação de dinheiro nas estações. O pagamento pela prestação de serviços deverá ser efetuado somente na rede bancária;
- ◆ **Credibilidade.** Para um melhor funcionamento e atendimento aos usuários, é sugerido que cada estação possua um engenheiro responsável em tempo integral, tendo como modelo os bons exemplos internacionais;
- ◆ **Qualidade das Inspeções.** As empresas devem manter rígidos sistemas de garantia da qualidade das inspeções devido às severas penalidades que poderão sofrer, em

caso de falhas em seu desempenho. Evitar falhas também garantirá futuros contratos de credenciamento. É fundamental que haja rápida reparação ou reposição de componentes danificados, para garantir a continuidade da operação das estações, assim como a calibração periódica de equipamentos e a prática de correlações interestações para garantir a uniformidade da rede;

- ◆ **Higiene e Segurança no Trabalho.** O interior das estações deve apresentar condições de insalubridade mínima. Elas devem ser bem ventiladas e possuir sensores de monóxido de carbono para evitar concentrações ambientes acima do nível permitido pela legislação trabalhista (35 ppm). Também é importante a separação obrigatória da área de inspeção de veículos pesados, devido às altas emissões de ruído e fumaça durante as respectivas medições;
- ◆ **Impacto Inicial do Programa.** Para evitar grandes impactos sociais e, conseqüentemente, uma evasão em massa do programa os procedimentos de aprovação/reprovação devem ser introduzidos pelas administrações locais, de forma gradual e ajustados às condições locais. Inicialmente devem ser verificados os defeitos mais graves, expandindo, ano a ano, até que sejam previstas reprovações para todos os defeitos relacionados na regulamentação. O índice geral de veículos reprovados não deve ultrapassar 40% a cada ano. Essa medida foi implantada com sucesso em alguns programas europeus que, hoje em dia, apresentam índices consistentes de reprovação entre 20 e 25%;
- ◆ **Atendimento aos Usuários.** A conveniência no atendimento aos usuários é fundamental para o sucesso dos programas. A sustentação política desses programas está baseada nos seguintes aspectos: cobrança de tarifa única e justa; realização da inspeção em área de circulação potencial dos usuários; inspeção com hora marcada; licenciamento no mesmo local das inspeções; serviço rápido, preciso, sem interrupções e sem filas; imparcialidade.

Quando se falou na inspeção veicular obrigatória, ocorreram muitas reclamações. Muitos acharam injusta a cobrança do serviço, já que vivemos num país que possui uma das mais altas cargas tributárias do mundo. Outros disseram que isso iria elitizar o uso do automóvel que já tem uma carga tributária muito alta. Porém, para manutenção adequada da condição emissão e de segurança da frota é necessário inspecioná-la, mesmo que se tenha que pagar para isso.

Outra grande reclamação é quanto a dificuldade de reposição de peças e componentes de veículos fora de linha. Sobre este problema cabe salientar que o aumento de demanda por essas peças e por quaisquer outras do gênero, deverá revitalizar a oferta.

Os principais benefícios e aspectos positivos que a inspeção técnica de veículos poderá proporcionar ao nosso país são basicamente os citados:

- ◆ **Maior Segurança no Trânsito.** Os programas europeus atribuem reduções da ordem de 10 a 15% dos acidentes com implantação da inspeção veicular. No Brasil, as

perdas econômico-sociais causadas por acidentes de trânsito são estimadas em R\$ 4,5 bilhões por ano. Infelizmente, no Brasil não se tem pesquisado causas de acidentes de trânsito, o que dificulta a estimativa da redução do número de acidentes a partir do controle da frota. Os dados das estatísticas oficiais, mesmo sendo incompletos, permitem estimar uma redução de cerca de 3 mil mortes por ano no trânsito brasileiro;

- ◆ **Menor Ocupação de Leitos Hospitalares.** A redução do número de acidentes e de doenças como bronquite e asma irá gerar uma significativa redução da ocupação dos leitos hospitalares e também reduzirá os custos sociais a eles associados, que está na casa de R\$ 360 milhões/ano. A redução dos custos de seguros veiculares deverá ocorrer com a diminuição do índice de sinistros;
- ◆ **Proteção ao Meio Ambiente.** É indiscutível que a inspeção das emissões veiculares traz benefícios diretos ao meio ambiente nas grandes cidades. São esperadas reduções de 15 a 30% nas emissões de monóxido de carbono (CO); de 10 a 32% de hidrocarbonetos (HC); de 50% de material particulado (C) e de 2 a 13% de óxidos de nitrogênio (NO_x), além da redução das emissões de ruídos. Esperam-se ainda reduções significativas das concentrações de ozônio (O₃) na baixa atmosfera em áreas urbanas e arredores e a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa [12];
- ◆ **Valorização e Segurança na Comercialização de Veículos Usados.** Pesquisas realizadas em São Paulo apontam como uma grande vantagem do programa de inspeção veicular a valorização e a segurança na comercialização de veículos usados;
- ◆ **Vida Útil dos Veículos.** Estudos, na Europa, comprovaram que, após a estabilização do sistema, ocorre um aumento da vida útil da frota, devido à melhor manutenção;
- ◆ **Parâmetros para a Renovação da Frota.** A partir das estatísticas geradas pelo programa, será possível conhecer o real estado de manutenção dos veículos em circulação e estabelecer os parâmetros para o sucateamento e renovação da frota;
- ◆ **Melhoria da Qualidade dos Serviços.** Os centros de inspeção também serão úteis para aferir os serviços de reparação executados pelas oficinas mecânicas e, dessa forma, interferir na melhoria da qualidade dos serviços por elas prestados;
- ◆ **Aumento na Arrecadação de Impostos.** Os serviços de inspeção, de reparação, de produção e comercialização de autopeças contribuirão para um aumento na arrecadação de impostos federais, estaduais e municipais;
- ◆ **Geração de Empregos.** Os programas de inspeção veicular irão gerar cerca de 12 mil empregos diretos e cerca de 50 mil indiretos (indústrias de autopeças; montadoras; setor de reparação de veículos; fabricação de equipamentos, etc.);
- ◆ **Redução do Consumo de Combustível.** Com a regulagem dos motores, deverá ocorrer economia global de combustíveis estimada em torno de 3 a 7% .

3. Objetivos e Relevância

A obtenção de dados confiáveis de emissão de gases poluentes, fumaça e ruído de veículos automotores da frota de Belo Horizonte, de forma a subsidiar a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso em Minas Gerais, é o objetivo principal do convênio firmado entre a FEAM, a PBH e a UFMG.

São objetivos específicos do Projeto:

- Capacitar tecnicamente profissionais da FEAM, da Secretaria Municipal Adjunta de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS para participar do processo de implantação, gestão e auditoria do Programa I/M;
- Capacitar professores e alunos da UFMG para planejar e realizar pesquisas avançadas na área de controle de emissões de poluentes por veículos automotores e prestar apoio técnico para atualização de tecnologias referentes a equipamentos e a procedimentos de medição;
- Operacionalizar os métodos de aferição da emissão de gases, fumaça e ruído definidos na legislação pertinente, levantando os principais problemas de aplicação dessas normas;
- Operacionalizar uma estação fixa e uma móvel e para atuarem em pesquisa, desenvolvimento, treinamento e para realização de análises da emissão de gases, fumaça e ruído no Campus da UFMG e em trabalhos de campo;
- Gerar informações sobre o estado de manutenção das condições de emissão da frota de veículos em circulação em Belo Horizonte, permitindo o cálculo de índices de deterioração da frota;
- Informar a população sobre a necessidade e os benefícios da adequada manutenção dos veículos automotores e sobre os benefícios que a inspeção veicular deverá proporcionar no que se refere a segurança, saúde, economia de combustível, conservação do meio ambiente, geração de empregos e valorização do veículo.

Para cumprir com esses objetivos, como já relatado no histórico, foram dimensionadas e montadas duas estações de inspeção de emissões de poluentes e ruído veicular, sendo uma Fixa, para pesquisa em laboratório e uma Móvel, para trabalhos de campo. A Estação Móvel permitiu a realização de análise das emissões de poluentes veiculares em diferentes locais e condições de tráfego de Belo Horizonte. A estação fixa foi projetada para realizar as medições dos índices de emissão de gases poluentes, fumaça e ruído, da mesma forma que a móvel, e, ainda, para avaliação das emissões em condições de tráfego simuladas utilizando dinamômetro de rolos e de bancada, permitindo reproduzir dados em diferentes condições de operação de motores, que seriam difíceis de serem obtidos em campo.

A montagem do banco dinamométrico da estação fixa ainda não foi concluída, devido aos problemas já citados, sendo até então utilizada para treinamento e realização de inspeção das emissões de veículos da frota de Belo Horizonte. Essa estação será de grande utilidade na obtenção de dados experimentais de emissões de poluentes e desempenho de motores, possibilitando a sua utilização nas teses de doutorado e dissertações de mestrado.

Cooperação Técnica:



4. Materiais e Métodos

As inspeções das emissões foram realizadas de forma voluntária, gratuita e não punitiva. Para inspeções na Estação Fixa os condutores eram convidados a levarem seus veículos ao Laboratório de Motores no Campus da UFMG, enquanto que com a Estação Móvel os veículos eram abordados em estacionamentos de shoppings, nos pátios da BHTRANS, em vias de tráfego e em praças públicas.

Previamente à inspeção, a documentação do veículo era solicitada para identificação e registro de informações no software desenvolvido pela Napro Eletrônica Industrial LTDA [13], de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA Nº 7 de 1993. No caso dos veículos bi-combustíveis essa opção era também registrada e, neste caso, eram realizadas duas medições das emissões de gases poluentes sendo uma para cada combustível.

A inspeção da condição de manutenção dos níveis de emissão dos veículos leves do ciclo Otto constava da inspeção visual, da medição do ruído emitido nas proximidades do escapamento e, ainda, da medição da diluição – % (CO + CO₂) – e das concentrações de monóxido de carbono e hidrocarbonetos presentes nos gases de exaustão. Para os veículos a diesel além da inspeção visual e da medição da emissão de ruído era realizado o teste de medição do índice de fumaça (opacidade) dos gases de escapamento.

Na inspeção visual dos veículos leves a gasolina, a álcool e/ou a GNV, são verificados os itens: estabilidade de funcionamento do motor; vazamentos aparentes (água, óleo lubrificante e combustível); avarias no sistema de escapamento e emissão de fumaça visível. Para os veículos a diesel é verificado ainda se há ocorrência de emissão de fumaça azul e de violação aparente do lacre da bomba injetora de óleo diesel.

Para avaliação de uma possível relação entre o estado geral de manutenção do veículo e a condição de manutenção dos índices de emissão de poluentes e de ruído, as informações sobre o estado de conservação dos pneus, lataria, pára-choques, faróis, lanternas, e retrovisores foram anotadas em um questionário padrão elaborado para atender as necessidades do Projeto.

Informações sócio-econômicas (idade, sexo, estado conjugal, nível de instrução, nível de renda mensal), de quilometragem semanal rodada, das principais vias de circulação e o local de residência dos condutores foram também obtidas com o preenchimento do questionário durante a execução da inspeção do veículo. Como o período de realização das inspeções é relativamente curto, em torno de 15 minutos, foi necessário elaborar um questionário com poucas questões e preferencialmente com questões fechadas. O modelo do “Questionário Padrão” é apresentado no Anexo II.

As análises das concentrações de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e diluição nos gases de escapamento dos veículos leves do ciclo Otto foram realizadas utilizando analisadores infra-vermelho PC-Multigás, fornecidos pela Napro Eletrônica Industrial LTDA. Para a Estação Móvel foi adquirido o analisador de 4 gases automotivos: CO, CO₂, HC e O₂ e para a Estação Fixa foi adquirido o de 4 gases mais a opção adicional

de análise do NO_x . A Figura 3 mostra foto do analisador PC-Multigás. Os gases de exaustão eram coletados através de uma sonda colocada no interior do cano de descarga do veículo e levados até o analisador.



Figura 3 - Analisador infra-vermelho PC-Multigás

Os índices de fumaça ou opacidade dos gases emitidos pelos veículos a diesel foram obtidos utilizando opacímetros de fluxo parcial, fabricados pela Sensors, modelo: LCS2100, com comprimento do caminho óptico de 364 mm (Figura 4). Durante o procedimento a fumaça é coletada, através de uma sonda que é introduzida no cano de descarga do veículo, e levada até a câmara de medição que contempla a fonte emissora de luz de alta intensidade e um detector.



Figura 4 - Foto de um dos opacímetros do Projeto

Para medição de ruído foram utilizados analisadores de nível de pressão sonora, ou sonômetros, mais conhecidos como decibelímetros, da marca Bruel & Kjaer, modelo 2232, sendo um instalado na Estação Fixa e o outro na Estação Móvel. A Figura 5 mostra fotos do decibelímetro e seus acessórios (microfone, protetor de vento e suporte).

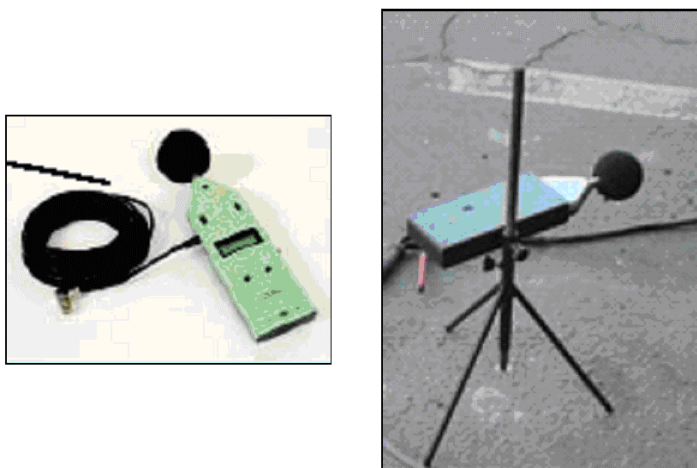


Figura 5 - medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro)

Os equipamentos de medição das emissões de gases, opacidade e ruído, assim como os sensores de rotação, de velocidade do vento e de temperatura do motor foram acoplados a micro computadores que fazem parte das estações de inspeção de emissões veiculares (Fixa e Móvel). Os equipamentos da Estação Móvel foram instalados na parte traseira de um veículo tipo furgão, conforme mostrado nas Figuras 6 e 7. Foram ainda instaladas no veículo duas baterias elétricas que, carregadas durante a noite, permitiam autonomia de alimentação de energia para funcionamento do sistema de medição durante o dia.



Figura 6 - Foto externa da Estação Móvel



Figura 7 - Foto dos equipamentos instalados na parte traseira do veículo da Estação Móvel

A Estação Fixa contempla, além dos equipamentos e dos sensores necessários para realização das inspeções das emissões gases poluentes, fumaça e ruído, 2 dinamômetros sendo um de rolos e o outro de bancada. A estimativa da emissão de poluentes por um veículo deve ser feita a partir de dados obtidos em medições realizadas em condições simuladas de funcionamento em vias de tráfego semelhantes às de utilização do mesmo. Assim, a temperatura do ambiente onde o veículo é ensaiado, as velocidades do veículo (ou do motor), as cargas aplicadas em diferentes regimes de trabalho e os transientes envolvidos nas diferentes condições de uso, devem ser cuidadosamente reproduzidas em laboratório para que os resultados reflitam a realidade do trânsito na região em estudo. Esses testes são realizados através da colocação do veículo em um dinamômetro de rolos (ou do motor em um dinamômetro de bancada) que impõe diferentes condições de carga no motor. O operador aciona o veículo (ou opera o motor) de acordo com um ciclo padrão que determina as condições de velocidade. Durante o ensaio, os poluentes emitidos são coletados e analisados qualitativa e quantitativamente.

A Figura 8 mostra foto dos equipamentos de análise das emissões de gases, ruído e de índice de fumaça (opacidade) e demais sensores instalados no rack que faz parte dos equipamentos da Estação Fixa.



Figura 8 - Equipamentos de inspeção de emissões da Estação Fixa

Fotos dos dinamômetros de rolos e de bancada da Estação Fixa, em fase final de montagem no Laboratório de Motores do Departamento de Engenharia Mecânica no Campus da UFMG, são apresentadas nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

Apresenta-se a seguir a descrição da escolha dos locais de inspeção, do gerenciamento dos dados obtidos via “Questionário” e dos procedimentos de inspeção utilizados para veículos leves ciclo Otto, veículos pesados ciclo Diesel e também dos automóveis táxis de Belo Horizonte.



Figura 9 - Fotos do dinamômetro de rolos em fase final de montagem no Laboratório de Motores do Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG



Figura 10 - Fotos do dinamômetro de bancada em fase final de montagem no Laboratório de Motores do Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG

4.1. Locais de Inspeção

Os bairros de Belo Horizonte apresentam diferentes níveis de renda, conforme pode ser visualizado no “Mapa de Renda Média do Chefe de Família por Bairro de Belo Horizonte”, apresentado na Figura 11. Esses bairros são agrupados pela Prefeitura nas

Regiões Administrativas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova [14]. As inspeções foram realizadas em praças, estacionamentos de shoppings e nas principais vias de acesso aos bairros de cada Região Administrativa.

O estado de conservação de veículos automotores em uso depende do interesse e, provavelmente, das condições financeiras do proprietário em efetuar a manutenção recomendada pelo fabricante. Com base nessa hipótese, espera-se que a porcentagem de aprovação dos veículos esteja associada às características sócio-econômicas das regiões de cada município, ou seja, espera-se uma alta porcentagem de aprovação para regiões que apresentem nível sócio-econômico elevado devido tanto à condição do proprietário em realizar as manutenções programadas quanto de adquirir veículos mais novos.

Os locais de inspeção foram definidos de forma espacialmente distribuída de forma a possibilitar uma possível correlação entre as condições distintas de manutenção, dentre os diversos estratos de veículos da frota (automóveis, ônibus e caminhões) por ano de fabricação e as características socioeconômicas da população das Regiões Administrativas.

Visando uma melhor compreensão do estado de conservação dos veículos de Belo Horizonte, o Projeto de Inspeção Veicular incorporou um estudo sobre o perfil do proprietário ou condutor dos veículos, paralelamente à medição do nível de emissão de poluentes, especificamente monóxido de carbono e hidrocarbonetos (para veículos a gasolina, álcool e gás), opacidade (para veículos a diesel). Esse estudo foi realizado através das informações obtidas na aplicação dos questionários que contém, além de características do estado de conservação dos veículos, características sociais e econômicas do proprietário ou condutor.

A distribuição espacial dos endereços dos proprietários de veículos no município de Belo Horizonte permite a obtenção de estatísticas espaciais que poderão inferir, com maior precisão, as características dos demais veículos cadastrados no Departamento de Trânsito de Minas Gerais – DETRAN/MG no município de Belo Horizonte, que não foram amostrados.

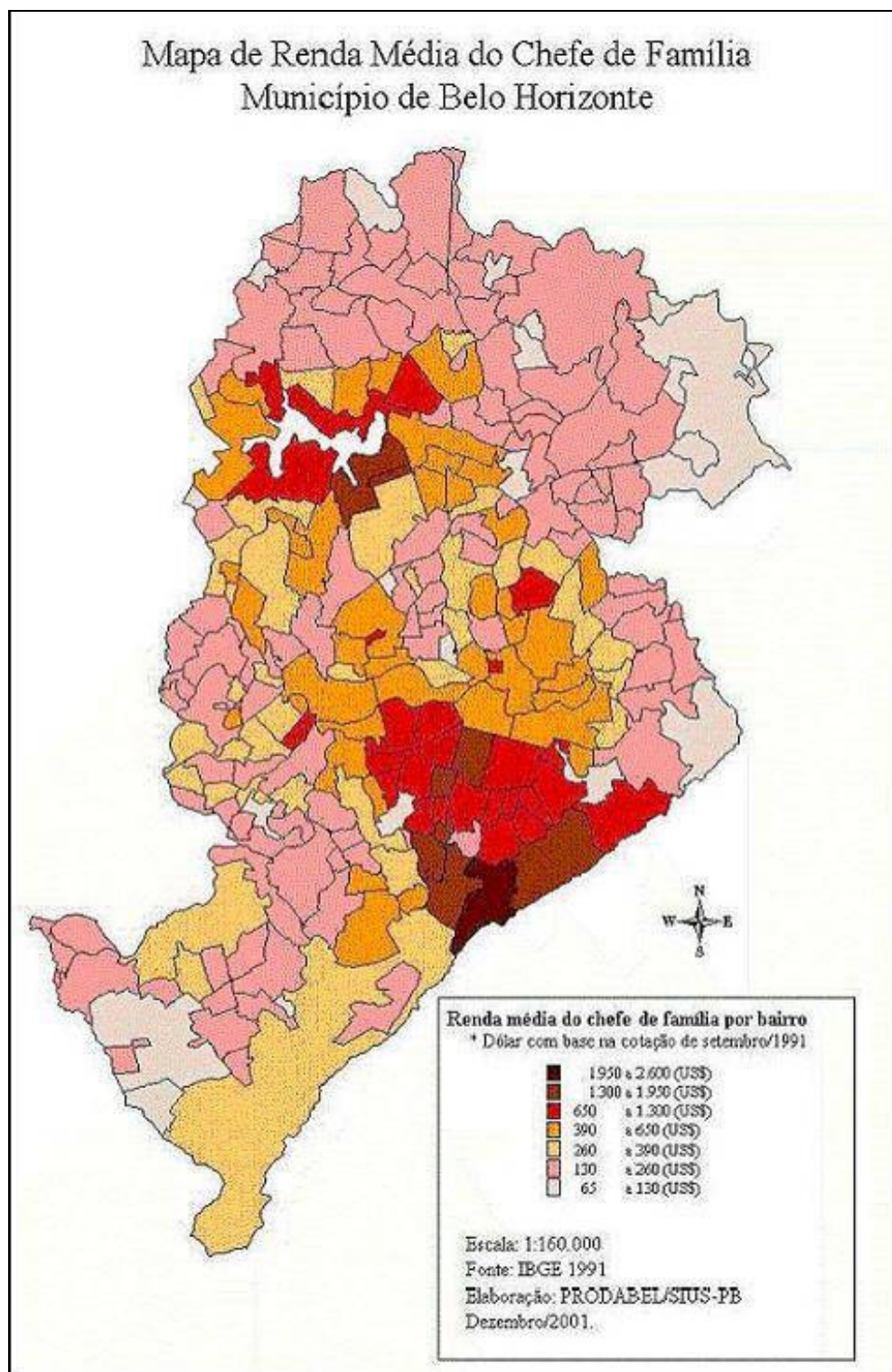


Figura 11 - Mapa de renda média do chefe de família de Belo Horizonte

4.2. Base de Dados

O software utilizado para análise das medições obtidas pelos analisadores de gases, opacímetros e decibelímetros foi desenvolvido pela Napro Eletrônica Industrial Ltda, sediada em Diadema, São Paulo [13]. Todas as informações são armazenadas nos computadores instalados nas estações Fixa e Móvel que permitem a impressão do relatório de inspeção do veículo para cada condutor, bem como a conversão dos dados armazenados para o formato texto que pode ser utilizado em software específico para análise estatística, como por exemplo, EXCEL, MINITAB ou SPSS.

As informações obtidas através do “Questionário” utilizado para avaliação do estado de conservação do veículo, quilometragem rodada e condição socioeconômica do condutor (Anexo II) são armazenadas posteriormente em um banco de dados, planilha Excel da Microsoft, de fácil manuseio e que permite uma ampla variedade de formatos para exportação dos dados.

A distribuição espacial dos endereços dos entrevistados é obtida através de consulta do campo “endereço” à base georreferenciada de logradouros, disponibilizada pela Prefeitura de Belo Horizonte. Consulta semelhante sobre o nível de ruído em Belo Horizonte foi realizada com êxito pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente [7].

A conexão entre os dois bancos de dados é possível através do campo Placa do Veículo que funcionará como um identificador único para essas bases de dados. As placas e as identidades dos condutores serão mantidas em sigilo pelas instituições envolvidas no projeto.

4.3. Inspeção da Emissão de Gases Poluentes por Veículos Ciclo Otto

As inspeções das emissões, no âmbito do Projeto, são realizadas de forma voluntária, gratuita e não punitiva. As fotos da Figura 12 mostram situações de inspeção de automóveis em vias públicas utilizando a estação móvel.



Figura 12 - Inspeção de emissões de automóveis nas vias de Belo Horizonte

4.3.1. Procedimento de Inspeção de Veículos Ciclo Otto

Inicialmente a documentação do veículo era solicitada para identificação e registro das informações: ano de fabricação, ano-modelo, tipo de combustível ou de combustíveis, código RENAVAN, número do Chassi. Essas informações e ainda a quilometragem rodada, as rotações de marcha lenta e de potência máxima, o limite máximo de emissão de ruído eram registradas. Para veículo bi-combustível o programa solicitava duas medições consecutivas, uma para cada combustível.

Em seguida realizava-se a inspeção visual onde se verificava a condição geral de manutenção do veículo, em especial dos itens relacionados com o sistema de alimentação de combustível e de descarga dos gases de exaustão do motor. Se qualquer um dos itens: emissão de fumaça visível, vazamentos aparentes e/ou avarias no cano de descarga era verificado o veículo era **reprovado** e a inspeção finalizada.

Para os veículos aprovados na inspeção visual a vareta de verificação do nível de óleo do motor era substituída pela sonda de medição da temperatura e um medidor de rotação “RPM universal” ou “por indução” era utilizado para medição da velocidade angular do motor. Antes da análise dos gases de escapamento era feita a descontaminação do óleo do cárter mediante aceleração, com veículo parado, em velocidade angular constante de aproximadamente 2500 rpm, sem carga e sem uso de afogador, durante 30 segundos. Após a descontaminação a sonda de captação dos gases era introduzida no cano de descarga e realizam-se as medições dos níveis de concentração de CO, HC e de diluição a 2500 rpm \pm 200 rpm e em marcha lenta na temperatura normal de trabalho do motor.

Os resultados obtidos eram comparados com os limites máximos estabelecidos pelo PROCONVE e dessa forma os veículos eram aprovados ou reprovados. A Resolução CONAMA Nº 7 de 1993 estabelece como condição para aprovação na inspeção de veículo leve ciclo Otto uma diluição mínima (CO + CO₂) de 6% e limites de emissão de CO e HC nos gases de escapamento conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites máximos de emissão de CO e HC para fins de inspeção de veículos leves ciclo Otto em circulação

Ano/modelo	Monóxido de carbono (CO) Marcha Lenta e a 2500 rpm	Hidrocarbonetos (HC) Marcha Lenta e a 2500 rpm	
	Limites (% vol)	Gasolina	álcool
Até 1979	6,0	700 ppm	1.100 ppm
1980 -1988	5,0		
1989	4,0		
1990 -1991	3,5		
1992 -1996	3,0		
a partir de 1997	1,0		

Fonte: Resolução CONAMA 07/1993

Se os valores medidos de CO e HC não atendiam aos limites era realizada uma segunda descontaminação, nas mesmas condições da primeira mas por um período de tempo maior de 180 segundos, e novas medições de CO, HC e diluição eram realizadas.

Ao final da inspeção os condutores dos veículos recebiam o Relatório de Inspeção constando o resultado: APROVADO OU REPROVADO e os níveis de emissão de cada poluente analisado (Anexo III). Os veículos aprovados tiveram o “selo azul” fixado no pára-brisa dianteiro contendo os seguintes dizeres: “eu ajudo a manter o ar limpo - veículo ok”, apresentado no Anexo IV. Durante as inspeções foram também distribuídos folders educativos contendo informações sobre o projeto de inspeção de emissões veiculares (Anexo V).

4.3.2. Metodologia de Análise dos dados - Veículos Ciclo Otto

Para a análise dos resultados das inspeções das emissões de CO e HC os veículos foram agrupados em faixas de ano de fabricação definidas em função dos prazos de vigência dos limites máximos de emissão estabelecidos para os veículos novos. Dessa forma procurou-se evitar uma comparação de resultados de emissões de veículos fabricados em condições de desenvolvimento tecnológico muito diferenciadas. A Tabela 2 apresenta os limites máximos de emissão de CO, HC e NO_x, assim como de hidrocarbonetos do tipo não metano (NMHC), estabelecidos segundo as fases de implantação do PROCONVE para fins de homologação dos veículos leves ciclo Otto.

Tabela 2 - Limites máximos de emissão de CO e HC para veículos leves novos com motores do ciclo Otto

Fases do PROCONVE	Início	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	NMHC (g/km)
Fase L-I	19/6/1988	24,0	2,1	2,0	-
Fase L-II	1/1/1992	12,0	1,2	1,4	-
Fase L-III	1/1/1997	2,0	0,3	0,6	-
Fase L-IV	1/1/2007	2,0	0,3	0,25	0,16
Fase L-VII	1/1/2009	2,0	0,3	0,12	0,05

Fonte: Resoluções CONAMA N°18 de 1986 e N° 315 de 2002; NMHC - hidrocarbonetos não metano.

O primeiro grupo é formado pelos veículos fabricados até 1988, considerando que, até então, não havia qualquer exigência de controle das emissões de CO e HC. Os demais grupos, que contemplam os veículos fabricados nos períodos de 1989 a 1991, 1992 a 1996 e 1997 a 2003, foram agrupados considerando, para cada grupo, o mesmo limite máximo de emissão para homologação, ou seja, uma mesma fase de desenvolvimento tecnológico. Os veículos fabricados em 2004 e 2005, apesar de estarem sujeitos aos mesmos limites de emissão que os fabricados de 1997 a 2003, foram analisados como um grupo separado por ainda estarem no período de garantia de manutenção das condições de emissão pelas montadoras.

Para definição do tamanho e composição da amostra representativa da frota de veículos leves do ciclo Otto da frota de Belo Horizonte foi necessário obter as características dos veículos licenciados por ano de fabricação. Em agosto de 2005, por solicitação da Promotoria de Justiça de Defesa do Meio Ambiente do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, o DETRAN/MG disponibilizou para a FEAM o relatório de dados de caracterização de toda frota de Belo Horizonte: por categoria de uso, ano de fabricação e combustível. O número de veículos leves ciclo Otto da frota de Belo Horizonte, por faixa de ano de fabricação, é mostrado no Tabela 3.

Tabela 3 - Frota de veículos leves ciclo Otto de Belo Horizonte

Ano de fabricação	nº de veículos
Até 1988	161.771
1989 - 1991	39.520
1992 - 1996	137.695
1997 - 2003	259.367
2004 - 2005	93.410
Total	691.763

Fonte DETRAN/MG agosto de 2005

O tamanho da amostra para cada grupo de veículos foi definido pelo Método de Amostragem Aleatória Simples, considerando distribuição normal com nível de confiança de 95% e erro de estimação “d”. O tamanho da amostra foi calculado pela equação:

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)(d/1,96)^2 + \sigma^2}$$

onde “n” é o tamanho da amostra, “N” é o número total de veículos, “σ” é o desvio padrão populacional e “d” o erro de estimação [15].

A partir da análise das medias, desvios padrão e coeficientes de variação dos resultados das 15 primeiras medições das emissões de CO e HC para cada grupo de veículos, optou-se por um erro de estimação “d”, correspondendo a 25% dos limites de emissão para cada faixa de ano de fabricação. Considerou-se neste caso que o parâmetro de medição (CO ou HC) na condição de teste (2500 rpm ou Marcha Lenta) com maior coeficiente de variação definiria o tamanho da amostra em cada grupo. A Tabela 4 apresenta tamanho e composição da amostra de veículos leves ciclo Otto da Frota de Belo Horizonte, por faixa de ano de fabricação.

Tabela 4 - Tamanho e composição da amostra de veículos ciclo Otto de Belo Horizonte

Ano de Fabricação	Número de veículos
Até 1988	70
1989 - 1991	49
1992 - 1996	49
1997 - 2003	57
2004 - 2005	2
Total	227

4.4. Inspeção das Emissões dos Veículos Ciclo Diesel

Na Figura 13 são apresentadas fotos ilustrando os trabalhos de campo de inspeção da emissão de opacidade por caminhões a diesel da frota de Belo Horizonte.



Figura 13 - Inspeção de emissão de opacidade de caminhões a diesel de Belo Horizonte

4.4.1. Procedimento de Inspeção de Veículos Ciclo Diesel

As inspeções foram realizadas seguindo os procedimentos de avaliação do índice de fumaça (opacidade) de veículos automotores do ciclo Diesel em uso pelo método de aceleração livre, conforme Norma Brasileira NBR 13037, de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA Nº 251 de 1999. Dessa forma as inspeções foram realizadas em três etapas: primeiramente eram realizadas as inspeções visuais para verificação da estabilidade de funcionamento dos motores, vazamentos aparentes, violações aparentes dos lacres das bombas injetoras e alterações nos sistemas de escapamento e de admissão de ar, bem como se os veículos apresentavam emissão de fumaça azulada (partículas de carbono, óleo lubrificante e combustível parcialmente queimado). Na identificação de qualquer uma dessas irregularidades, os veículos eram **reprovados** e as inspeções finalizadas.

Para os veículos aprovados nas inspeções visuais, o teste seguinte era o de rotação, necessário para manter a integridade mecânica do motor. Para medição das rotações de marcha lenta e de máxima livre era utilizado o medidor de rotação “RPM universal”,

fabricado pela MAHA, que estabelece a rotação a partir do ruído emitido pelo motor. Nos locais onde o ruído de fundo estava interferindo na medição era utilizado um sensor indutivo acoplado ao tubo de um dos bicos injetores.

Os testes de rotação eram realizados sempre em condições normais de operação dos motores, em marcha lenta e em seguida os motores eram acelerados lentamente até atingirem rotação máxima livre certificando-se de sua estabilidade na faixa recomendada pelo fabricante. Quando ocorria alguma anormalidade durante a aceleração, os motores eram desacelerados e os veículos **reprovados**. Caso contrário, a velocidade angular de marcha lenta e a velocidade angular máxima livre eram registradas. Quando as velocidades encontradas estavam fora da faixa recomendada pelo fabricante, respeitando uma tolerância de ± 100 rpm, os veículos eram **reprovados**.

Segundo a Norma ABNT N° 13.037, um veículo aprovado na inspeção visual e no teste de rotação está apto a fazer o teste de medição do índice de fumaça (opacidade) do gás de escapamento utilizando opacímetro.

O teste de opacidade para um veículo a diesel deve ser realizado como segue: o motor em marcha lenta era acelerados de modo contínuo e rápido até atingir o final do curso do acelerador atingindo a rotação máxima livre do motor. A posição final do acelerador era mantida por um tempo máximo de 5 segundos até o programa registrar o valor da opacidade. Em seguida soltava-se o acelerador e aguardava-se até que o motor estabilizasse na rotação de marcha lenta e o programa solicitasse nova aceleração para realização da próxima medida. O procedimento era repetido por no máximo 10 vezes, registrando o valor máximo da opacidade apresentado em cada uma das seqüências. Ao término, o ensaio era validado verificando-se o zero do opacímetro com a sonda desconectada. De acordo com a Norma, as três primeiras medições eram descartadas automaticamente pelo programa que considerava como válidas apenas as quatro medições consecutivas cuja diferença entre o valor máximo e o valor mínimo era menor ou igual a $0,25 \text{ m}^{-1}$ e cujos valores não estavam em ordem decrescente. O resultado final do ensaio era a média aritmética dos quatro valores consecutivos válidos.

Ao final da inspeção os condutores dos veículos recebiam o Relatório de Inspeção constando o resultado: APROVADO OU REPROVADO e os resultados dos testes de inspeção visual, de rotação e da emissão de fumaça (Anexo VI). Os veículos aprovados tinham o “selo azul” fixado no pára-brisa dianteiro. Os condutores dos veículos aprovados, assim como dos veículos reprovados recebiam ainda um folder educativo sobre o projeto de inspeção de emissões veiculares (Anexo V).

4.4.2. Metodologia de Análise dos dados - Veículos Ciclo Diesel

Para aprovação dos veículos nas inspeções previstas nos Programas de I/M o resultado final do teste de opacidade deve ser menor ou igual ao limite máximo declarado pelo fabricante, para os veículos fabricados a partir de 1996, e aos limites máximos estabelecidos na Resolução N° 251 de 1999, para os veículos fabricados até 1995.

Para análise dos resultados, os veículos foram agrupados em 5 faixas de ano de fabricação: até 1987, 1988-1993, 1994-1995, 1996-1999, 2000-2003. Essas faixas foram definidas em função da introdução e redução gradativa dos limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para motores destinados a veículos pesados novos a diesel definidos pelo PROCONVE, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Fases de implantação e de redução gradativa dos limites emissão definidas pelo PROCONVE para veículos pesados novos a diesel

Fases	Atendimento	Frota Alvo	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	Partículas (g/kWh)	Fumaça (m ⁻¹)
P-I	1/10/1987	ônibus urbano	-	-	-	-	2,5
	1/1/1989	todos os veículos					
P-III	1/1/1994	veículos importados	4,9	1,23	9,0	0,7/0,4	
	1/3/1994	80% ônibus urbanos					
P-II			20% ônibus urbanos	11,2	2,45	14,4	
	20% veículos						
P-III	1/1/1996	80% veículos	4,9	1,23	9,0	0,7/0,4	
		20% ônibus urbanos					
P-IV	1/1/1998	80% ônibus urbanos	4,0	1,10	7,0	0,25/0,15	
		veículos importados					
P-III	1/1/2000	80% veículos	4,9	1,23	9,0	0,7/0,4	
		20% veículos					
P-IV	1/1/2002	Todos os veículos	4,0	1,10	7,0	0,15	-

Fonte: Resoluções CONAMA Nº 18/1986, 8/1993 e 315/2002

Para os veículos a diesel fabricados até 1987 não havia nenhuma exigência de controle de emissão de poluentes atmosféricos, enquanto que os veículos das outras faixas foram fabricados em conformidade com a redução gradual dos limites de emissão definidos pelo CONAMA [16]. A análise dos dados por faixas de ano de fabricação, da mesma forma que para os veículos leves, se justifica para evitar a análise conjunta das emissões de veículos produzidos em diferentes condições de desenvolvimento tecnológico.

O tamanho da amostra foi estimado para cada grupo de veículos através do Método de Amostragem Aleatória Simples, considerando distribuição normal, nível de confiança de 95% e erro de estimação “d”. O tamanho amostral foi calculado pela equação de MINGOTI, 2005 [15]. O número de veículos pesados a diesel licenciados em Belo Horizonte, em função do ano de fabricação, foi disponibilizado pelo DETRAN/MG em agosto de 2005. O número total de ônibus, microônibus e caminhões por faixa de ano de fabricação são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Veículos pesados a diesel da frota de Belo Horizonte por faixa de ano de fabricação

Ano de fabricação	ônibus	microônibus	caminhão	Cavalo-trator	Total
até 1987	1099	67	10688	605	12459
1988 a 1993	1066	101	3532	505	5204
1994 a 1995	431	295	1803	300	2829
1996 a 1999	1663	1115	3428	400	6606
2000 a 2004	1769	1062	3617	598	7046
Total	6028	2640	21283	2408	34144

Fonte: DETRAN/MG agosto de 2005

Analisando os coeficientes de variação dos valores de opacidade medidos para os primeiros 15 veículos inspecionados, optou-se por um erro de estimação “d”, correspondente a 25% dos limites de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 251 de 1999. Foi considerado nesta análise o limite de opacidade de $2,5 \text{ m}^{-1}$ como valor de referência para todas as faixas de ano de fabricação, ou seja, definiu-se por um erro de estimação de até $0,625 \text{ m}^{-1}$ que corresponde a 25% de $2,5 \text{ m}^{-1}$. A Tabela 7 mostra o tamanho e composição definidos para a amostra.

Tabela 7 - Tamanho amostral definido para veículos pesados a diesel

Fase do PROCONVE	Ano de fabricação	Número de veículos
-	Até 1987	6
P- I	1988-1999	53
P- II	1994-1995	17
P- III	1996-1999	20
P- IV	2000-2003	10
Total	-	106

4.5. Inspeção das Emissões de Gases Poluentes pela Frota de táxis.

Os veículos leves, por serem em maior número, fazem parte das principais fontes de emissão de poluentes nos grandes centros urbanos. Dentre eles destacam-se os táxis que, por integrarem a chamada “frota de uso intenso”, merecem especial atenção quanto a sua manutenção, não só com relação aos itens de segurança, mas também com relação à condição de manutenção dos índices de emissão de poluentes. Os táxis estão em constante circulação, rodam em média 250 km/dia durante pelo menos 22 dias por mês, enquanto os automóveis particulares rodam em torno de 200 km/semana [18]. Pode-se considerar que um automóvel táxi lança na atmosfera de Belo Horizonte uma carga de poluentes de cerca de 6 vezes a de um automóvel particular em condições idênticas de emissão. A Figura 14 mostra fotos tiradas durante inspeção de um automóvel táxi.



Figura 14 - Inspeção de um automóvel táxi no centro de Belo Horizonte

A frota de táxi de Belo Horizonte é fiscalizada e gerenciada pela Empresa de Transportes e Transito de Belo Horizonte – BHTRANS. Essa frota, com mais de 6 mil automóveis, é relativamente nova, com idade média de 3,8 anos [19]. Uma parcela significativa da frota (36,0%), é bi-combustível e para esses veículos as inspeções das emissões são realizadas em duas etapas. São medidas as concentrações CO, HC e diluição com o motor funcionado com GNV e em seguida com o motor funcionado a gasolina ou a álcool. Para realização das inspeções foi utilizada a metodologia definida pelo CONAMA para veículos leves do ciclo Otto já descrita no item 4.3.1. As emissões acima dos limites para apenas um dos combustíveis já reprovava o veículo. Os veículos bi-combustível têm como característica a presença de dois reservatórios e um sistema que permite que o motor seja alimentado por um ou por outro combustível.

A grande maioria das inspeções de táxis foi realizada em junho de 2005 nos pátios da BHTRANS utilizando a Estação Móvel. Os taxistas tiveram a oportunidade de conhecer a condição de emissão de poluentes de seus veículos quando compareceram a BHTRANS para realização da vistoria semestral programada e obrigatória, de acordo com o Regulamento do Serviço de Transporte Público por Táxi no Município de Belo Horizonte de abril de 2005.

Ao final das inspeções os condutores dos automóveis táxis recebiam o Relatório de Inspeção constando o resultado: APROVADO OU REPROVADO e os índices de emissão de cada poluente para cada um dos combustíveis utilizados. Em atendimento às normas da BHTRANS, não foi possível a fixação do “selo azul”, com os dizeres “*eu ajudo a manter o ar limpo - veículo ok*”, no pára-brisa dos táxis, a exemplo do que é feito com o restante dos veículos da frota de Belo Horizonte inspecionada no âmbito do Projeto. Segundo normas da BHTRANS, os táxis não podem portar adesivos não regulamentados. Um modelo de relatório de inspeção das emissões de um automóvel táxi bi-combustível é apresentado no Anexo VII.

4.5.1. Metodologia de Análise dos dados – Automóveis Táxis

Todos os táxis da amostra foram fabricados após 1997 ficando, portanto, sujeitos a limites únicos de emissão de homologação por poluente, conforme pode ser verificado na Tabela 2, mostrada no item 4.3.2. Dessa forma considerou-se que todos foram fabricados sob condições de desenvolvimento tecnológico semelhantes e por esse motivo foram analisados em conjunto.

Para definição do tamanho da amostra representativa dos táxis da frota de Belo Horizonte foi disponibilizada pela BHTRANS uma planilha de dados do perfil dessa frota atualizada em 08 de julho de 2005. A planilha classifica os veículos quanto ao modelo, ano de fabricação e combustível utilizado [19].

O tamanho amostral foi definido pelo Método de Amostragem Aleatória Simples, considerando distribuição normal com nível de confiança de 95% e erro de estimação “d”. O tamanho da amostra foi calculado pela equação de MINGOTI, 2005 [15].

Também para a frota de táxi, a partir da análise das médias, desvios padrão e coeficientes de variação dos 15 primeiros resultados de inspeção das medições de CO e HC, foi definido um erro de estimação “d” de 25% dos limites de emissão. Dessa forma o tamanho amostral definido para a frota de táxi de Belo Horizonte foi de pelo menos 41 veículos.

4.6. Inspeção de Emissão de Ruído

A inspeção das emissões de poluentes por veículos no Brasil segue as resoluções do CONAMA e, no que diz respeito à poluição sonora, significa essencialmente as normas da ABNT: NBR N° 9714 e NBR N° 8438. A primeira determina as condições para se fazer a avaliação do ruído emitido quando o veículo se encontra estacionário e a segunda considera o procedimento com o veículo em movimento. Para um grande número de países onde a inspeção é rotineira há vários anos o veículo é normalmente avaliado para a condição em movimento, o que permite resultados mais precisos, principalmente quando se utiliza uma instrumentação mais sofisticada.

No Brasil a determinação dos órgãos de trânsito é que se efetue o teste rotineiro apenas na condição de veículo parado, principalmente em função das considerações: a instrumentação necessária é mais barata e de mais simples operação e não existe a necessidade de um local com pista especial. A inspeção na condição parado, utilizando um medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro) de boa qualidade e devidamente calibrado já identifica a grande maioria dos problemas.

O procedimento da norma ABNT 8438, por ser baseado em normas ISO, é basicamente o mesmo das normas utilizadas em muitos países, priorizando o ruído emitido pelo sistema de motorização do veículo realizando medições em velocidade abaixo da qual o ruído produzido pelo sistema de rolagem é significativo. O que se ganha, portanto, é uma melhor qualidade de resultados. Além disto os resultados obtidos na condição de veículo parado podem ser utilizados para a avaliação do veículo em

movimento, usando-se equações logarítmicas semelhantes àquela apresentada no item anterior.

Durante as inspeções realizadas no âmbito do Projeto, as medições do ruído emitido nas proximidades do escapamento dos veículos parados (NBR N° 9714) eram realizadas logo após a inspeção visual. Independente do nível de ruído medido, o motor, o sistema de escapamento, o sistema de admissão de ar, encapsulamento, barreiras acústicas e outros componentes do veículo que influenciam diretamente na emissão de ruído, não podem apresentar avarias ou estado avançado de deterioração.

Em seguida o ruído de fundo era medido com o motor desligado e na seqüência era feita a medição do ruído emitido nas proximidades do escapamento e a 3/4 da rotação de potência máxima do motor indicada pelo fabricante, sendo admitida uma variação máxima de ± 100 rpm. O Resultado, tanto para ruído emitido quanto para ruído de fundo, era a média de 3 repetições.

O decibelímetro era posicionado a 50cm de distância e a um ângulo de 45° do escapamento. Seguindo a Norma do decibelímetro era a mesma do escapamento com um valor mínimo de 0,2 metro. Um anemômetro era utilizado para medir da velocidade do vento no local, que tinha que ser inferior a 5m/s para dar prosseguimento à inspeção. A Figura 15 mostra foto do decibelímetro e do medidor de rotação “RPM universal” e a Figura 16 mostra uma foto do anemômetro.



Figura 15 - Foto do decibelímetro e do medidor de RPM universal



Figura 16 - Foto do anemômetro

A Figura 17 mostra possíveis posições do decibelímetro para medição de ruído nas proximidades do escapamento de veículos parados, conforme norma NBR 9714. Note-se que o microfone é posicionado de acordo com o tipo de cano de descarga instalado.

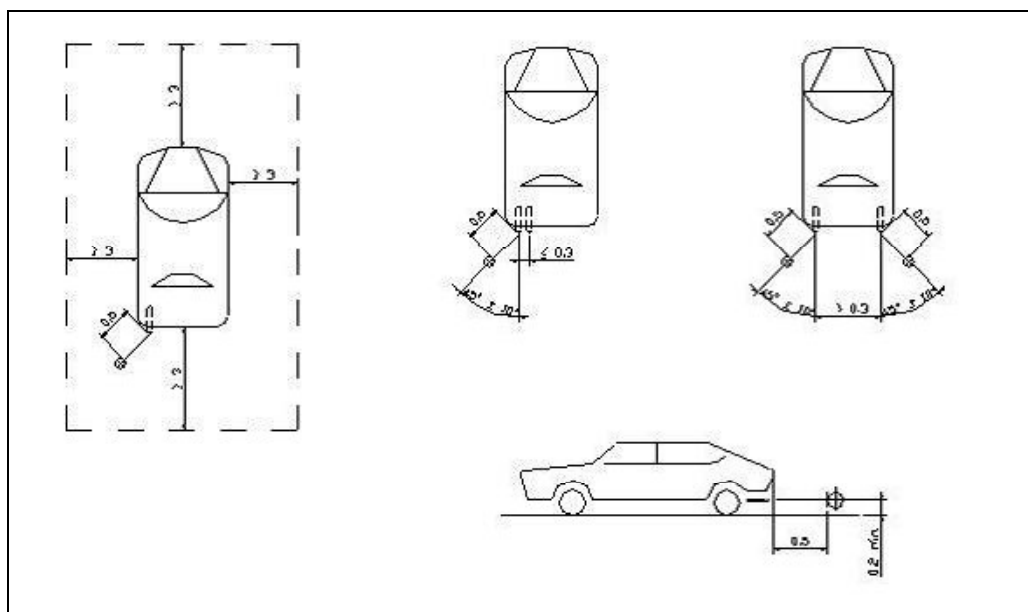


Figura 17 - Posições do medidor de ruído de acordo com NBR 9714

4.6.1. Metodologia de Análise dos Dados de Inspeção de Emissões de Ruído

Os resultados foram analisados por faixas de ano de fabricação dos veículos leves ciclo Otto, definidas em função das metas de redução dos níveis de emissão de ruído para veículos novos estabelecidas pelo PROCONVE. O limite máximo de emissão de ruído passou a ser exigido dos fabricantes a partir da publicação da Resolução do CONAMA N° 1 de 1993 e foi implantado de forma gradual segundo as datas de vigência: 1/1/1994, 1/1/1995 e 1/1/1997, para as porcentagens mínimas de conformidade dos veículos ciclo Otto de 20%, 50% e 100%, respectivamente. Dessa forma os veículos inspecionados foram separados por grupos, sendo o primeiro correspondente aos fabricados até 1993, quando até então não havia nenhuma exigência de controle dos níveis de emissão de ruído para veículos novos; o segundo pelos fabricados no período de 1994 a 1996, quando o limite máximo era exigido para parte da frota e o terceiro pelos fabricados a partir de 1997, quando o limite passou a ser exigido para toda a frota de veículos novos.

Para os veículos em circulação a Resolução CONAMA N° 252 de 1999 estabeleceu procedimentos de medição e limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento de veículos automotores para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso. Foram definidos os limites máximos de 95 dB(A) e 103 dB(A) para veículos com motores dianteiros e traseiros, respectivamente, fabricados até 1993 e para os veículos fabricados após 1994 o limite máximo de emissão é o indicado pelo fabricante (valor de homologação acrescido de 3dB(A)). Esta norma define também procedimentos de inspeção visual de problemas mecânicos dos dispositivos de controle de ruído, especialmente no sistema de escapamento.

Segundo a norma NBR N° 9714, para que os resultados das medições dos níveis de ruído emitidos pelos veículos possam ser considerados válidos o ruído de fundo deve ser no mínimo 10 dB(A) menor que o ruído emitido medido nas proximidades do escapamento e 3 medições consecutivas de ruído emitido não podem apresentar variação superior a 2 dB(A).

4.7. Distribuição Espacial dos Resultados

A partir do endereço fornecido pelo condutor ou proprietário dos veículos inspecionados, foram obtidas as coordenadas (latitude e longitude) de cada domicílio através do mapa de vias georreferenciadas do Município de Belo Horizonte disponível na Prefeitura. Essas coordenadas foram armazenadas em uma base de dados, tendo como referência a placa do veículo. Essa base foi conectada ao banco de resultados do projeto de inspeção veicular através da placa do veículo de forma que os resultados de inspeção pudessem ser incorporados. Após essa conexão, foi utilizado o software MapInfo para geração do mapa temático referente a aprovação ou reprovação dos veículos ciclo Otto da frota de Belo Horizonte.

5. Resultados e Análise

Os resultados das inspeções das emissões de veículos automotores da frota de Belo Horizonte, realizadas de junho de 2003 a novembro de 2005, são apresentados e analisados. Foram inspecionados 1523 veículos automotores: ônibus, microônibus, caminhões, automóveis e derivados de automóvel para transporte de carga. A Tabela 8 mostra o número de veículos inspecionados e reprovados, assim como a porcentagem de reprovação por tipo de motor, categoria de uso e tipo de combustível.

Tabela 8 - Veículos inspecionados e reprovados por tipo de motor, categoria de uso e tipo de combustível

	Categoria de uso	Combustível	Veículos inspecionados	Veículos reprovados	% Reprovação
Ciclo Otto	Automóveis e derivados	Gasolina	1007	356	35,3
		Álcool	196	116	59,2
sub-total			1203	472	39,2
Ciclo Diesel	Ônibus, micro-ônibus, caminhões e cavalo-trator	Óleo diesel	196	163	83,0
	pick-ups, vans, utilitários	Óleo diesel	124	110	88,7
sub-total			320	279	87,0
Total			1523	745	48,9

5.1. Emissões de Gases Poluentes pela Amostra de Veículos Ciclo Otto

Conforme apresentado na Tabela 9, o número mínimo de veículos a serem inspecionados foi calculado em 227, para obtenção de um intervalo de 95% de confiança para as emissões de poluentes da frota de veículos leves ciclo Otto de Belo Horizonte e um erro de estimação “d”, considerando que os dados apresentam Distribuição Normal. O erro de estimação “d” corresponde a 25% do limite máximo de emissão de monóxido de carbono ou de hidrocarbonetos. O número mínimo calculado foi de 227 veículos e foram inspecionados 1203, o que contribui para uma maior precisão na análise dos resultados.

Dentre esses 1203 veículos, o ano de fabricação variou de 1971 até 2005, sendo 1007 a gasolina e 196 a álcool. Como resultado geral das inspeções desses veículos tem-se que 472 (39,2%) foram reprovados, dos quais 356 a gasolina e 116 a álcool.

Tabela 9 - Tamanho amostral, veículos leves ciclo Otto inspecionados, reprovados visualmente e na medição de CO, HC e diluição nos gases de escapamento

Ano de Fabricação	Tamanho amostral calculado ¹	Total de veículos inspecionados	Veículos reprovados inspeção visual	Veículos reprovados CO, HC, diluição
Até 1988	70	206	80	69
1989-1991	49	106	30	60
1992-1996	49	346	57	98
1997-2003	57	499	37	41
2004-2005	2	46	0	0
Total	227	1203	204	268

1: Considerando Distribuição Normal e erro de estimação correspondente a 25% do limite máximo de emissão de poluentes por faixa de fabricação.

Para melhor entendimento da composição da amostra, a Tabela 10 apresenta o número de veículos inspecionados, reprovados visualmente e reprovados nas medições de gases poluentes e diluição, separados por combustível: gasolina e álcool.

Tabela 10 - Veículos leves a gasolina e a álcool reprovados visualmente e na medição de CO, HC e diluição

Ano de Fabricação	Inspeccionados		Reprovação visual		Reprovados CO, HC, diluição	
	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina	Álcool
Até 1988	91	115	41	39	36	33
1989-1991	75	31	24	6	43	17
1992-1996	315	31	52	5	83	15
1997-2003	486	13	36	1	41	0
2004-2005	40	6	0	0	0	0
Total	1007	196	153	51	203	65

O gráfico da Figura 18 mostra a porcentagem total de veículos leves ciclo Otto reprovados nas inspeções visuais, na medição de diluição e nas emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Pode-se verificar uma tendência de redução nas porcentagens de reprovação com a diminuição da idade dos veículos. Maiores porcentagens ocorreram para os veículos mais antigos, ou seja, fabricados até 1991. Do total de veículos reprovados (472) cerca de 50% (239 veículos) foram fabricados antes de 1992 quando, até então, não haviam sido implantadas tecnologias novas de controle de emissões, tais como injeção eletrônica e conversores catalíticos. Observa-se uma menor porcentagem de reprovação para os veículos fabricados até 1988 em relação aos fabricados de 1989 a 1991.

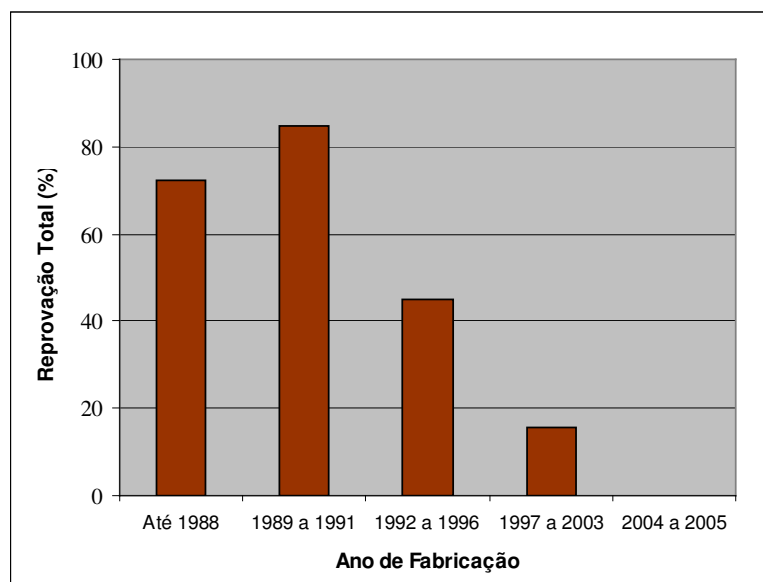


Figura 18 - Porcentagem total de reprovação de veículos leves ciclo Otto por faixa de ano de fabricação

5.1.1. Inspeção Visual

Foram reprovados nas inspeções visuais 204 veículos, aproximadamente 17% da amostra de veículos leves do ciclo Otto. O gráfico da Figura 19 apresenta as porcentagens de reprovação nessas inspeções por faixa de ano de fabricação dos veículos.

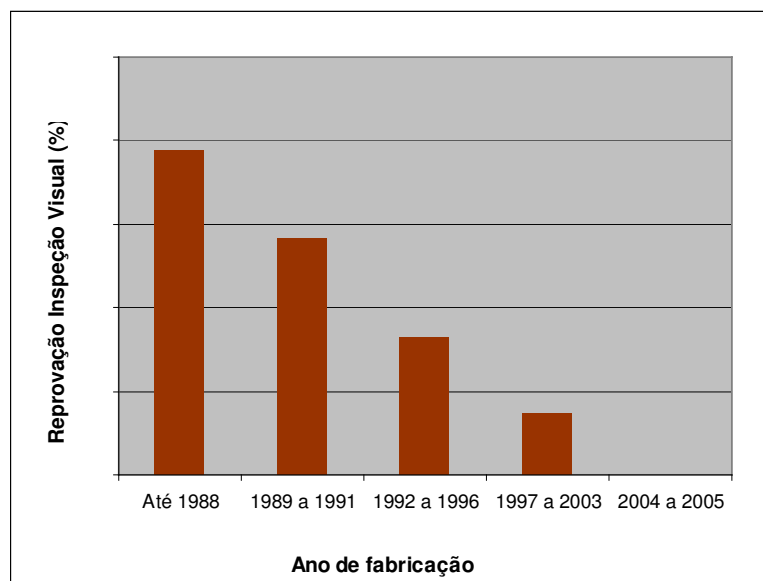


Figura 19 - Porcentagem de veículos leves ciclo Otto reprovados nas inspeções visuais

Conforme esperado, a maior porcentagem de reprovação nas inspeções visuais ocorreu para os veículos mais antigos, os fabricados até 1988, e foi de 38,9%. Para as demais faixas de ano de fabricação as porcentagens de reprovação foram 28,3%, 16,5%, 7,4% e 0% para 1989 a 1991, 1992 a 1996, 1997 a 2003 e 2004 a 2005, respectivamente.

5.1.2. Emissão de Gases poluentes

A Figura 20 mostra o gráfico das porcentagens totais de reprovação nos testes de medição de diluição e dos índices de emissão de CO e HC para os veículos aprovados na inspeção visual.

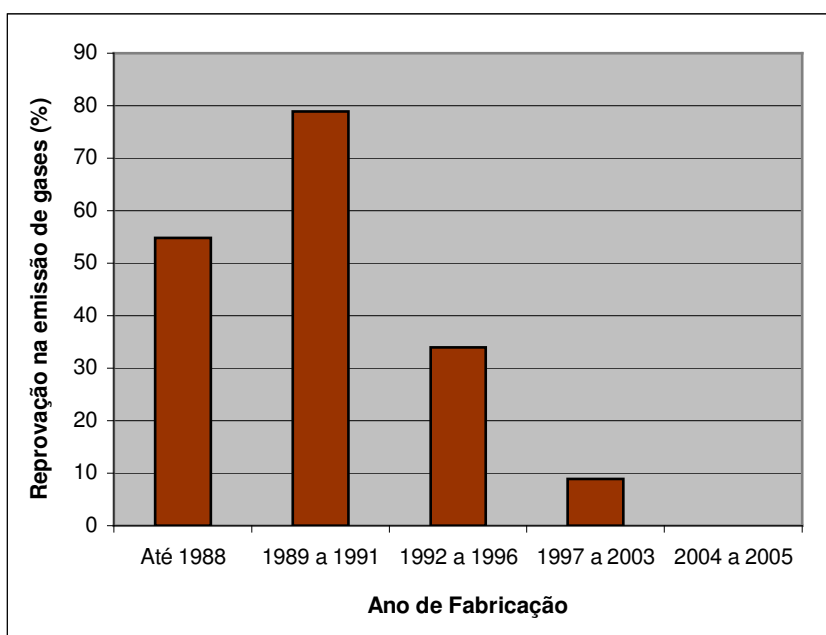


Figura 20 - Porcentagens de reprovação dos veículos leves ciclo Otto que realizaram os testes de medição de gases de escapamento

Da mesma forma que no gráfico da Figura 18, observa-se no gráfico da Figura 20 menor porcentagem de reprovação para os veículos fabricados até 1988 em relação aos fabricados de 1989 a 1991. Um dos fatores que pode ter contribuído para maior percentual de reprovação dos veículos dessa última faixa é a redução dos limites de emissão de CO para fins de reprovação nas inspeções, de 6,0% vol (até 1979) e 5% vol (1980 a 1988), para 4,0% vol (1989) e 3,5% vol (1990 a 1991), conforme mostrado na Tabela 1. Os limites máximos de CO foram reduzidos, mas medidas efetivas de controle de emissão de poluentes atmosféricos, como a utilização de injeção eletrônica e de catalisadores, só tiveram início em 1992. No período de 1988 a 1991 (Fase L-1 do PROCONVE) só foram aprimorados projetos de modelos já em produção [11].

As médias de diluição – $\%(\text{CO} + \text{CO}_2)$ – para os 1203 veículos leves inspecionados foram de 14,8% a 2500 rpm e de 14,5% em marcha lenta. Reprovações por diluição abaixo do valor mínimo estabelecido ocorreram somente para 4 veículos, sendo o único motivo de reprovação apenas para dois deles.

As médias dos níveis de emissão de CO medidos em velocidade angular de 2500 rpm e em marcha lenta, por faixa de ano de fabricação dos veículos são apresentadas no gráfico da Figura 21. Verifica-se uma redução dos níveis de emissão com a diminuição da idade dos veículos, tanto em marcha lenta quanto em 2500 rpm, com exceção dos fabricados de 1989 a 1991.

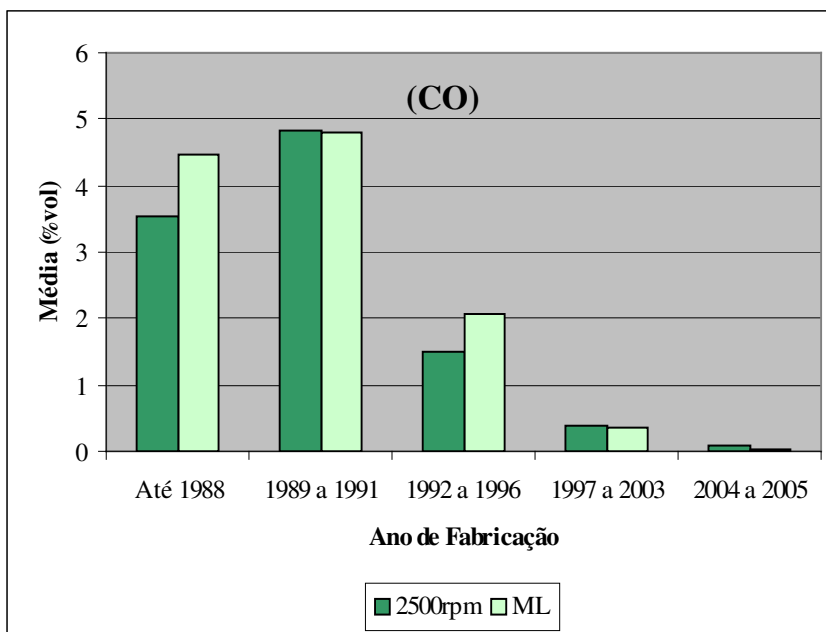


Figura 21 - Média das emissões de CO a 2500 rpm e em marcha lenta (ML) por faixa de ano de fabricação dos veículos.

Verifica-se para os veículos fabricados até 1988 uma maior emissão de monóxido de carbono em marcha lenta, com média de emissão de cerca de 4,5% vol, quando comparado com a 2500 rpm, que apresenta média de 3,5% vol. As médias obtidas para este grupo são inferiores aos limites definidos pelo PROCONVE para fins de reprovação em Programas I/M.

As médias de emissão de CO dos veículos fabricados de 1989 a 1991 estão próximas de 5% em volume, tanto a 2500 rpm quanto em marcha lenta. Os limites máximos de emissão para essa faixa correspondem a 3,5% em volume para os fabricados em 1989 e 4% em volume para os fabricados entre 1990 e 1991.

A comparação das Figuras 20 e 21 mostra que a tendência de aumento da porcentagem dos veículos reprovados com o aumento da idade dos veículos, com pico para os fabricados de 1989 a 1991, acompanha o aumento dos índices médios de CO

medidos. Isso significa que a reprovação dos veículos dessa faixa de ano de fabricação deve-se, em grande parte, ao aumento de emissão de CO.

O maior índice médio de emissão de CO para os veículos fabricados de 1989 a 1991, em relação aos fabricados até 1988, pode ser atribuído a um número maior de veículos a álcool nesse último grupo. Esse fato é consequência de maiores fatores de emissão de CO, assim como de HC, para os veículos novos a gasolina quando comparados com os veículos novos a álcool fabricados no mesmo período, como mostrado no Anexo VII. Para a faixa de ano de fabricação “até 1988” tem-se maior porcentagem de veículos inspecionados a álcool (56%) em relação aos veículos a gasolina (44%), enquanto que para a faixa de 1989 a 1991 essa relação se inverte, sendo 71% a gasolina e 29% a álcool. Nota-se ainda que os fatores de emissão de veículos a álcool fabricados de 1980 a 1988 são bem inferiores aos dos veículos a gasolina, com porcentagem de redução variando de 45,5% em 1980 a 28,2% em 1988.

Todos os fatores citados devem ter contribuído para o aumento dos índices médios de emissão de CO para os veículos fabricados de 1989 a 1991, aumentando a porcentagem de reprovação desse lote.

Já para os veículos fabricados nos períodos de 1992 a 1996 e 1997 a 2005, as médias de emissão estão abaixo dos limites máximos estabelecidos pelo PROCONVE que correspondem a 3% e 1% em volume, respectivamente.

As médias das emissões de hidrocarbonetos apresentadas na Figura 22 mostram claramente uma tendência de redução dessas emissões com a diminuição da idade dos veículos tanto em marcha lenta quanto a 2500 rpm.

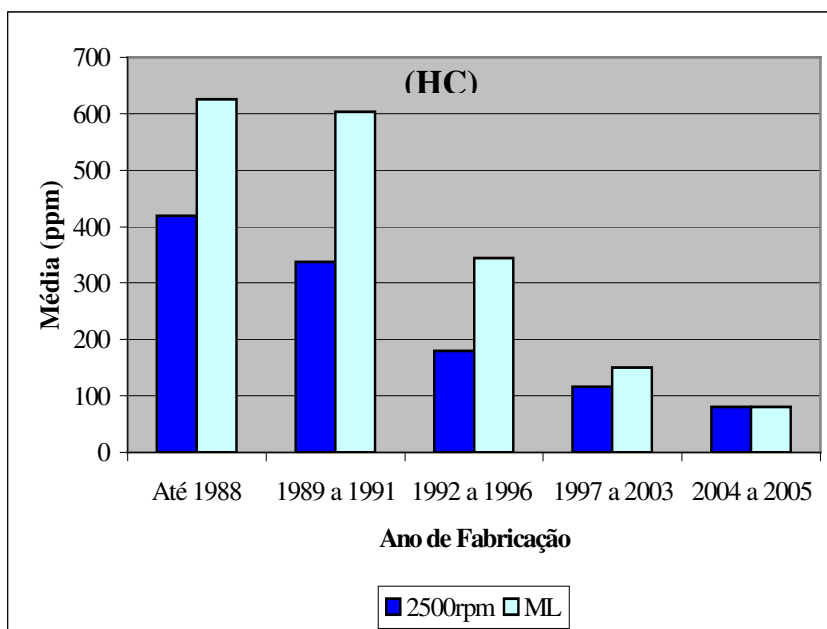


Figura 22 - Média das emissões de HC por faixa de ano de fabricação dos veículos.

As médias das emissões de HC em marcha lenta se apresentam mais altas que as médias a 2500 rpm para todos os veículos, exceto para os fabricados entre 2004 e 2005 onde se igualam. Para todos os veículos as médias de emissão de HC a 2500 rpm e em marcha foram inferiores aos limites máximos que correspondem a 700 ppm para veículos a gasolina e a 1100 ppm para veículos a álcool.

Como os valores das emissões de CO e HC são muito diferentes em escala numérica, a dispersão dessas emissões em torno das respectivas médias deve ser analisada pelo coeficiente de variação (CV).

Os gráficos da Figura 23 apresentam as médias e os coeficientes de variação para as emissões de CO por faixa de ano de fabricação dos veículos leves ciclo Otto. Os referidos coeficientes apresentam tendência de crescimento com a diminuição da idade dos veículos fabricados a partir de 1992, tanto em marcha lenta quanto a 2500 rpm. Para os veículos fabricados entre 1992 e 1996, que saíram de fábrica com catalisadores, acredita-se que os mesmos não foram substituídos o que justificaria esse aumento no CV. Já para os veículos fabricados a partir de 1997, valores de CV ainda mais altos se justificam considerando que o CV é definido como sendo o quociente entre o desvio padrão e a média e que as médias encontradas para as emissões de CO a partir de 1997 são menores que um (1% vol). Um CV mais alto indica que a distribuição em torno da média é maior, mas nesse caso as variações ocorrem a partir da primeira casa decimal dos valores de emissão.

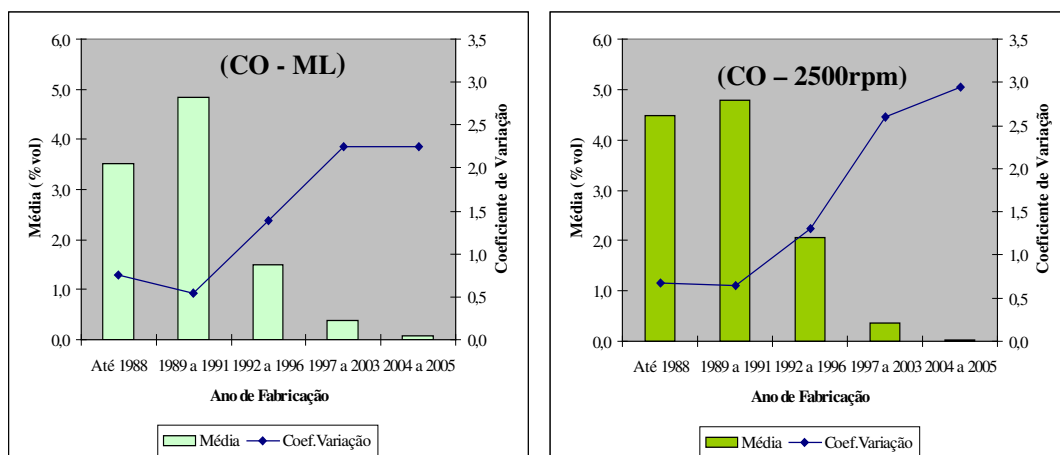


Figura 23 - Médias e coeficientes de variação das emissões de CO em marcha lenta e a 2500 rpm

Para as emissões de hidrocarbonetos, os gráficos da Figura 24 mostram picos nos valores de CV para os veículos fabricados até 1988 e de 1997 a 2003, em marcha lenta e a 2500 rpm. A variação nas emissões de hidrocarbonetos pelos veículos fabricados até 1988 é justificável uma vez que esses veículos foram fabricados sem qualquer exigência de controle de emissão de poluentes. Já para os veículos fabricados no período de 1997

a 2003 esses resultados indicam manutenção inadequada e falta de reposição de catalisadores.

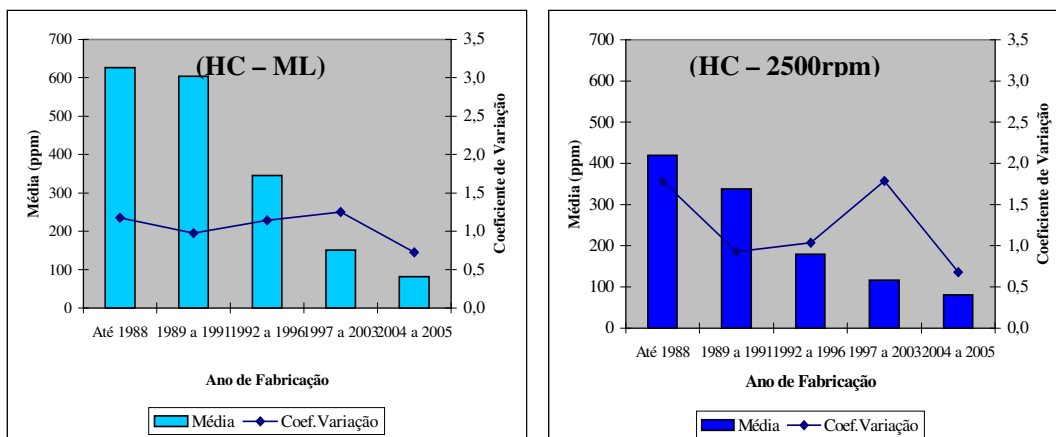


Figura 24 - Média e coeficiente de variação da emissão de HC em marcha lenta e a 2500 rpm

5.2. Emissões de Opacidade pela amostra de Veículos Ciclo Diesel

Foram inspecionados 320 veículos a diesel dos quais 87% (279 veículos) foram reprovados. A amostra é composta por 124 veículos leves (caminhonetes, caminhonetas e utilitários) e 196 veículos pesados (microônibus, ônibus, caminhões e cavalos-trator). Serão apresentados e analisados os resultados das inspeções de opacidade (índice de fumaça) da amostra de veículos pesados a diesel que é formada por 17 ônibus e microônibus e de 179 caminhões e cavalos-trator. A análise aqui apresentada para esta categoria de veículos não é conclusiva uma vez que a amostra ainda é considerada pequena para representar a população de veículos em análise. No município de Belo Horizonte são registrados no DETRAN/MG mais de 34.000 veículos pesados a diesel.

Parte significativa da amostra de veículos pesados a diesel, 37% (72 veículos), foi fabricada até 1987, antes do início da implantação das fases do PROCONVE para essa categoria de veículos. Quanto ao tipo de motor, a amostra inspecionada é composta por 94 veículos naturalmente aspirados, 42 turboalimentados e 60 turboalimentados com LDA (Adequacy of the Debited Load). LDA é o sistema de controle da bomba de injeção de combustível para adequação de seu débito para a pressão de alimentação do turbo.

A Tabela 11 apresenta o tamanho amostral estimado e o total de veículos pesados a diesel inspecionados para cada faixa de ano de fabricação definidas de acordo com as fases de implantação e redução dos limites de emissão de opacidade para veículos pesados novos pelo PROCONVE.

Tabela 11 - Tamanho amostral e veículos pesados a diesel inspecionados por faixa de ano de fabricação

Fase do PROCONVE	Ano de fabricação	Amostra estimada	Veículos inspecionados
-	Até 1987	6	72
P-I	1988-1993	53	43
P-II	1994-1995	17	26
P-III	1996-1999	20	29
P-IV	2000-2004	10	26
Total	-	106	196

Pode-se verificar que para as faixas de veículos fabricados de 1988 a 1993 o número de veículos inspecionados é inferior ao número mínimo estimado para compor a amostra. Para as outras faixas o número de veículos inspecionados é superior ao número mínimo definido para a amostra.

5.2.1. Inspeção Visual

Dos 196 veículos pesados a diesel inspecionados, 17 foram reprovados nas inspeções visuais, principalmente por apresentarem emissão de fumaça azul e vazamentos aparentes, indicando falta de manutenção adequada. Destes, 14 são naturalmente aspirados e 3 turboalimentados com LDA.

5.2.2. Testes de Rotação

Nos testes de rotação realizados nos 179 veículos aprovados na inspeção visual a porcentagem de reprovação foi de 106 veículos, 54% em relação ao número total de veículos da amostra. Essa reprovação ocorreu, na maioria dos casos (100 veículos), por rotação máxima livre do motor acima da faixa indicada pelo fabricante causada por violação do lacre ou desregulagem da bomba de injeção. As medições das rotações de marcha lenta não foram consideradas para efeito de reprovação uma vez que a mesma pode ser controlada pelo motorista através de um botão localizado no painel da maioria dos veículos. A Figura 25 mostra o gráfico da porcentagem de reprovação nos testes de rotação de máxima livre por faixa do ano de fabricação dos veículos da amostra [20].

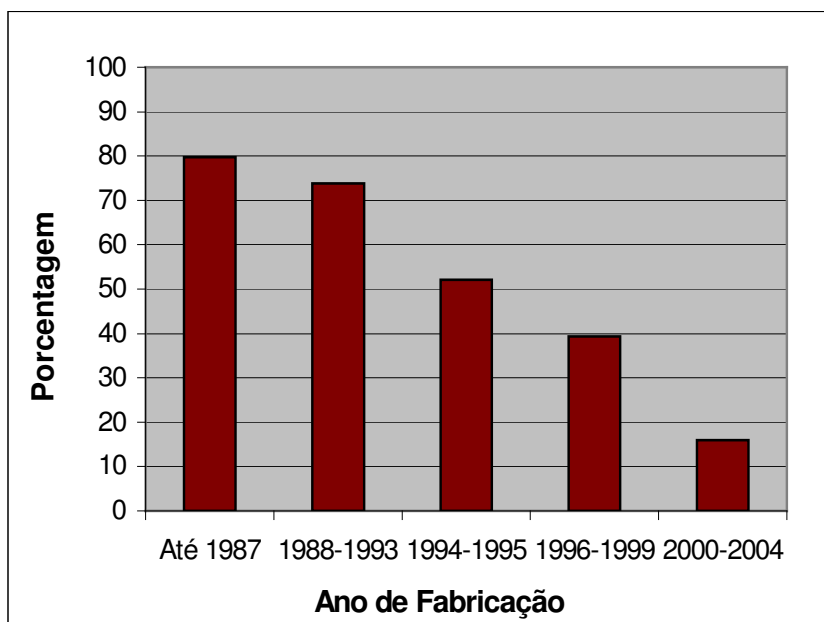


Figura 25 - Porcentagem de veículos pesados a diesel reprovados nos testes de rotação máxima livre.

O elevado número de veículos reprovados no teste de rotação indica falta de conscientização dos proprietários sobre preservação do meio ambiente e de informação quanto à economia de combustível. É importante observar que 63 deles são naturalmente aspirados, 36 são turboalimentados com LDA e apenas 7 são turboalimentados. Como a maioria desses veículos são aspirados, é fácil obter o ganho de potência através da violação do lacre e adulteração da bomba injetora. A Figura 25 mostra maiores porcentagens de reprovação nos testes de rotação para as faixas de veículos fabricados até 1987 e no período de 1988 e 1993, sendo de aproximadamente 80% e 74%, respectivamente.

As Figuras 26 e 27 apresentam os valores mínimos, máximos e as médias das rotações máximas livre medidas e as indicadas pelo fabricante, respectivamente, por faixas de ano de fabricação dos veículos reprovados nos testes de rotação. Pode-se verificar que as médias das rotações medidas são superiores às médias das rotações indicadas pelo fabricante para todas as faixas de ano de fabricação dos veículos.

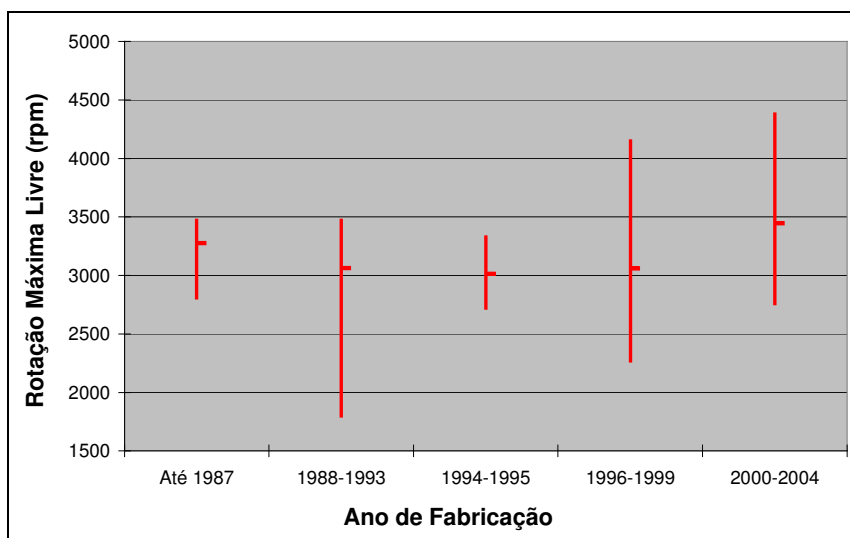


Figura 26 - médias, máximos e mínimos dos resultados dos testes de medição da rotação máxima livre

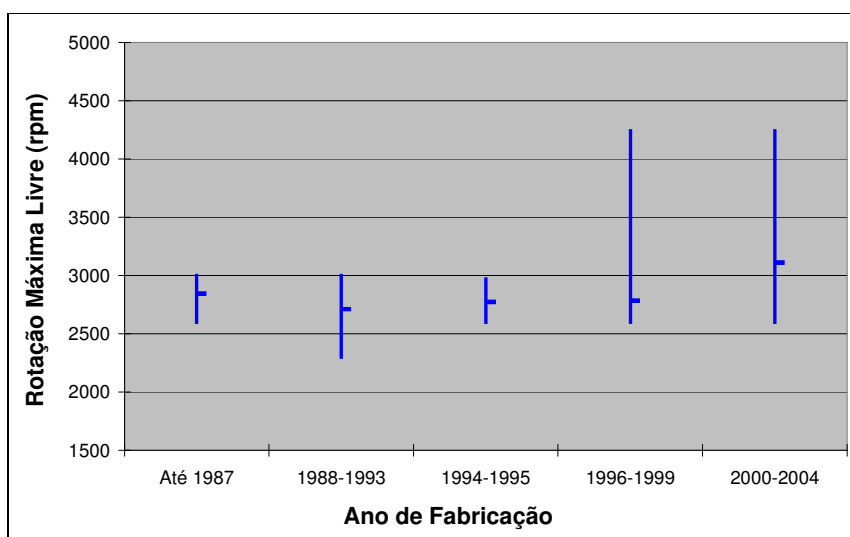


Figura 27 - médias, máximos e mínimos das rotações de máxima livre indicadas pelo fabricante

A variabilidade (coeficiente de variação) dos valores das rotações máximas para os 2 primeiros grupos de veículos: fabricados até 1987 e de 1988-1993, é aproximadamente duas vezes maior que os valores das rotações máximas indicadas pelo fabricante. Para os grupos de veículos: 1994-1995 e 1996-1999, os coeficientes de variação encontrados foram praticamente iguais enquanto que para o grupo de veículos mais novos: 2000-2004 a variabilidade dos valores das rotações máximas medidas foi menor que das indicadas pelo fabricante.

5.2.3. Teste de Opacidade

Os 73 veículos aprovados na inspeção visual e no teste de rotação foram submetidos ao teste de opacidade. Cerca de 55% deles (40 veículos) foram reprovados: sendo 24 por apresentarem diferenças entre as medições consecutivas para um mesmo veículo maiores que $0,25\text{m}^{-1}$ e/ou resultados em ordem decrescente (resultados não válidos) e 16 por apresentarem médias de 4 medições consecutivas superiores aos limites máximos permitidos na legislação (resultados válidos). Para efeito de reprovação na análise aqui apresentada considerou-se, para toda a amostra de veículos inspecionados, o limite máximo de $2,5\text{m}^{-1}$, para os com motores naturalmente aspirados e para os turboalimentados com LDA, e $2,8\text{m}^{-1}$, para os com motores turboalimentados, conforme Resolução CONAMA Nº 251 de 1999 [20].

A reprovação no teste de opacidade está relacionada à falta de manutenção dos veículos: sistema de resfriamento insuficiente, e neste caso o motor não atinge a temperatura normal de trabalho; filtro de ar obstruído; bicos injetores gastos ou desregulados; baixa pressão na bomba; carbonização na câmara de combustão e outros.

A Tabela 12 apresenta a relação entre o tamanho da amostra estimado, o número total de veículos inspecionados e o número de veículos que chegaram a fazer o teste de opacidade. Do total de 196 veículos, 123 não chegaram a fazer o teste de medição do índice de fumaça (opacidade) por terem sido reprovados nos testes de inspeção visual ou de rotação de máxima livre.

Tabela 12 - Tamanho amostral e veículos pesados a diesel inspecionados

Fase do PROCONVE	Ano de fabricação	Amostra estimada	Veículos inspecionados	Veículos inspecionados com medição de opacidade ⁽¹⁾
-	Até 1987	6	72	7
P - I	1988-1993	53	43	5
P - II	1994-1995	17	26	8
P - III	1996-1999	20	39	11
P - IV	2000-2004	10	26	18
Total	-	106	196	49

(1) Veículos aprovados na inspeção visual e no teste de rotação

Apesar da amostra total inspecionada ser maior do que a amostra total calculada, somente para o grupo de veículos das faixas de ano de fabricação “até 1987” e “2000-2003” o número mínimo de veículos que chegou a realizar o teste de opacidade foi alcançado. É importante considerar que o cálculo do tamanho amostral foi realizado considerando a variabilidade dos resultados das medições dos índices de fumaça (opacidade).

A Figura 28 mostra os valores máximos, mínimos e as medias de opacidade, por faixa de ano de fabricação para os 49 veículos que tiveram resultados de medição de opacidade considerados válidos (33 aprovados e 16 reprovados por opacidade acima do

limite). Praticamente todos os veículos fabricados a partir de 2000 que se submeteram ao teste apresentaram baixos índices de emissão de fumaça, sendo aprovados.

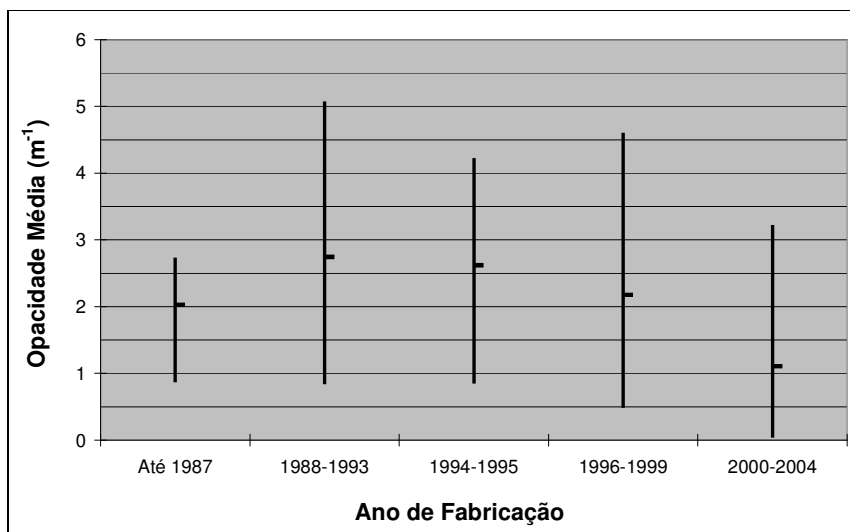


Figura 28 - Médias, máximos e mínimos dos valores de opacidade por faixa de ano de fabricação dos veículos

A Figura 28 mostra valores de opacidade relativamente baixos e valores de máximo e mínimo próximos da média para os veículos da primeira faixa de ano de fabricação. É importante salientar que dos 72 veículos dessa faixa, 13 foram reprovados na inspeção visual e 47 no teste de rotação de máxima livre. O teste de opacidade foi realizado somente para 12 desses veículos. A Figura 28 mostra ainda médias de opacidade decrescentes com a diminuição da idade da frota para os veículos das outras faixas de ano de fabricação. Os valores de máximo e de mínimo, para as faixas de ano de fabricação: 1988 a 1993, 1994 a 1995 e 1996 a 1999, se apresentaram relativamente distantes da média, indicando a tendência de maior variação da emissão de opacidade por estes veículos.

A Figura 29 apresenta o resultado geral das inspeções das emissões de opacidade da amostra de veículos pesados a diesel que circulam em Belo Horizonte. São apresentadas as porcentagens de aprovação e de reprovação para cada etapa de inspeção dos veículos a diesel (inspeção visual, teste de rotação de máxima livre e teste de opacidade dos gases de exaustão), assim como a porcentagem desses veículos cujo teste de opacidade foi considerado inválido.

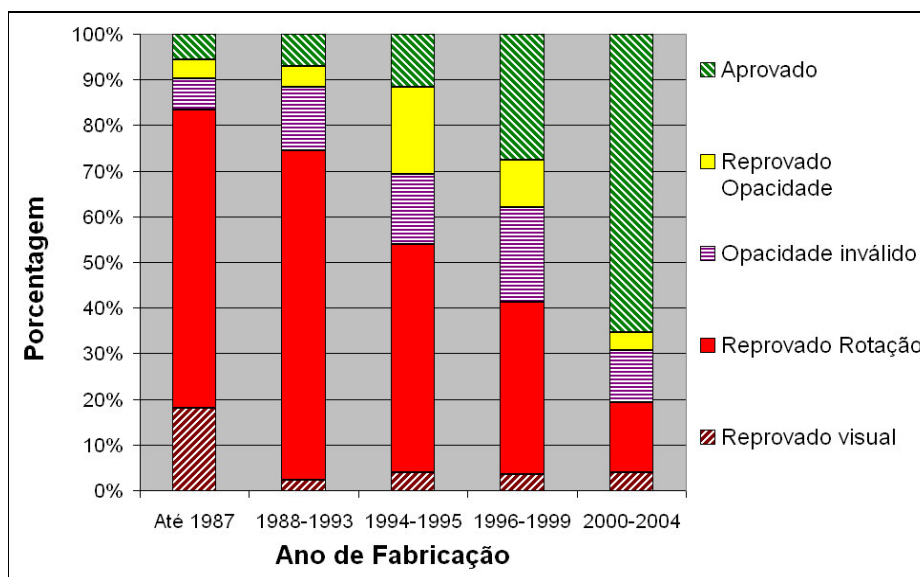


Figura 29 - Porcentagem de aprovação e de reprovação por etapa da inspeção de emissão de opacidade

A porcentagem de reprovação na inspeção visual dos veículos fabricados até 1987 (cerca de 18%) é relativamente maior do que para as outras faixas de ano de fabricação (2,3%, 3,9%, 3,5% e 3,9%). Verifica-se uma mais expressiva reprovação nos testes de rotação de máxima livre para as duas primeiras faixas de veículos: 69%, até 1987, e 72%, de 1989 a 1993. Para as outras faixas, as porcentagens de reprovação foram 50%, de 1994 a 1995, 38%, de 1996 a 1999, e 15% de 2000 a 2004. Para avaliação das porcentagens de reprovação no teste de opacidade é necessário aumentar o número de veículos com resultados válidos. As porcentagens de veículos aprovados indicam uma tendência de aumento com a diminuição da idade da frota que pode ser justificada pela atuação do PROCONVE.

5.3. Emissão de Gases Poluentes pela Amostra de Automóveis Táxis

Foram inspecionados 46 automóveis da frota de táxis de Belo Horizonte fabricados no período de 1998 a 2005. Em função das emissões de HC e CO desses veículos foi calculado o número mínimo de veículos necessários para estimar a emissão da frota de táxi de Belo Horizonte com 95% de confiança e erro de estimação igual a 25%, supondo que os dados apresentam Distribuição Normal. O número de veículos assim calculados corresponde a 41. Entretanto uma análise mais completa deverá ser realizada futuramente em função da composição da frota de táxi por ano de fabricação e por combustível.

Com relação ao ano de fabricação, 54% dos táxis foram fabricados em 2001 e 2002. Quanto ao combustível utilizado, a amostra é composta basicamente por veículos a gasolina (52%) e a gasolina/GNV (37%).

Foram reprovados cerca de 35% dos táxis, ou seja, 16 automóveis: 3 na inspeção visual, por funcionamento irregular do motor, sendo todos a gasolina; 13 na inspeção de CO, HC e diluição, sendo 3 a gasolina e 10 bi-combustível (todos a gasolina/GNV). Dos 10 veículos a gasolina/GNV reprovados, 6 foram na inspeção do veículo com o motor funcionando com GNV, sendo 5 por emissão de poluentes acima do limite máximo (3 por CO em marcha lenta, 2 por CO em marcha lenta e a 2500 rpm) e 1 por diluição menor 6% [21].

As médias das emissões de monóxido de carbono (CO) foram de 0,58% e 0,32% em volume em marcha lenta e a 2500 rpm, respectivamente, com valores de desvio padrão correspondentes de 0,49 e 0,29. A média de emissão de CO, por ano de fabricação dos veículos somente ultrapassou o limite máximo de 1,0% vol, para medição em marcha lenta dos táxis fabricados em 2002.

As emissões de hidrocarbonetos (HC) se mostraram relativamente baixas para toda frota, ficando com médias de 185,3 ppm e 112,8 ppm em marcha lenta e a 2500 rpm, respectivamente, com valores de desvio padrão correspondentes de 114,2 e 73,8.

5.4. Emissão de Ruído de uma Amostra de Veículos Leves Ciclo Otto

São apresentados os resultados das inspeções de ruído de uma amostra de 298 veículos leves do ciclo Otto, inspecionada até novembro de 2005. Como a norma NBR N° 9714 estabelece que a medição da emissão de ruído deve ser realizada com velocidade angular do motor estabilizada a 3/4 da velocidade angular de potência máxima indicada pelo fabricante, só foram considerados os resultados dos veículos que portavam o manual do fabricante e daqueles cujos valores foram obtidos através de pesquisa na internet. Na verdade foram realizadas inspeções de ruído em 957 veículos dos quais 659 resultados foram desconsiderados porque o valor da rotação de potência máxima utilizado não pode ser conferido com o valor indicado pelo fabricante.

Os resultados das inspeções de ruído aqui apresentados são considerados preliminares e poderão ser utilizados para avaliação da metodologia de medição definida pelo CONAMA e para definição do tamanho da amostra necessária para que os resultados sejam representativos para a frota de Belo Horizonte.

Entre os 298 veículos inspecionados cujas medições de ruído foram consideradas válidas, 48 foram fabricados até 1993, antes do início do controle das emissões de ruído dos veículos novos pelo PROCONVE, 60 fabricados no período de 1994 a 1996, quando limites máximos foram exigidos para parte da frota, e 190 fabricados a partir de 1997.

A base de dados gerada pelo Programa de Gerenciamento de Dados desenvolvido pelo fornecedor dos equipamentos de medição [13] permitiu, através da identificação dos códigos relativos aos “motivos das reprovações”, definir os veículos que foram **aprovados** – aqueles que atenderam aos critérios de validação das condições de medição e cujos resultados foram inferiores ao limite máximo estabelecido – e os que foram **reprovados** – aqueles que atenderam aos critérios de validação das condições de

medição, mas com emissão de ruído superior ao limite máximo. Para o restante dos veículos, os que apresentaram diferenças entre ruído emitido e ruído de fundo menores que 10 dB(A) e variação de 3 medições consecutivas de ruído emitido maior que 2 dB(A), considerou-se que as inspeções de emissão de ruído foram realizadas em locais com **condições de teste inadequadas**, ou seja com interferência do ruído das vias de tráfego (ruído de fundo) onde foram realizadas as medições.

Conforme pode ser verificado no modelo de relatório de inspeção de um veículo ciclo Otto apresentado no Anexo III, o Programa gera e armazena os valores das 3 medições consecutivas de ruído de fundo e 3 medições consecutivas de ruído emitido pelo veículo. Partiu-se então para reavaliar os índices de reprovação considerando somente a relação entre os resultados das medições das emissões de ruído considerados válidos e os limites máximos definidos pelo CONAMA.

O gráfico de dispersão dos níveis de ruído emitidos pelos veículos da amostra em função do ano de fabricação, é apresentado na Figura 30. Verifica-se uma tendência de concentração dos níveis de emissão em torno de 80 decibels para os veículos mais novos.

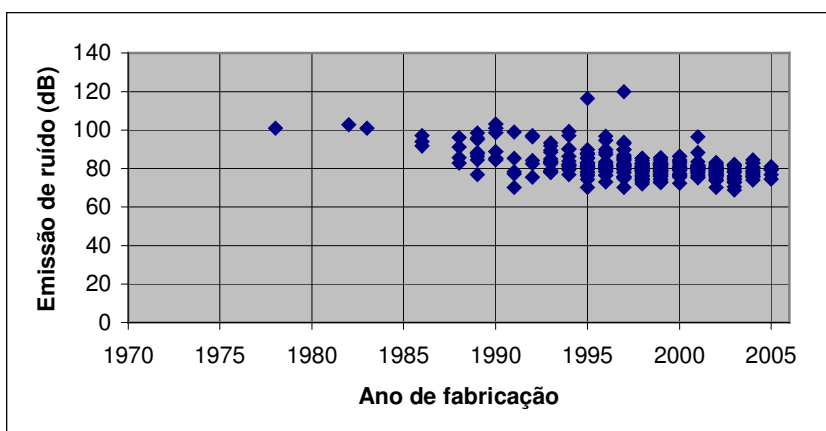


Figura 30 - Níveis de ruído emitidos pela amostra de veículos leves a gasolina de Belo Horizonte

Foram considerados, para reprovação dos veículos fabricados até 1993, os limites: 95 dB(A) e 103 dB(A) para motores dianteiros e traseiros, respectivamente. Para os veículos fabricados nos períodos de 1994 a 1996 e 1997 a 2003 deveriam ser considerados os valores de referência apresentados no manual do fabricante, que é o nível de emissão de ruído na condição de parado, obtido para o veículo novo no processo de homologação, acrescido de 3 dB(A).

Somente foram obtidos os valores especificados pelo fabricante para parte dos veículos da amostra já que, raramente, o manual de serviços do veículo é transportado junto ao mesmo. Dessa forma foi considerado como referência para reprovação dos veículos fabricados de 1994-1996 e a partir de 1997 os valores especificados pelo

fabricante, quando obtidos, caso contrário foi utilizada a média desses valores que foi de cerca de 84 dB(A). A partir dessas considerações 25,9% dos veículos foram reprovados, 30,5% foram aprovados e a condição de teste foi considerada inadequada para 43,6% do total de veículos inspecionados.

Analisando os resultados dos níveis de emissão de ruído medidos nas proximidades dos sistemas de escapamento dos veículos por faixa de ano de fabricação chegou-se aos valores médios mostrados no gráfico da Figura 31. Esse gráfico mostra uma tendência decrescente dos níveis de emissão com a diminuição da idade do veículo, o que se mostra coerente com a evolução tecnológica aplicada na área automotiva a partir da implantação do PROCONVE. As médias dos níveis de ruído obtidas foram: 88,4 dB(A), 83,3 dB(A) e 79,8 dB(A) para os veículos inspecionados fabricados até 1993, de 1994 a 1996 e a partir de 1997, respectivamente.

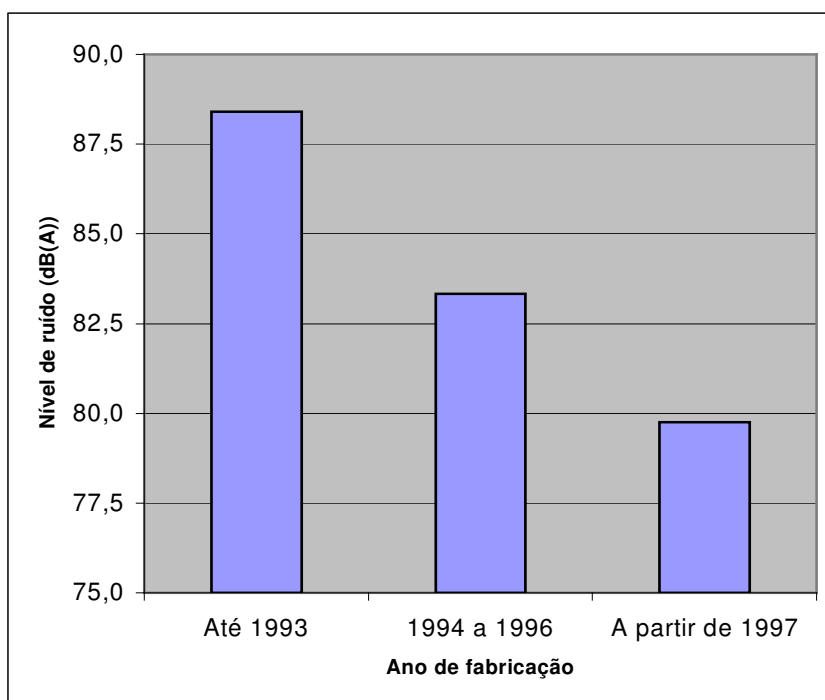


Figura 31 - Médias dos níveis de emissão de ruído nas proximidades do escapamento de veículos ciclo Otto

A Figura 32 apresenta as porcentagens de veículos **Reprovados** e **Aprovados**, assim como a porcentagem de veículos inspecionados em condição de teste **Inadequada**, para cada faixa de ano de fabricação dos veículos da amostra inspecionada.

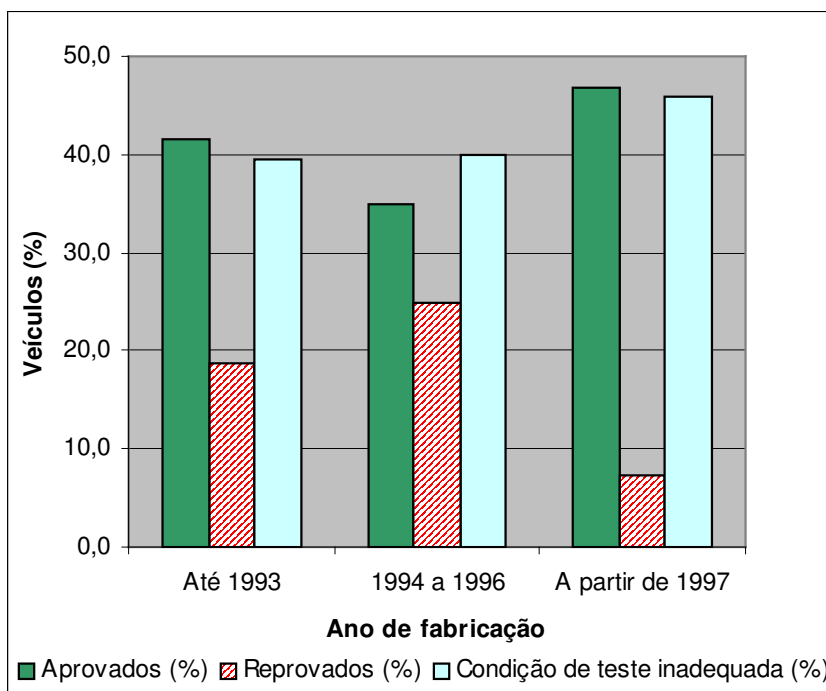


Figura 32 - Veículos aprovados, reprovados e com medição da emissão de ruído em condição de teste Inadequada

Os dados apresentados na Figura 32, conforme esperado, mostram que a maior porcentagem de veículos aprovados nas medições de ruído emitido nas proximidades dos sistemas de escapamento dos veículos é verificada para os veículos mais novos, os fabricados a partir de 1997.

Os veículos fabricados até 1993 também apresentam uma porcentagem de aprovação relativamente alta, o que pode ser justificado considerando que o limite máximo para fins de reprovação desses veículos é muito permissivo (95 dB(A)).

Quanto aos veículos fabricados de 1994 a 1996, período de implantação parcial dos limites máximos de emissão de ruído para os veículos novos (20% dos fabricados em 1994 e 50% dos fabricados em 1995 e 1996), observa-se a mais alta porcentagem de reprovação. Os resultados indicam que o limite único 84 dB(A), adotado neste trabalho, para reprovação dos veículos fabricados no período de exigência de controle de emissão de ruído para parte da frota foi muito restritivo.

Ainda no gráfico da Figura 32 verificam-se porcentagens relativamente altas para “condição de teste inadequada” para as três faixas de ano de fabricação de veículos, indicando a ocorrência de variações nas medições provocadas por interferências de fontes de ruído esporádicas. O ruído de fundo, especialmente nos centros urbanos, vem aumentando significativamente a cada ano em contraposição à diminuição dos níveis de ruído emitidos pelos veículos. Esta última tendência leva à condição de medição

considerada inadequada, ou seja, à diferença entre o nível de ruído emitido e o nível de ruído de fundo menor que 10 dB(A).

As porcentagens de resultados considerados como “condição de teste inadequada” nos dá um indicativo do número de veículos que deveriam ser encaminhados para uma estação de inspeção específica. Ou seja, os resultados obtidos utilizando a metodologia para definida pela norma NBR N° 9714 indicam que cerca de 40% dos veículos ciclo Otto da frota de Belo Horizonte seriam encaminhados para medição das emissões de ruído em estações de inspeção especialmente projetadas para esta finalidade.

O procedimento é em princípio simples, mas na prática apresenta alguns problemas em decorrência da idade da norma ISO que lhe deu origem, da evolução tecnológica ocorrida nos últimos anos e, também, em virtude de algumas peculiaridades do Brasil e de sua frota. A título de exemplo pode-se considerar o caso de veículos mais novos, em especial os importados, que possuem dispositivos de limitação de rotação na situação parado que impedem que o motor opere na condição de teste definida pela norma brasileira NBR N° 9714. Uma outra dificuldade decorre do nível de ruído de fundo, em função de duas condições principais: os veículos que aguardam para serem inspecionados necessitam de aquecimento prévio, devendo permanecer com os motores em funcionamento, o que dificulta a obtenção do ruído de fundo desejado, e a definição da norma sobre o que é uma superfície de piso refletora aceitável é vaga, podendo introduzir erros consideráveis em particular quando o escapamento é direcionado para baixo.

5.5. Perfil dos Proprietários e Distribuição Espacial dos Resultados

Dentre os condutores dos veículos entrevistados durante as inspeções e que eram proprietários (957 indivíduos), grande parte deles (85,2%) era do sexo masculino; 77,5% com idade entre 25 e 54 anos, cujos graus de instrução declarados foram: 1º grau incompleto, 1º grau completo, 2º grau e superior, cujas porcentagens corresponderam a 13%, 12%, 42% e 33%, respectivamente.

A maior parte das residências desses proprietários possui um único veículo de uso particular (60%).

Dentre esses 957 veículos inspecionados, 51% foram aprovados, 28% foram reprovados por emissão, 20% foram reprovados visualmente e para 1% não foi possível fazer a inspeção. Esses veículos distribuíram-se pelas faixas de ano de fabricação: anterior a 1988, 1989 a 1991, 1992 a 1996, 1997 a 2003, 2004 a 2005, com as seguintes porcentagens: 20,5%, 8,9%, 28,7%, 39,3%, 2,6%.

Para análise da distribuição espacial dos domicílios, foram utilizadas além das informações obtidas através de entrevista aos proprietários, as informações fornecidas pelos condutores com grau de parentesco com o proprietário do veículo, ou seja, pai, mãe, irmãos ou cônjuge. Como não foi possível localizar o endereço de todos esses entrevistados, o número de indivíduos cujos domicílios foram georreferenciados que deveria ser superior a 957 ficou em 939.

Apesar da amostra analisada ser relativamente grande, não foi possível avaliar a representatividade dos resultados por região administrativa uma vez que o DETRAN/MG não tem em seu banco de dados o endereço dos proprietários dos veículos por bairro ou por região administrativa. Mas cabe ressaltar que a distribuição espacial dos resultados de inspeção vem acrescentar informações que serão úteis para trabalhos posteriores e não faziam parte dos objetivos iniciais propostos para projeto.

O número de veículos cujos domicílios foram georreferenciados por região administrativa corresponde a: 91, 108, 130, 171, 110, 54, 77, 110, 88 para as regiões: Venda Nova, Norte, Nordeste, Leste, Centro-Sul, Barreiro, Oeste, Noroeste, Pampulha. Percebe-se uma menor concentração nas Regiões Barreiro e Oeste ainda nas áreas próximas às fronteiras com municípios vizinhos. As porcentagens de veículos nas regiões Barreiro e Oeste corresponderam a 5,7% e 8,2%, respectivamente. Deve-se ressaltar que uma avaliação visual da Região Administrativa da Pampulha deve considerar, além da pequena porcentagem de veículos georreferenciados (9,4%), a existência de grandes espaços públicos tais como Campus Universitário, aeroporto, Lagoa da Pampulha, centros esportivos e grande parte dos terrenos são de 1.000 metros quadrados.

Uma análise do mapa da Figura 33 sugere uma maior frequência de reprovação de veículos cujos proprietários ou familiares residem na Região Leste (54% dos veículos da região administrativa), onde também se concentra o maior número de veículos inspecionados. As regiões Norte, Nordeste, Leste, Centro-Sul, Noroeste apresentaram pelo menos 100 residências georreferenciadas com porcentagem de veículos aprovados iguais a: 52%, 45%, 46%, 72% e 57%, respectivamente. A Região Centro-Sul, que inclui bairros com maior poder aquisitivo, apresentou a maior porcentagem de aprovação (72%). A Região Barreiro apresentou uma porcentagem de aprovação igual a 57%.

As regiões Leste e Nordeste apresentaram a mesma porcentagem de reprovação que foi de 54%. Na Região Leste, grande parte das reprovações visuais situou-se em bairros com menor poder aquisitivo.

Devido à falta de informação sobre a frota veicular por região administrativa, não é possível afirmar que essas porcentagens, tanto de aprovação quanto de reprovação, sejam representativas para cada uma das regiões administrativas de Belo Horizonte.

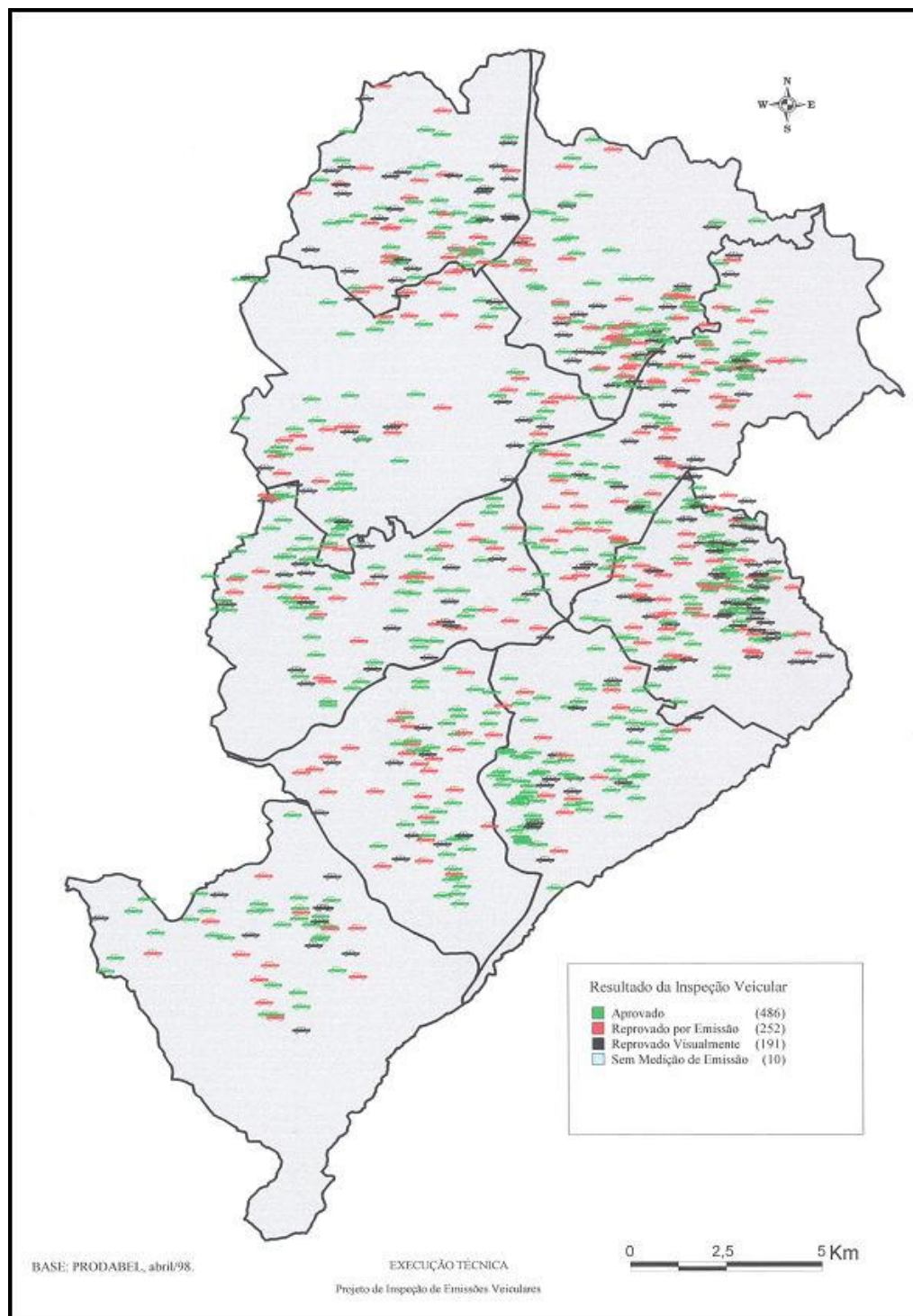


Figura 33 - Distribuição espacial dos dados das inspeções de veículos ciclo Otto de Belo Horizonte

6. Conclusões e Sugestões

A avaliação da real condição de manutenção dos índices de emissão de gases poluentes, de fumaça preta e de ruído da frota de Belo Horizonte foi possível porque as inspeções foram realizadas de forma voluntária e não punitiva. Para as inspeções que são realizadas em Programas I/M, para fins de licenciamento dos veículos, os proprietários tendem a levar previamente seus veículos para serem regulados e/ou “maquiados” em uma oficina mecânica. A análise prévia das emissões por essa frota permitirá quantificar melhor os ganhos obtidos futuramente após a implantação do Programa I/M em nosso Estado.

Inspeção da emissão de gases poluentes por veículos leves ciclo Otto. A meta de realização das inspeções de gases poluentes da amostra de veículos ciclo Otto representativa da frota de Belo Horizonte foi alcançada. Dessa forma pode-se afirmar com 95% de confiança que essa frota emite em média pelo menos os valores apresentados na Tabela 13, uma vez que não inclui as emissões de CO e HC dos veículos reprovados na inspeção visual. Acredita-se que os veículos reprovados na inspeção visual, e que por esse motivo não fizeram a medição das emissões de CO e HC, estejam emitindo gases poluentes acima dos limites máximos permitidos.

Tabela 13 - Índices de emissão de gases poluentes pela frota de veículos leves ciclo Otto de Belo Horizonte

Ano de Fabricação	Limites	CO (% vol) a 2500 rpm	CO (% vol) Marcha Lenta	HC (ppm) a 2500 rpm	HC (ppm) Marcha Lenta
Até 1988	Inferior	3,07	3,95	288,8	497,4
	Média	3,53	4,47	419,2	625,9
	Superior	3,99	5,00	549,5	754,4
1989-1991	Inferior	4,25	4,09	267,1	472,1
	Média	4,84	4,79	337,7	603,9
	Superior	5,43	5,49	408,2	735,7
1992-1996	Inferior	1,27	1,76	158,1	299,4
	Média	1,51	2,07	179,5	344,8
	Superior	1,75	2,38	200,9	390,1
1997-2003	Inferior	0,31	0,29	97,1	133,3
	Média	0,38	0,36	116,0	150,4
	Superior	0,47	0,46	134,8	167,5
2004-2005	Inferior	0,03	0,00	64,9	63,8
	Média	0,08	0,03	80,7	80,7
	Superior	0,12	0,06	96,4	97,6

Analisando a Tabela 13, pode-se afirmar com 95% de confiança que a frota de veículos leves do ciclo Otto de Belo Horizonte com ano de fabricação anterior a 1988 em marcha lenta emite, em média, entre 497,4 ppm e 754,4 ppm de HC. Para a frota fabricada entre 1989 e 1991, pode-se afirmar com 95% de confiança que essa frota em marcha lenta emite, em média, entre 472,1 ppm e 735,7 ppm de HC. Com 95% de confiança, a mesma interpretação pode ser feita para o monóxido de carbono a 2.500 rpm, a frota veicular de Belo Horizonte fabricada de 1989 a 1991 emite, em média,

entre 4,25 e 5,43 %vol. Esses intervalos de confiança correspondem à previsão para a média da frota veicular de Belo Horizonte. Essa média será obtida somente se todos os veículos fabricados antes de 1988 forem medidos quanto à emissão de HC. Como a média é uma estatística de tendência central, uma média de emissão igual a 754,4 ppm de HC, significa que na frota veicular há tanto veículos que emitem acima de 754,4 ppm quanto abaixo de 754,4 ppm. Ou seja, em relação ao limite individual de HC para veículos movidos a gasolina, haverá, certamente, veículos emitindo acima do limite aceitável, resultando na reprovação dos mesmos. Os valores obtidos para emissão de CO e de HC, em marcha lenta e a 2500 rpm, mostraram-se em geral decrescentes com a diminuição da idade dos veículos, conforme esperado. Valores mais altos de emissão de hidrocarbonetos em marcha lenta quando comparados aos valores obtidos a 2500 rpm também foram observados.

Quanto ao aumento da variabilidade (CV) nos índices de emissão de gases poluentes, principalmente para os veículos fabricados de 1997 a 2003, uma justificativa seria a não reposição dos catalisadores por grande parte desses veículos. Os níveis de emissão desses veículos aumentaram, mas ainda ficaram em média inferiores aos limites do PROCONVE graças aos ganhos obtidos com a injeção eletrônica. Já a variabilidade das emissões de CO e HC para os veículos fabricados anteriormente a 1992 era esperada uma vez que até então ainda não haviam sido aplicadas tecnologias de controle de emissões nos veículos novos.

A Tabela 14 apresenta a proporção de reprovação esperada para os veículos leves ciclo Otto da frota de Belo Horizonte em função do ano de fabricação.

Tabela 14 - Proporção de reprovação esperada para a frota de veículos leves ciclo Otto de Belo Horizonte

	Limite Inferior	Reprovação	Limite Superior
Até 1988	0,66	0,72	0,78
1989 a 1991	0,78	0,85	0,92
1992 a 1996	0,40	0,45	0,50
1997 a 2003	0,12	0,16	0,19

Pode-se afirmar, com 95% de confiança, que entre 66% e 78% dos veículos leves do ciclo Otto da frota de Belo Horizonte fabricados antes de 1988 deverão ser reprovados no primeiro ano de implantação da inspeção veicular quer seja pela emissão de HC, quer seja pela emissão de CO ou pelos dois gases simultaneamente. Para a faixa de 1992 a 1996, a porcentagem de reprovação tende a ser maior. Para essa faixa, pode-se afirmar, com 95% de confiança que entre 78% e 92% da frota deve ser reprovada.

A porcentagem geral de reprovação ponderada pelo número de veículos por faixa de ano fabricação corresponde a 37% para veículos do ciclo Otto. Pode-se afirmar, com 95% de confiança, que, entre 34% e 39% da frota veicular do ciclo Otto de Belo Horizonte deva ser reprovada na inspeção veicular.

As médias ponderadas das emissões de CO observadas para toda a amostra (1203 veículos) corresponderam a 1,55%vol a 2500 rpm e 1,87%vol em marcha lenta. Pode-se afirmar, com 95% de confiança, que os veículos leves do ciclo Otto da frota veicular de Belo Horizonte emitem, em média, entre 1,47 e 1,64%vol de CO a 2500 rpm. Em marcha lenta, a emissão média da frota deve estar entre 1,78 e 1,96 %vol de CO.

As médias ponderadas das emissões de HC observadas na amostra de veículos leves ciclo Otto corresponderam a 207,53 ppm a 2500 rpm e 316,91 ppm em marcha lenta. Pode-se afirmar, com 95% de confiança, que os veículos leves do ciclo Otto da frota veicular de Belo Horizonte emitem, em média, entre 206,22 ppm e 208,84 ppm de HC a 2500 rpm. Em marcha lenta, a emissão média da frota deve estar entre 315,55 ppm e 318,26 ppm de HC.

A média ponderada da diluição observada na amostra correspondeu a 14,9% a 2500 rpm e 14,40% em marcha lenta. Pode-se afirmar, com 95% de confiança, que os veículos leves do ciclo Otto da frota veicular de Belo Horizonte emitem, em média, entre 14,82% e 14,98% a 2500 rpm. Em marcha lenta, a diluição média da frota deve estar entre 14,31% e 14,50%.

Inspeção da emissão de opacidade por veículos pesados a Diesel. Cerca de 59% dos veículos a diesel inspecionados foram reprovados nos testes de rotação máxima livre, especialmente os mais velhos. Esse fato sugere uma possível violação do lacre de ajuste da bomba injetora com o objetivo de se obter maior rotação máxima do motor e, conseqüentemente, ganho de potência. Em contrapartida, estes veículos poluem mais e se tornam inviáveis para circular, principalmente nos grandes centros urbanos. Uma rotação de máxima livre maior que a especificada pelo fabricante ocasiona, como principal conseqüência, o aumento da emissão de fumaça preta, devendo o proprietário encaminhar seu veículo para manutenção e regulagem da bomba injetora.

Atualmente, os veículos pesados a diesel com sistema de injeção eletrônica ainda contribuem pouco para minimizar a emissão de fuligem. A contribuição será maior a médio e longo prazo com o aumento do número desses veículos em circulação. O grande avanço da utilização de injeção eletrônica para esses veículos é o de não possibilitar adulteração da rotação máxima do motor, além de permitir altas pressões de injeção de combustível reduzindo a emissão de fuligem.

Os resultados apresentados para os veículos pesados a diesel, apesar de parciais quanto à emissão de fuligem, indicam que grande parte da frota que circula em Belo Horizonte pode apresentar adulteração no sistema de injeção de combustível podendo comprometer os resultados esperados com a implantação do PROCONVE.

A disponibilização pelo IBAMA e/ou pelas montadoras de banco de dados dos limites máximos de emissão de opacidade e de velocidade angular de potência máxima indicada pelos fabricantes para os de veículos a diesel fabricados a partir de 1996 é imprescindível para realização dos ensaios de medição de opacidade conforme a Norma Brasileira NBR 13.037.

Para os veículos a diesel (leves e pesados), a porcentagem geral de reprovação ponderada pelo número de veículos por faixa de ano fabricação foi de cerca de 88%. Pode-se afirmar com 95% de confiança que, entre 84,5% e 91,5% da frota de veículos a diesel de Belo Horizonte será reprovada no primeiro ano de implantação do Programa I/M.

Inspeção da emissão de gases poluentes – táxi. A inspeção da amostra de automóveis táxis de Belo Horizonte mostrou que os mesmos se encontram em bom estado de manutenção em geral, o que em muito se deve ao trabalho de fiscalização e gerenciamento dessa frota pela BHTRANS. Entretanto a porcentagem de automóveis táxis reprovados, cerca de 35%, é considerada relativamente alta para uma amostra composta de veículos com idade média inferior a 3,8 anos.

Os resultados indicam que a adaptação do motor para operar também com GNV, verificada em cerca de 40% dos táxis da amostra, pode ser eficiente quanto às emissões, desde que sejam utilizados kits de adaptação de boa qualidade. Interessante observar que praticamente todos os táxis bi-combustível reprovados foram convertidos fora da fábrica ou concessionária autorizada e que os que foram aprovados estavam emitindo praticamente zero de monóxido de carbono.

Informações obtidas durante a realização das inspeções de táxis indicam uma tendência dos proprietários de retirarem os kits de adaptação porque não estão alcançando uma economia de combustível que justifique o uso do gás.

Os ganhos ambientais esperados com a utilização do GNV em veículos automotores só ocorrem com a utilização de kits de adaptação de boa qualidade, ou seja, com controle eletrônico da vazão da mistura GNV e ar em função do sinal da sonda lambda, da rotação e da carga do motor. A simples conversão sem critérios técnicos é nociva ao meio ambiente.

Em 2002, através da Resolução CONAMA N° 291, foi instituído o Certificado Ambiental para Uso do Gás Natural em Veículos Automotores – CAGN. A Certificação obrigatória somada à redução dos limites de emissão previstos para as novas fases do PROCONVE e à implantação dos *Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso* forçarão as empresas adaptadoras de kits de GNV a atender a legislação e incentivarão o aumento no mercado de veículos convertidos diretamente pelas montadoras.

Inspeção da emissão de ruído. As inspeções das emissões de ruído foram realizadas com a finalidade de avaliar a metodologia proposta pelo CONAMA, mesmo tendo conhecimento prévio das principais dificuldades: interferência do ruído de fundo e falta de acesso aos dados de rotação máxima do motor e do limite de máximo de emissão para reprovação dos veículos fabricados a partir de 1996 em Programas de I/M. Os dados utilizados de rotação de potência máxima e de limite de emissão para algumas configurações de veículos foram obtidos basicamente de manuais de serviço dos veículos e através de consulta à internet.

O Programa I/M implantado no Rio de Janeiro desde 1997 detectou que a metodologia definida pelo CONAMA vem se mostrando ineficiente devido à interferência do ruído de fundo e o IBAMA está desenvolvendo estudos para corrigir ou adaptar a norma às condições de ambiente de um posto de inspeção [2].

Apesar das restrições considera-se que o resultado obtido foi melhor que o esperado já que cerca de 56% das medições tiveram resultados considerados válidos. A tendência dos dados obtidos até então é de que a metodologia definida pela Resolução CONAMA Nº 252 de 1999 poderá ser utilizada em um centro de inspeção padrão onde serão identificados os veículos que deverão passar por uma medição de ruído em um local com condições acústicas especiais.

A disponibilização pelo IBAMA ou pelos fabricantes dos dados de velocidade angular de potência máxima indicados pelos fabricantes e dos limites máximos dos níveis de emissão de ruído para cada configuração de veículos fabricados a partir de 1994, possibilitará a recuperação de parte dos resultados das inspeções de ruído que não puderam ser considerados. Dessa forma as tendências dos índices de aprovação e das condições inadequadas de inspeção terão melhor representatividade.

Ainda com relação às inspeções de ruído deve-se considerar:

- o nível de ruído emitido pelo automóvel vem diminuindo a cada ano, mas com o aumento do fluxo de veículos nas vias de tráfego há o aumento no ruído de fundo, ou seja, cada vez mais o ruído de fundo se aproxima ou ultrapassa o ruído de escapamento tornando o teste inadequado invalidando os resultados;
- a metodologia estabelecida pela Resolução CONAMA Nº 252 de 1999 (NBR Nº 9714) já não atende aos veículos mais novos com motores inteligentes pois esses veículos não aceitam uma aceleração alta (3/4 da rotação máxima livre) sem esforço, enquanto que a norma exige que essa aceleração seja mantida por um determinado período de tempo;
- os resultados obtidos poderão utilizados para definição do tamanho da amostra necessária para que os resultados sejam representativos para a frota veicular de Belo Horizonte.

Distribuição espacial dos resultados das inspeções e perfil dos condutores dos veículos da amostra de veículos ciclo Otto. O Mapa que representa a distribuição dos resultados das inspeções das emissões de gases poluentes pelos veículos ciclo Otto de Belo Horizonte foi elaborado utilizando apenas os endereços residenciais dos proprietários dos veículos e de seus familiares. Não foram considerados os endereços dos restantes dos condutores de veículos que também preencheram o questionário padrão do projeto, tendo em vista que o perfil sócio-econômico e manutenção dos veículos devem apresentar associação apenas para os proprietários.

Para melhorar a representatividade dos dados é necessário obter uma versão mais recente do mapa de vias georreferenciadas de Belo Horizonte. Muitos dos endereços não puderam ser georreferenciados por não serem encontrados, uma vez que o mapa utilizado é de 1998. Nove veículos cujos domicílios situam-se próximos aos limites do município de Belo Horizonte foram adicionados às regiões: Leste (5 veículos), Pampulha (2 veículos), Venda Nova (1 veículo), Noroeste (1 veículo) pois esses domicílios encontram-se em regiões bastante integradas ao município de Belo Horizonte. Tanto em listas telefônicas quanto para os próprios proprietários, o local de residência é Belo Horizonte.

As sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros são apresentadas a seguir:

Estimar fatores de deterioração dos índices de emissão para veículos leves ciclo Otto para cada faixa de ano de fabricação definidas em função das fases da redução gradativa dos limites de emissão estabelecidos pelo PROCONVE para veículos novos.

Propor valores para revisão dos limites de emissão de hidrocarbonetos para veículos leves ciclo Otto em uso, para efeito de fiscalização e de reprovação em Programas I/M. O valor único de 700 ppm não é condizente com o valor estipulado para veículos novos. Este limite está muito distante dos valores encontrados e essa discrepância é acentuada com a diminuição da idade dos veículos.

Realizar estudo mais detalhado para avaliar as causas do índice de reprovação relativamente alto para emissão de gases poluentes para os veículos fabricados de 1989 a 1991.

Estimar a quilometragem média rodada semanal e anual por faixa de ano de fabricação dos veículos da frota de Belo Horizonte a partir dos dados obtidos com a aplicação do questionário padrão do projeto.

Definir o tamanho da amostra representativa para a frota de táxi de Belo Horizonte, estimando o número mínimo de veículos necessários para inspeção por tipo de combustível: gasolina, gasolina/GNV, álcool e álcool/GNV. A avaliação da amostra considerando o número mínimo de veículos por combustível para cada ano de fabricação permitirá estimar o coeficiente de deterioração dos índices de emissão de poluentes para a frota de táxi. Esse coeficiente é de grande utilidade para refinamento do inventário nacional de emissão de fontes móveis.

Desenvolver modelo de previsão de emissão de poluentes atmosféricos por veículos leves ciclo Otto a ser validado através dos resultados das medições realizadas em banco dinâmométrico e dos dados característicos de emissão obtidos neste trabalho.

Estimar o impacto ambiental na qualidade do ar em função da caracterização da frota e do perfil sócio-econômico do proprietário e dos índices de emissão característicos obtidos no desenvolvimento desse projeto, tendo em vista que há uma tendência de associação entre perfil sócio-econômico e manutenção dos veículos.

Com relação ao georreferenciamento dos dados de inspeção:

- ◆ obter um Mapa atualizado de georreferenciamento de vias (foi utilizado um Mapa de 1988) para recuperar informações coletadas cujos endereços não foram encontrados;
- ◆ obter junto ao DETRAN/MG a composição da frota veicular por região administrativa de Belo Horizonte para que seja possível avaliar a representatividade da amostra obtida nesse projeto por região;
- ◆ utilizar as informações coletadas através da aplicação do questionário padrão para avaliação do perfil socioeconômico dos proprietários dos veículos da frota de veículos leves ciclo Otto de Belo Horizonte de forma a relacioná-los com a condição de manutenção dos veículos, em especial nos itens relacionados diretamente com as emissões de gases poluentes;
- ◆ inspecionar veículos ciclo Otto fabricados até 1991 para contrabalançar a proporção de veículos dessa faixa em relação as demais. Essa nova amostra permitiria analisar os resultados, com mais segurança, em função de outras variáveis relacionadas à condição socioeconômica do proprietário.

Cooperação Técnica:



7. Recomendações

Os resultados das inspeções de gases poluentes, opacidade e ruído apresentados evidenciam a necessidade da realização das inspeções das emissões poluentes vinculadas ao licenciamento anual dos veículos da frota de Belo Horizonte, através da implantação do *Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso em Minas Gerais*.

Realizar campanhas educativas e informativas junto aos condutores e proprietários de caminhões a diesel com o objetivo de conscientizá-los sobre a necessidade de manutenção adequada dos sistemas de exaustão de gases e fumaça e de alimentação de combustível (em especial no que se refere à adulteração do lacre da bomba injetora) para melhoria da qualidade do ar e economia de combustível

Em caráter de urgência, recomenda-se a ampliação em Belo Horizonte, da fiscalização da frota de veículos pesados a diesel, principalmente dos caminhões, uma vez que este extrato da frota se apresentou em piores condições de manutenção.

Cooperação Técnica:



8. Referências Bibliográficas

- [1] FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Relatório Técnico do Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso de Minas Gerais – PCPV/MG*. Belo Horizonte, MG, out 2001.
- [2] IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Nota Técnica Nº 04/2005/DILIQ*. Brasília, 2005.
- [3] BNDS & MCT – Banco Nacional de Desenvolvimento Social e Ministério de Ciência e Tecnologia. *Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima*. Brasília, 1999.
- [4] MMA – Ministério de Meio Ambiente. *Refrigeristas serão treinados para trabalho com CFC's*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Último acesso: 9 out 2005.
- [5] PALOMBO, F. *Evolução dos combustíveis. Como chegar a teores de enxofre ultrabaixos*. IV Conferência Internacional de Emissões Veiculares. Associação dos Fabricantes de Equipamentos para Controle de Emissões Veiculares da América do Sul -AFEEVAS, Brasília, 22 e 23 jun 2005.
- [6] FERREIRA, A. M., FIORAVANTE, E. F., DUTRA E.G. *Avaliação da poluição sonora em Belo Horizonte*. Anais do III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar, Canoas, RS, jul 2003.
- [7] PBH – Prefeitura de Belo Horizonte. *Níveis máximos de som em função do horário, do uso e ocupação do solo e da classificação das vias*. Lei Municipal nº 7.166, 27 ago 1996.
- [8] PULKRABEK, W.W., *Engineering fundamentals of the internal combustion*. New Jersey: Prentice Hall. 1997.
- [9] HEYWOOD, J.B. *Internal combustion engine fundamentals*. New York: McGraw-Hill. 1988.
- [10] DEGOBERT, P. *Automobiles and pollution*. Editions Technip, Paris, 1995.
- [11] IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis *Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE/PROMOT*. Brasília, 2004, 359 p.
- [12] AEA - Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. <<http://www.aea.org.br>>. Último acesso: 4 abr. 2005.
- [13] NAPRO – Napro Eletrônica Industrial LTDA, *Analizador de gases de inspeção veicular e software de controle PC-IM*. Manual do Usuário, Diadema, SP, 2001.

- [14] PBH – Prefeitura de Belo Horizonte. *Mapa da renda média do chefe de família de Belo Horizonte*. In: **Prefeitura**. Informática Pública. Serviço e Informações. Dados e Mapas Demográficos. Disponível em <<http://www.pbh.gov.br>>. Último acesso: 5 nov 2004.
- [15] MINGOTI S. A. et al., *Sampling: Manual do Usuário* Departamento de Estatística. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em <<http://www.est.ufmg.br>>. Último acesso: 22 nov 2005.
- [16] MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA Nº18 de 1986*. In: **Colegiados**. CONAMA. Legislação. Resoluções CONAMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Último acesso: 16 abr. 2005.
- [17] DENATRAN – Departamento Nacional de Transito. *Estatística da frota de veículos por espécie e ano de fabricação*. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br>>. Último acesso: 15 set 2005
- [18] MELO, T.C.C., MACHADO, G. B., SIQUEIRA A. S. *O Programa de Controle de Emissões Veiculares no Brasil pode influenciar a frota de veículos leves a GNV?* Seminário de Tecnologia de Motores, Combustíveis e Emissões 2004. Disponível em CD-ROM. Belo Horizonte, MG, 6 e 7 dez 2004.
- [19] BHTRANS – Companhia de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte. *Perfil da frota de táxi de Belo Horizonte*. Disponível em <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br>>. Último acesso: 10 ago 2005.
- [20] DUTRA, E. G. et al, *Inspeção da emissão de opacidade por veículos a diesel*. Seminário de Tecnologia de Motores Combustíveis e Emissões 2005. Disponível em CD-ROM, Belo Horizonte, MG, 7 e 8 de set 2005.
- [21] DUTRA, E. G. et al, *Emissão de gases poluentes pela frota de táxi de Belo Horizonte*. Seminário de Tecnologia de Motores Combustíveis e Emissões 2005. Disponível em CD-ROM. Belo Horizonte, MG, 7 e 8 de set 2005.

ANEXO I

Fotos do lançamento do Projeto Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação Inicial no dia 5 de junho de 2003



Figura A1 – Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Prefeito de Belo Horizonte e o Presidente da FEAM com a coordenadora do Projeto.



Figura A2 – Prefeito de Belo Horizonte e o Diretor Presidente da BHTRANS









Figura A3 –Inspeção de emissões de poluentes de um veículo abordado na Avenida Afonso Pena dando seqüência às atividades do evento.



Figura A4 – Equipe Técnica do Projeto.


ANEXO II

“Questionário Padrão” do Projeto de Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação Inicial

 		ENTREVISTADOR	
		Nome: _____	Data: ____/____/____
		Local: _____ N° do Questionário: ____	
IDENTIFICAÇÃO			
1) Placa: _____		2) Marca/Modelo: _____ <input type="checkbox"/> Bicombustível <input type="checkbox"/> Flex	
QUESTIONÁRIO			
3) Nome do Motorista: _____			
4) Data Nascimento ____/____/____		5) Estado Conjugal: <input type="checkbox"/> Não Respondeu <input type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> União Consensual <input type="checkbox"/> Separado não judicialmente <input type="checkbox"/> Separado Judicial/Desquitado <input type="checkbox"/> Divorciado	
6) Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M		6 <input type="checkbox"/> Viúvo <input type="checkbox"/> Solteiro	
7) Nível de Escolaridade:		8) Faixa de Renda Mensal	
<input type="checkbox"/> Não respondeu <input type="checkbox"/> Analfabeto <input type="checkbox"/> 1º. Grau Incompleto <input type="checkbox"/> 1º. Grau Completo <input type="checkbox"/> 2º. Grau Incompleto <input type="checkbox"/> 2º. Grau Completo <input type="checkbox"/> Superior Incompleto <input type="checkbox"/> Superior Completo		<input type="checkbox"/> Não respondeu <input type="checkbox"/> R\$ 601 - R\$ 800 <input type="checkbox"/> Desempregado <input type="checkbox"/> R\$ 801 - R\$ 1.000 <input type="checkbox"/> < R\$ 200 <input type="checkbox"/> R\$ 1.001- R\$ 2.000 <input type="checkbox"/> R\$ 201-R\$ 400 <input type="checkbox"/> R\$ 2.001- R\$ 4.000 <input type="checkbox"/> R\$ 401-R\$ 600 <input type="checkbox"/> > R\$ 4.000	
9) Endereço Residencial: _____			
Rua _____			Bairro: _____
Cidade: _____		Telefone: (31) _____ - _____	
10) Sua residência é: <input type="checkbox"/> Não respondeu <input type="checkbox"/> Alugada <input type="checkbox"/> Financiada <input type="checkbox"/> Cedida <input type="checkbox"/> Própria			
11) A sua residência tem quantos veículos de uso particular? _____			
12) Quem é o proprietário desse veículo? <input type="checkbox"/> Eu mesmo <input type="checkbox"/> Empresa <input type="checkbox"/> Espos(a) <input type="checkbox"/> Pai/Mãe <input type="checkbox"/> Irmão(ã) <input type="checkbox"/> Tio(a) <input type="checkbox"/> Avós <input type="checkbox"/> Outros: _____			
13) É o primeiro proprietário desse veículo? <input type="checkbox"/> Não sabe <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim			
14) Faz as revisões conforme as recomendações de fábrica? <input type="checkbox"/> Não sabe <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Às vezes			
15) Já fez alguma alteração/manutenção no catalisador? <input type="checkbox"/> Não sabe <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Tem			
16) O motor é retificado? <input type="checkbox"/> Não sabe (VÁ PARA QUESTÃO 18) <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não (VÁ PARA QUESTÃO 18)			
17) Qual a quilometragem após a retificação? _____ Km <input type="checkbox"/> Não sabe			
18) Quem dirige esse veículo com maior frequência? _____			
19) Em média, quantos quilômetros você percorre por semana? _____ Km <input type="checkbox"/> Não sabe			
INFORMAÇÃO VISUAL DO VEÍCULO			
Pneus: (coloque a condição de cada pneu na figura)		<input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> 	
		1. careca 2. Semi-novo	
		3. Desgaste desigual 4. Novo	
Lataria/Pintura	Farol/Lanterna	Retrovisor	Pára-choques
<input type="checkbox"/> amassada <input type="checkbox"/> enferrujada <input type="checkbox"/> queimada <input type="checkbox"/> arranhada <input type="checkbox"/> em bom estado	<input type="checkbox"/> farol quebrado <input type="checkbox"/> farol em bom estado <input type="checkbox"/> lanterna quebrada <input type="checkbox"/> lanterna bom estado	<input type="checkbox"/> falta um <input type="checkbox"/> quebrado <input type="checkbox"/> bom estado	<input type="checkbox"/> amarrado <input type="checkbox"/> amassado <input type="checkbox"/> quebrado <input type="checkbox"/> bom estado
		Escapamento	
		<input type="checkbox"/> ruim <input type="checkbox"/> bom <input type="checkbox"/> ótimo	
Usado do Veículo: <input type="checkbox"/> Táxi <input type="checkbox"/> Escolar <input type="checkbox"/> Uso Próprio <input type="checkbox"/> Trabalhar			

ANEXO III

Relatório de Inspeção de Emissões de um Veículo Ciclo Otto

		<p>PROJETO EDUCATIVO INSPEÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES Cooperação técnica: FEAM, PBH, UFMG</p>		
O.S.: 1384		Inspeção e Manutenção - PC-IM		
<i>Inspeção</i>				
Informações gerais				
Local : Av: Andradas				
Dados do veículo				
Placa : GLA4647	Cidade : BELO HORIZONTE	Estado : MG		
Marca : FORD	Modelo : ESCORT XR3 1.6	Nº do Chassi :		
Hodômetro : 46439	Ano de Fabricação : 1988	Ano do Modelo: 1988	Combustível : Álcool	
Temperatura do óleo lubrificante : 70 à 115 (°C)				
Condições gerais do ensaio				
Temperatura do ar de admissão : 22 (°C)		Temperatura do óleo lubrificante : 87 (°C)		
Rotação de marcha lenta : 900 (min ⁻¹)		Rotação de máxima livre : 5200 (min ⁻¹)		
Velocidade do Vento : 1,1 (m/s)				
Inspeção Visual				
Aprovado				
Medição de Ruído do Escapamento Ensaio conforme a NBR 9714				
Decibelímetro : Fabricante : Bruel & Kjaer Modelo : 2232 De acordo com a IEC 651				
	Ruído de Fundo dB(A)	Medição dB(A)	Rotação de Medição (min⁻¹)	
Medição Nº 1	72,8	92,4	3900	
Medição Nº 2	57,5	92,7		
Medição Nº 3	76,1	92,9		
		Media dB(A)	Limite Máximo dB(A)	
		92,7	95	
Aprovado				
Medição de Gases Ensaio conforme CONAMA 7/93				
ÁLCOOL	Velocidade Angular	%COc	Diluição(%)	HC (ppm)
2500 (rpm)	2550	3,62	15,7	169
Marcha lenta	850	0,60	9,3	201
Limites	ML:600-1200 rpm	5,00	mínimo 6%	1100
Aprovado				
Responsável : SANTOS/FLAVIO/LUIS/				R-1.06/03G
Data : 18/10/05		Hora Inicial : 10:21:16		Hora Final : 10:24:43
				Napros Eletrônica Industrial

ANEXO IV

Selo e Folder Educativos do Projeto de Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação



MelhorAR

O Programa de Inspeção de Emissões Veiculares já está nas ruas.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) estão desenvolvendo procedimentos para implantar o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso em Belo Horizonte e Minas Gerais. A meta é controlar a emissão excessiva de poluentes e ruídos por veículos em circulação.

A primeira etapa do programa é educativa. Uma estação móvel computadorizada, equipada com analisadores de ruído, gases e fumaça, estará fazendo teste gratuito para saber como está a saúde de seu carro.

Veículo regulado economiza dinheiro; gasta menos combustível, o motor dura mais tempo e valoriza seu patrimônio. Faça as revisões periódicas e troque o catalisador de acordo com as recomendações do fabricante.



Embarque nessa idéia! A qualidade do ar que respiramos depende dos cuidados que você tem com seu veículo.

Cetev: Centro Tecnológico de Controle de Emissões Veiculares - cetev@ciemec.ufmg.br - (31) 3499.5140

UFMG

PREFEITURA BH
TRABALHANDO PELA CIDADANIA


MINAS GERAIS
GOVERNO DO ESTADO
MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
Construindo um novo tempo

Cooperação Técnica:




ANEXO V

Relatório de Inspeção de Emissões de um Veículo Ciclo Diesel

		PROJETO EDUCATIVO INSPEÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES Cooperação técnica: FEAM, PBH, UFMG								
O.S.: 110		Inspeção e Manutenção - PC-IM								
Inspeção										
Informações gerais										
Ensaio realizado em: () Dinamômetro de chassi (X) Em campo		Altitude : 800 (m)								
Local : BHTRANS										
Dados do veículo										
Placa : GUL6707	Cidade : BELO HORIZONTE	Estado : MG								
Marca : MBENS	Modelo : ÔNIBUS, 42L	Nº do Chassi :								
Hodômetro : 444097	Ano de Fabricação : 1987	Ano do Modelo : 1988								
Condições do Motor : () Original (X) Retificado										
Dados do motor										
Marca : MBENS	Modelo : M3	Nº do Motor :								
Potência máxima/rotação : 130CV / 3000 (kW/min ⁻¹)		Torque máximo/rotação : 244 / 2200 (Nm/min ⁻¹)								
Rotação máxima livre ±100 (min ⁻¹)		Rotação de marcha lenta : 850 ± 50 (min ⁻¹)								
Tipo do Motor : (X) Naturalmente Aspirado () Turboalimentado () Turboalimentado com LD										
Condições gerais do ensaio										
Temperatura do ar de admissão : 25 (°C)		Temperatura do óleo lubrificante : 85 (°C)								
Rotação de marcha lenta : 3000 (min ⁻¹)		Rotação de máxima livre 3000 (min ⁻¹)								
Pressão Barométrica : (kPa)		Velocidade do Vento 0,1 (m/s)	Combustível : () Padrão (X) Comercial							
Inspeção Visual										
/ /										
Aprovado										
Medição de Ruído Emitido pelo Escapamento										
Decibelímetro : Fabricante : Bruel & Kjaer		Modelo : 2232	De acordo com a IEC 651							
	Ruído de Fundo dB(A)	Medição dB(A)	Rotação de Medição (1/min⁻¹)							
Medição Nº 1	61,8	93,6	2270							
Medição Nº 2	61,1	92,7								
Medição Nº 3	61,8	93,6								
		Media dB(A)	Limite Máximo dB(A)							
		93,3	92							
Ruído do escapamento acima do limite										
Reprovado										
Medição da Opacidade										
Opacimetro : Fabricante : Sensors, inc.		Modelo : LCS2100								
Fluxo : () Total (X) Parcial		Comprimento do caminho ótico : 384 mm								
Aceleração Nº	1	2	3	() 4	() 5	() 6	() 7	() 8	() 9	() 10
Opacidade (m⁻¹)	7,54	3,96	4,35	3,81	3,30	3,25	3,22	3,17	2,99	2,85
Aceleração Considerada	2998	3012	2998	3017	3012	3012	3017	3017	3007	3007
Resultado : Em (m⁻¹)				Opacidade máxima permitida : 2,5 (m⁻¹)						
Variação e valores decrescentes !										
Reprovado										
Responsável : Elisete/Leonardo/Ely/Marcio										R-1.03/03E
Data : 04/07/03		Hora Inicial : 15:12:14		Hora Final : 15:22:53		Napro Eletrônica Industrial				

ANEXO VI

Relatório de Inspeção de Emissões de um Veículo Bi-Combustível

		PROJETO EDUCATIVO INSPEÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES Cooperação técnica: FEAM, PBH, UFMG	
		Inspeção e Manutenção - PC-IM	
D.S.: 1325		Inspeção	
Informações gerais			
Local : Av: Andradas			
Dados do veículo			
Placa : GVR7860	Cidade : BELO HORIZONTE	Estado : MG	
Marca : GM	Modelo : CORSA GL	Nº do Chassi :	
Hodômetro : 82551	Ano de Fabricação : 1996	Ano do Modelo: 1996	Combustível : Gasolina
Temperatura do óleo lubrificante : 70 à 115 (°C)			
Condições gerais do ensaio			
Temperatura do ar de admissão : 22 (°C)		Temperatura do óleo lubrificante : 104 (°C)	
Rotação de marcha lenta : 950 (min ⁻¹)		Rotação de máxima livre : 5600 (min ⁻¹)	
Velocidade do Vento : 0,1 (m/s)			
Inspeção Visual			
/ /			
Aprovado			
Medição de Ruído do Escapamento		Ensaio conforme a NBR 9714	
Decibelímetro : Fabricante : Bruel & Kjaer Modelo : 2232 De acordo com a IEC 651			
	Ruído de Fundo dB(A)	Medição dB(A)	Rotação de Medição (min⁻¹)
Medição Nº 1	55,2	73,5	4200
Medição Nº 2	62,3	73,3	
Medição Nº 3	61,1	72,6	
		Media dB(A)	Limite Máximo dB(A)
		73,1	85,9
Aprovado			
Medição de Gases		Ensaio conforme CONAMA 7/9	
GASOLINA	Velocidade Angular	%COc	Diluição(%)
2500 (rpm)	2500	0,00	14,5
Marcha lenta	970	0,12	14,8
Limites	ML:600-1200 rpm	3,00	minimo 6%
			HC (ppm)
			105
			140
			700
Aprovado			
GÁS NATURAL	Velocidade Angular	%COc	Diluição(%)
2500 (rpm)	2570	0,00	14,5
Marcha lenta	970	0,14	14,8
Limites	ML:600-1200 rpm	3,00	minimo 6%
			HC (ppm)
			118
			178
			700
Aprovado			
Responsável : SANTOS/FLAVIO/LUIS		R-1.06/030	
Data : 05/10/05	Hora Inicial : 10:23:47	Hora Final : 10:40:29	Napro Eletrônica Industri

ANEXO VII

Fatores Médios de Emissão de Veículos Leves Novos ⁽¹⁾

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)
PRÉ - 19 80	Gasolina	54,0	4,7
1980 - 1983	Gasolina C	33,0	3,0
	Álcool	18,0	1,6
1984 -1985	Gasolina C	28,0	2,4
	Álcool	16,9	1,6
1986 - 1987	Gasolina C	22,0	2,0
	Álcool	16,0	1,6
1988	Gasolina C	18,5	1,7
	Álcool	13,3	1,7
1989	Gasolina C	15,2	1,6
	Álcool	12,8	1,6
1990	Gasolina C	13,3	1,4
	Álcool	10,8	1,3
1991	Gasolina C	11,5	1,3
	Álcool	8,4	1,1
1992	Gasolina C	6,2	0,6
	Álcool	3,6	0,6
1993	Gasolina C	6,3	0,6
	Álcool	4,2	0,7
1994	Gasolina C	6,0	0,6
	Álcool	4,6	0,7
1995	Gasolina C	4,7	0,6
	Álcool	4,6	0,7
1996	Gasolina C	3,8	0,4
	Álcool	3,9	0,6
1997	Gasolina C	1,2	0,2
	Álcool	0,9	0,3
1998	Gasolina C	0,8	0,1
	Álcool	0,7	0,2

Continua

Conclusão

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)
1999	Gasolina C	0,7	0,1
	Álcool	0,6	0,2
2000	Gasolina C	0,73	0,13
	Álcool	0,63	0,18
2001	Gasolina C	0,48	0,11
	Álcool	0,66	0,15
2002	Gasolina C	0,43	0,11
	Álcool	0,74	0,16
2003	Gasolina C	0,40	0,11
	Álcool	0,77	0,16
	Flex-Gasol.C	0,50	0,05
	Flex-Álcool	0,51	0,15
2004	Gasolina C	0,35	0,11
	Álcool	0,82	0,17
	Flex-Gasol.C	0,39	0,08
	Flex-Álcool	0,46	0,14

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção. **Gasolina C:** 78% gasolina + 22% álcool.

(Fonte: www.ibama.gov.br/proconve/home.htm)