



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS GERADAS POR VEÍCULOS
AUTOMOTORES EM NATAL - RN

HERMINIO PEREIRA DE BRITO

Novembro 2005

Natal – RN

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS GERADAS POR VEÍCULOS
AUTOMOTORES EM NATAL -RN

HERMINIO PEREIRA DE BRITO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Pereira de Brito

Novembro 2005

Natal – RN

TERMO DE APROVAÇÃO**ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS GERADAS POR VEÍCULOS
AUTOMOTORES EM NATAL -RN****HERMINIO PEREIRA DE BRITO**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Pereira de Brito
Orientador

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN

Profª. Drª. Patrícia Guimarães
Examinador externo

Faculdade Natalense Para o Desenvolvimento do RN - FARN

Prof. Dr. George dos Santos Marinho
Examinador Interno

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN

Prof. Dr. Luciano Bet
Examinador Interno

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN

Natal, 11 de novembro de 2005

“Como é que se pode comprar ou vender o céu, o calor da terra?

Essa idéia nos parece estranha.

**Se não possuimos o frescor do ar e o brilho
da água, como é possível comprá-los?”**

**“O que ocorrer com a terra,
recairá sobre os filhos da terra.**

Há uma ligação em tudo.”

Noah Sealth,

Chefe Indígena Norte Americano

1854

DEDICATÓRIAS

A minha mãe

Que apesar de não saber ler nem escrever fez da educação dos filhos a razão de sua existência.

A meu pai

Pela liberdade que me proporcionou para conhecer o mundo e pelo equilíbrio nos seus gestos e ações.

Aos meus irmãos

Pelo companheirismo, solidariedade e união que nutrimos uns pelos outros.

A minha avó Cristina (Mãe Outra)

Por no século XIX, ter vencido a ignorância e a opressão contra as mulheres, aprendendo a ler e escrever usando o carvão do fogão de lenha, e por ter-me dado o privilégio de a conhecer contando esta e outras tantas histórias de sua vida.

A Núbia, minha mulher

Pelo seu amor e pela coragem de enfrentar comigo todas as lutas de nossas vidas.

A Cristina e Cecília, minhas filhas

Por elas existirem e pela alegria que me dão todos os dias.

A Luiz Pereira, meu irmão

Por em momento muito difícil de minha vida ter-me resgatado o gosto pela ciência e com isto ter aberto uma réstia de luz no fim de um túnel que se mostrava muito escuro.

A Ana Brito, minha irmã

Se você tivesse outro nome, Ana, seria por justiça, solidariedade. Sua vida e seus exemplos têm sido para mim um farol.

Ao Dr. Vulpiano Cavalcante

Um democrata radical. Em seu nome dedico a todos os companheiros das lutas políticas e sociais por um mundo e um país mais justo e democrático.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Cláudio Romero Rodrigues de Almeida, pelo acesso irrestrito ao banco de dados dos níveis de emissões.

Ao Engenheiro Mecânico, Kresly Medeiros de Faria, pela ajuda inestimável na coleta dos dados.

À Professora Edna Maria da Silva, Pró-Reitora de Pós-Graduação da UFRN, pela confiança e compreensão nos últimos passos deste trabalho.

À Professora Eve Maria Freire de Aquino, ex-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, pela alegria que me recebeu de volta a UFRN.

Ao Professor Rubens Maribondo do Nascimento, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, pela paciência responsável e vigilante que exerceu, e que foram fundamentais para a defesa desta dissertação.

A Marisa Mendonça, Secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, pelas inúmeras ajudas, por sua competência e dedicação que devota ao seu trabalho.

Aos meus colegas de curso, especialmente, William, Vânio e Rocio pelo convívio e pelas angústias que vencemos juntos.

À amiga Ana Paula Costa, pela afinidade dos temas de nossas dissertações e por todos os conhecimentos compartilhados.

À professora Ana Maria de Brito, pela inestimável ajuda no tratamento dos dados estatísticos.

Ao professor Luiz Pereira de Brito pela competente e segura orientação e pelo incentivo para que eu voltasse a estudar.

À Banca do exame de qualificação, Professores George dos Santos Marinho e Luciano Bet, pelas valiosas contribuições feitas ao trabalho.

À Empresa SEIV – Sistema Especializado em Inspeção Veicular, filial de Natal, pelo acesso a aos seus bancos de dados.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela contribuição que tem dado ao engrandecimento científico e tecnológico do Rio Grande do Norte e do Brasil.

À CAPES pela bolsa que viabilizou financeiramente minha permanência no curso, assim como faz, há muito tempo, com tantos estudantes brasileiros.

A todos que, de alguma forma, colaboraram na elaboração deste trabalho e que por esquecimento não foram citados nominalmente.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

RESUMO

ABSTRACT

1- INTRODUÇÃO.....	1
2- OBJETIVO, JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	4
2.1- Objetivo Geral	4
2.2- Objetivos Específicos	4
2.3- Justificativa e Relevância.....	5
3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1- O ar e suas características.....	6
3.2- Poluição do ar.....	7
3.2.1. Inventário das fontes poluidoras do ar.....	8
3.2.1.1- Fontes pontuais.....	8
3.2.1.2- Fontes de área.....	8
3.2.1.3- Emissões veiculares.....	9
3.2.1.4- Fontes naturais.....	10
3.2.2- Os principais poluentes atmosféricos.....	11
3.2.2.1- Primários.....	11
3.2.2.2- Secundários.....	12
3.2.3- Poluição atmosférica gerada por veículos automotores.....	12
3.2.3.1- Monóxido de carbono (CO)	12
3.2.3.2- Hidrocarbonetos (HC).....	14

	10
3.2.3.3- Óxidos de nitrogênio (NO _x).....	15
3.2.3.4- Dióxido de enxofre (SO ₂).....	16
3.2.3.5- Aldeídos (HCO).....	17
3.2.3.6- Material particulado (fuligem).....	17
3.2.3.7- Dióxido de carbono (CO ₂).....	18
3.2.4- Principais fontes e efeitos à saúde humana das emissões veiculares	19
3.2.5- Métodos de amostragem dos principais poluentes atmosféricos.....	21
3.2.6- Impactos ocasionados pelos poluentes atmosféricos.....	22
3.2.6.1- Efeito estufa.....	22
3.2.6.2- Degradação da camada de ozônio.....	24
3.2.6.3- Chuvas ácidas.....	26
3.2.6.4- Inversão térmica.....	28
3.3.7- Influência das condições meteorológicas na qualidade do ar.....	29
3.3- Combustíveis.....	31
3.3.1- Gasolina.....	31
3.3.2- Gás natural.....	39
3.3.3- Álcool.....	47
3.4- Motores de combustão interna.....	51
3.4.1- Combustão interna.....	51
3.4.1.1- Combustão completa.....	52
3.3.1.2- Combustão incompleta.....	53
3.4.2- Funcionamento dos motores de combustão interna de ignição por centelha.....	53
3.4.3- Formação dos poluentes nos motores de combustão interna	56

	11
3.5- Sistema de controle de emissões veiculares.....	59
3.5.1- Catalisador.....	60
3.5.2- Injeção eletrônica.....	61
3.6- Evolução do controle de emissões veiculares.....	65
3.6.1- Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – PROCONVE.....	67
3.6.2- Programas de inspeção e manutenção de veículos em uso	72
3.7- Análise da legislação pertinente.....	73
3.7.1- Legislação internacional	73
3.7.2- Legislação nacional	75
3.7.3- Legislação estadual e municipal de Natal - RN.....	76
4. METODOLOGIA.....	79
4.1- Caracterização da área de estudo.....	79
4.2- Coleta de dados, parâmetros analisados e padrões utilizados.....	80
4.3- Procedimentos para realização da inspeção de emissões.....	82
4.3.1- Analisador de gases e fumaça.....	82
4.3.1.1- Especificações técnicas do equipamento analisador de gases.....	84
4.3.1.2- Descrição da operação da análise de gases.....	85
4.3.1.3- Conexão de sensores.....	88
4.4- Processamento e tratamento estatístico dos dados.....	92
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	93
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	113
6.1- Conclusões.....	113
6.2- Recomendações.....	114

7- REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	117
8- ANEXO.....	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fontes de poluentes atmosféricos.....	11
Figura 2- Comportamento da emissão de CO em função de λ	13
Figura 3- Comportamento da emissão dos HC em função de λ	14
Figura 4- Comportamento da emissão dos NO em função de λ	16
Figura 5- Comportamento da emissão dos CO ₂ em função de λ	19
Figura 6- Efeito estufa.....	23
Figura 7- Formação da camada de ozônio	25
Figura 8- Buraco na camada de ozônio sobre o Continente Antártico – 2003	26
Figura 9- Buraco na camada de ozônio sobre o Continente Antártico – 2005.....	26
Figura 10- Desgaste ocasionado pela chuva ácida num período de 60 anos – estátua de mármore localizada no Castelo de Herten – Alemanha.....	27
Figura 11- Fenômeno de inversão térmica.....	28
Figura 12- Estrutura da gasolina	31
Figura 13- Técnico acompanha uma destilação de gasolina em aparelho automático no laboratório da REGAP.....	36
Figura 14- Produção brasileira de gás natural por região	45
Figura 15 - Mapa ilustrativo da malha dutoviária de gás natural no Brasil.....	45
Figura 16- Mapa ilustrativo da rede de postos de abastecimento de GNV no Brasil.....	47
Figura 17- Pontos de emissões veiculares.....	54
Figura 18- Geometria básica da câmara de combustão de um motor de ignição por centelha.....	54
Figura 19- 1º Tempo do motor (admissão).....	55
Figura 20- 2º Tempo do motor (compressão)	55

Figura 21- 3º Tempo do motor (ignição)	56
Figura 22- 4º Tempo do motor (escape)	56
Figura 23- Emissão de poluentes em função da variação da proporção ar/combustível antes do catalisador.....	58
Figura 24- Emissão de poluentes em função da variação da proporção ar/combustível após o catalisador.....	58
Figura 25- Sistema de controle de emissões veiculares.....	59
Figura 26- Estrutura interna de um catalisador	60
Figura 27- Sistema de injeção eletrônica do tipo LH-Jetronic	62
Figura 28- Principais componentes do sistema L-Jetronic.....	63
Figura 29- Estrutura interna de um injetor eletromagnético	65
Figura 30- Localização da cidade de Natal	80
Figura 31- Fluxograma operacional da inspeção veicular	82
Figura 32- Vista geral do equipamento analisador de gases e fumaça em operação.....	83
Figura 33- Vista da parte traseira do analisador de gases e fumaça.....	83
Figura 34- Início da operação com as conexões dos sensores.....	85
Figura 35- Fluxograma da seqüência de operações de teste de emissões	87
Figura 36- Planilha de amostragem final do teste de emissões	88
Figura 37- Sensor captador de rotação.....	89
Figura 38- Sensor de captador de rotação conectado a um cabo de velas	89
Figura 39- Sonda para medir a temperatura do óleo lubrificante do motor.....	90
Figura 40- Ajuste do comprimento da sonda de temperatura em função do comprimento da vareta de verificação do nível de óleo lubrificante do motor.....	90

Figura 41- Sonda de temperatura conectada ao tubo da vareta de medição do nível de óleo lubrificante do motor.....	91
Figura 42- Sonda coletora de gases próxima ao tubo de escapamento de um veículo.....	91
Figura 43- Evolução da frota de veículos da cidade de Natal - RN convertido a GNV.....	93
Figura 44- Evolução da frota de veículos bi-combustível da cidade de Natal – RN..	94
Figura 45- Frota de veículos por tipo de combustível no RN	95
Figura 46- Distribuição da frota por ano de fabricação	95
Figura 47- Percentual de veículos reprovados nas inspeções veiculares em pelo menos um parâmetro.....	97
Figura 48- Distribuição da frota da amostra pelo tipo de combustível	97
Figura 49- Percentual de veículos reprovados em função do tipo de combustível....	98
Figura 50- Comparativo entre os veículos movidos a gasolina e a álcool em função da idade.....	99
Figura 51- Veículos reprovados em função do tipo de combustível entre os fabricados de 1989 e 1991.....	100
Figura 52- Veículos reprovados em função do tipo de combustível entre os fabricados de 1992 e 1996.....	100
Figura 53- Veículos reprovados em função do tipo de combustível entre os fabricados de 1997 e 2004.....	101
Figura 54- Percentual de reprovação da frota em função do ano de fabricação do veículo	101
Figura 55- Resultado das inspeções veiculares em função da velocidade angular do motor para veículos movidos a GNV.....	102
Figura 56- Resultado das inspeções veiculares em função da velocidade angular do motor para veículos movidos a gasolina.....	102
Figura 57- Resultado das inspeções veiculares em função da velocidade angular do motor para veículos movidos a Álcool	103

Figura 58- Veículos a GNV reprovados por quantidade de parâmetros.....	105
Figura 59- Veículos a GNV reprovados por parâmetros.....	106
Figura 60- Veículos a GASOLINA reprovados por quantidade de parâmetros.....	106
Figura 61- Veículos a GASOLINA reprovados por parâmetros.....	107
Figura 62- Veículos a ÁLCOOL reprovados por quantidade de parâmetros.....	107
Figura 63- Veículos a ÁLCOOL reprovados por parâmetros.....	108
Figura 64- Médias das emissões do COc por combustível	108
Figura 65- Médias das emissões do HC por combustível	109
Figura 66- Médias das emissões da Diluição por combustível	109
Figura 67- Médias das emissões em Marcha Lenta por combustível	110
Figura 68- Médias das emissões em Marcha Alta por combustível	110
Figura 69- Percentual de veículos com catalisador na amostra	111
Figura 70- Percentual de veículos reprovados que possuem ou não catalisador, considerando toda a frota amostral	112
Figura 71- Percentual de veículos reprovados que possuem ou não catalisador, considerando o ano de fabricação de 1997 – 2004.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição do ar.....	06
Tabela 2- Composição do ar a 36°C e 100% de umidade relativa.....	07
Tabela 3- Descrição de termos para partículas atmosférica.....	18
Tabela 4- Principais gases poluentes e seus efeitos para a saúde humana e o meio ambiente	20
Tabela 5- Métodos de análises dos principais poluentes atmosféricos	21
Tabela 6- Características das gasolinas produzidas pela PETROBRAS.....	38
Tabela 7- Especificações do GNV por região do País.....	41
Tabela 8- Classificação dos kits de conversão.....	42
Tabela 9- Emissões veiculares em ciclo dinamométrico realizado no CENPES.....	43
Tabela 10- Produção de gás natural por Estado da Federação.....	44
Tabela 11- Comparativo das vantagens econômicas no uso de GNV em Natal– setembro 2005.....	61
Tabela 12- Fatores de Emissão de veículos leves novos – Álcool – 1994.....	65
Tabela 13- Fatores médios de emissão de veículos leves novos	68
Tabela 14- Limites máximos de emissões estabelecidos pelo PROCONVE para veículos leves novos.....	70
Tabela 15- Limites máximos de emissões estabelecidos pelo PROCONVE para veículos automotores em todo território nacional.....	71

Tabela 16- Limites para fins de inspeção de veículos leves do ciclo OTTO	73
Tabela 17- Especificações técnica do analisador de gases e fumaça	84
Tabela 18- Dados a serem preenchidos no início do teste de gases	86
Tabela 19- Distribuição da frota da amostra por ano de fabricação e faixas de limites preconizadas pela Resolução CONAMA nº 07/93	96
Tabela 20- Veículos reprovados por tipo de combustível	98
Tabela 21- Resultados das inspeções veiculares em função do combustível e dos parâmetros definidos pela Resolução CONAMA nº 07/93.....	104
Tabela 22- Resultados das inspeções veiculares em função do combustível e das médias dos parâmetros definidos pelos Programas I/M.....	105

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AEHC- Álcool Etilico Hidratado Carburante ou Etanol
- AFR- Relação Ar Combustível
- ANFAVEA- Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores
- ANP- Agência Nacional de Petróleo
- C- Carbono
- CAA- *The Clean Air Act*
- CAGN- Certificado Ambiental para uso do Gás Natural
- CE- Comunidade Européia
- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CFC- Cloro-fluorcarbono
- CFCs- Cloro-fluorcarbonos
- CH- Hidrocarbonetos
- CH₂- Hidrocarboneto eteno
- CH₃- Radical fragmento do metano
- CH₄- Hidrocarboneto metano
- CH₃CH₂OH- Etanol
- CHO- Aldeídos
- Cl- Cloro
- C_nH_m- Fórmula genérica dos hidrocarbonetos parafínicos
- CNP- Conselho Nacional de Petróleo
- CO - Monóxido de Carbono
- COc – Monóxido de Carbono Corrigido
- CO₂- Dióxido de Carbono
- CO + CO₂- Diluição
- CONPLAM- Conselho de Planejamento e Meio Ambiente do Município de Natal/RN
- CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONTRAN- Conselho Nacional de Trânsito
- COV- Compostos Orgânicos Voláteis

CTB- Código de Trânsito Brasileiro
CTGÁS- Centro de Tecnologias do Gás
DETRAN- Departamento Estadual de Trânsito
DNC- Departamento Nacional de Combustíveis
E- Leste
ECO-92- Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992
E.L.R- Ciclo Europeu de Resposta em Carga
EPA-Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
E.S.C- Ciclo Europeu de Regime Constante
E.T.C- Ciclo Europeu em Regime Transiente
ETI- *Environement et Technologie Internacional*
EUA- Estados Unidos da América
EGR- *Exhaust Gas Recirculation*
GASBOL- Gasoduto Brasil-Bolívia
GN- Gás Natural
GNV- Gás Natural Veicular
H- Hidrogênio
HC- Hidrocarboneto
HC* - Hidrocarbonetos exceto o Metano
H₃C- Radical fragmento do metano
HCT-Hidrocarbonetos Totais
HCO- Aldeídos
HC_x- Hidrocarbonetos
HNO₃- Ácido Nítrico
H₂O- Água
H₂O₂- Peróxido de Hidrogênio
H₂S- Gás Sulfídrico
H₂SO₄- Ácido Sulfúrico
HW- *Hot Wire*
IAD- Índice Antidetonante
IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEMA- Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
INMETRO- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INPM- Instituto Nacional de Pesos e Medidas
MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MEG- Metanol, Etanol e Gasolina
Metanol- Álcool Metílico
MP- Material Particulado
MTPE- *Metil, Terc-Butil-Éter*
NE- Nordeste
NEPA- Lei da Política Nacional do Meio Ambiente
NBR- Normas Técnicas Brasileiras
N₂- Nitrogênio gasoso
N₂ + CO₂- Inertes
NEPA- *National Environmental Policy Act of*
NMHC- Hidrocarboneto não metano
NO- Óxido de Nitrogênio
NO_x - Óxidos de Nitrogênio
NO₂- Dióxido de Nitrogênio
NO₃⁻ - Íon Nitrato
N₃O- Óxido Nitroso
OBD- *On Board Diagnosis*
O₂- Oxigênio
O₃- Ozônio
PANs- Peroxiacetilnitratos
PETROBRAS- Petróleo Brasileiro S/A
pH- Medida da acidez ou alcalinidade
PM-10- Material Particulado Inalável
PPA- *The Pollution Act*
ppm- Parte por milhão
PROALCOOL- Programa Nacional do Álcool
PROCONVE- Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
Programa de I/M- Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso

PTS- Partícula total em suspensão

PVR- Pressão de Vapor *Reid*

p-valor- Significância

REGAP- Refinaria Gabriel Passo

RCHO- Aldeídos

RPM- Rotação por minuto

SE- Sudeste

SEPLAN- Secretaria de Estado do Planejamento do estado do Rio Grande do Norte

SO₂ - Dióxido de Enxofre

SO₃- Trióxido de Enxofre

SO₄⁻² - Íon Sulfato

SO_x- Óxidos de Enxofre

TSCA- *The Toxic Substances Control Act*

EU- União Européia

UFRJ- Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRN- Universidade Federal do Rio Grande do Norte

WHO-Organização Mundial de Saúde

µm- Micrometros

λ- Fator lambda

χ²- Qui-quadrado

Brito, Herminio Pereira de (2005). Análise das emissões atmosféricas geradas por veículos automotores em Natal-RN. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Área de Concentração: Energia e Meio Ambiente.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Pereira de Brito

RESUMO

Com a rápida ocupação urbana do Brasil, notadamente a partir da última década de 50, verificou-se uma sensível degradação da qualidade do ar gerada principalmente pelas atividades humanas associadas à industrialização. Ao longo dos anos, esta situação tem se agravado em função do incremento da frota de veículos automotores em circulação nas grandes cidades. Sendo estes, na cidade de Natal-RN, os que oferecem as maiores contribuições à poluição atmosférica. Pelo ar atmosférico ser um recurso natural finito, indispensável e essencial à manutenção da vida na terra, é necessária a implementação de ações para melhorar sua qualidade e proteger a saúde da população. Com o objetivo de estudar aspectos relativos às características de veículos automotores em uso, o presente estudo busca analisar os níveis de emissões de gases gerados por veículos automotores convertidos a bi-combustíveis nas modalidades: Gás Natural Veicular, Gasolina e Álcool, inspecionados para fins de registro e licenciamento junto ao Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Norte. Utilizaram-se os dados obtidos a partir de inspeções realizadas pela empresa Sistema Especializado em Inspeção Veicular, na cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte, entre os dias 14 de novembro de 2003 e 30 de dezembro de 2004. Os parâmetros analisados foram os estabelecidos na resolução nº 07/93 – CONAMA. De um total de 1.517 veículos inspecionados, obteve-se uma média de 15,2% de reprovação, ou seja, que emitem níveis de poluição acima dos limites estabelecidos pela legislação, abaixo da média nacional que é de 20,0%. A análise dos dados revela que 7,3% da frota é convertida a GNV; o crescimento da frota de veículos convertidos a GNV na cidade, é progressivo, com uma média de incremento nos últimos 4 anos de 23,3%; há um predomínio de veículos que têm como combustível original a gasolina (88,2%); a frota inspecionada tem idade média de 8 anos de uso, considerada jovem para os padrões brasileiros, exceto para a movida à álcool (média de uso 15 anos). Além disso, tipo de combustível não é o principal parâmetro para se definir os índices de emissões; a idade da frota é o parâmetro mais importante quando se analisa emissão veicular; o gás que mais gera reprovação nas inspeções é o monóxido de carbono corrigido; os veículos geram índices mais elevados de emissões em marcha lenta para todos os combustíveis; a presença do catalisador não se refletiu, como se esperava, na redução de emissões de gases tóxicos, porém quando analisado segundo o ano de fabricação, observou-se que para os veículos fabricados entre 1997 e 2004, houve uma redução de 46,0% nas reprovações dos veículos equipados com catalisador. Em conclusão, a frota estudada em média atende às exigências da Resolução CONAMA nº 07/93. Os resultados apresentados no presente estudo podem subsidiar ações de gestões públicas que visem à melhoria e a manutenção da qualidade do ar na cidade de Natal, como, por exemplo, implantar uma rede de monitoramento da qualidade do ar.

PALAVRAS-CHAVE: poluição atmosférica; emissões veiculares; veículos bi-combustíveis; inspeção veicular.

Brito, Herminio Pereira de (2005). Análise das emissões atmosféricas geradas por veículos automotores na cidade de Natal-RN Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Área de Concentração: Energia e Meio Ambiente.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Pereira de Brito

ABSTRACT

The fast urban occupation of Brazil, mainly from the last decade of 50, a sensible degradation of the quality of the air generated mainly for the activities was verified human beings associates to industrialization. From the past years, the situation has gotten worst in function of the increment of the fleet of vehicles in circulation in the great cities. Being these, in the city of Natal-RN, the ones that offer the biggest contributions to the atmospheric pollution. For atmospheric air to be a finite natural resources, indispensable and essential to the maintenance of the life in the land, is necessary to the implementation of action to improve its quality and to protect the health of the population. With the objective to study relative aspects to the characteristics of vehicles in use, the present study it searches to analyze the levels of emissions of gases generated for vehicles converted bi-fuels into the modalities: natural gas (GNV), gasoline and alcohol, inspected for ends of register and together licensing to the State Department of Transit. One used the data gotten from inspections carried through for the company System Specialized in Inspection To propagate, in the city of the Natal-RN, capital of the State of Rio Grande do Norte, between 14 of November of 2003 and 30 of December of 2004. The analyzed parameters are established in the resolution nº 07/93 – CONAMA. Of a total of 1.517 inspected vehicles, a average of 15,2% of failed was gotten, or either, that they emit levels of pollution above of the limits established for the legislation, below of the national average that is of 20,0%. The analysis of the data discloses that 7.3% of the fleet are converted the GNV; the growth of vehicles converted the GNV into the city is gradual, with a average of increment in last the 4 years of 23,3%; it has a vehicle predominance that has as combustible original to the gasoline (88,2%); the inspected fleet has average age of 8 years of use, considered young for the Brazilian standards, except for the moved one to the alcohol (average of use of 15 years). Moreover, the type of fuel is not the main parameter to define the indices of emissions; the age of the fleet is the parameter most important when emission is analyzed to propagate; the gas that more generates failed in the inspections is the corrected carbon monoxide; the vehicles generate higher indices of emissions in idling for all the fuels; the presence of the catalyser was not reflected, as it expected, in the reduction of emissions of gases toxic, however when analyzed according to year of manufacture, it was observed that for the vehicles manufactured between 1997 and 2004, reduction of 46,0% in the failed of the vehicles equipped with catalyser was gotten. In conclusion, the fleet of the studied sample, in average terms, takes care of to the requirements of Resolution CONAMA nº 07/93. The results gotten for the present study can subsidize action of public administrations that aim at to the improvement and the maintenance of the quality of air in the city of Natal-RN, as, for example, to implant a net of monitoramento of the quality of air.

Keywords: Atmospheric pollution; Emissions to propagate; Bi-fuels vehicles; Inspection to propagate

1- INTRODUÇÃO

O ar puro é um recurso natural indispensável à vida na Terra. Constitui a camada da atmosfera chamada de troposfera e tem aproximadamente 12 km de espessura. É uma massa gasosa constituída de nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de carbono, além de outros gases como o hidrogênio, metano, óxido nitroso etc, (BRAGA, 2002).

Considera-se contaminação do ar a adição de qualquer substância que altere suas propriedades físicas e químicas e causem prejuízos ao homem, aos animais, aos vegetais e à vida microbológica, além de provocar danos aos materiais.

Devido a conseqüente mudança de hábitos de nossa sociedade, a atividade humana vem gradativamente ampliando a sua capacidade de alteração do meio ambiente. A contaminação atmosférica é um fenômeno que vem ocorrendo principalmente em decorrência das atividades humanas, sendo necessária, portanto, à implementação de ações para melhorar a qualidade do ar e proteger a saúde de seus habitantes, pois é o somatório de pequenos atos de preservação ambiental que resultam grandes feitos para os ecossistemas e para humanidade.

Muitas cidades da América Latina, em particular do Brasil, enfrentam graves problemas relacionados à crescente poluição do ar como, por exemplo, São Paulo. A Região Metropolitana de Natal-RN ainda não enfrenta esses graves problemas, todavia é necessária a aplicação de políticas preventivas para evitar a contaminação do ar. A adoção dessas medidas se faz necessária para que não ocorra com ar o mesmo que aconteceu com os mananciais subterrâneos de água da região, que eram conhecidos pela pureza e hoje estão poluídos por nitratos (MARTINS, 2004).

O crescimento acentuado da frota de veículos automotivos de Natal, que neste ano de 2005 atingiu a marca de 205.000 veículos (DETRAN, 2005), tendo crescido em média de 6,03% ao ano na última década, aliado à falta de integração entre o planejamento urbano e dos transportes, provoca um aumento nas emissões de poluentes do ar pelo agravamento nas condições de tráfego. Apesar deste aumento poder vir a se tornar um grande problema para Natal num futuro próximo, não existe na cidade uma rede de monitoramento e os dados sobre a poluição do ar são escassos e fruto de pesquisas isoladas. Além disso, nenhuma dessas pesquisas teve como enfoque a poluição atmosférica de origem veicular.

Os veículos automotores são fontes bastante significativas de emissão de poluentes do ar, principalmente nos grandes centros populacionais do país, onde sua contribuição chega a praticamente 100% do total de poluentes emitidos para atmosfera. Ademais, este tipo de emissão se dá praticamente ao nível do solo o que propicia sua inalação e impacto negativo mais direto à saúde da população.

Nesse sentido, a década de 80 foi um marco no controle dessa fonte de emissão, pois com o objetivo de controlar a poluição causada pelos veículos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) instituiu, em 1986, em âmbito nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Estabeleceu-se a partir daí um processo no qual a indústria automobilística deveria se adequar, colocando no mercado modelos cada vez menos poluidores. Após a implantação do programa, os projetos de motores foram revisados com a necessidade da redução das emissões. A primeira fase, de 1988 a 1991, foi caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e melhorias na qualidade de produção. Na segunda fase, que se iniciou em 1992, novas tecnologias foram introduzidas para atender os limites de emissão, em especial, a injeção eletrônica de combustível e os conversores catalíticos. Nessa fase, o desafio tecnológico foi intensificado, principalmente para permitir a adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol em proporção única no mundo. Cabe enfatizar que a incorporação de catalisadores exigiu também a retirada do chumbo, até então adicionado à gasolina. Na terceira e última fase, que se iniciou em 1997, a indústria teve que atender limites ainda mais restritivos.

O fato da poluição do ar ser um dos problemas mais sérios que atinge as sociedades urbanas; dos veículos automotores serem os principais responsáveis pela poluição do ar em centros urbanos; e por Natal dispor de um ar considerado muito bom, faz com que a cada dia aumente a responsabilidade social com relação a este problema.

Estes foram os principais fatores motivadores deste trabalho, pois o conhecimento da qualidade do ar que se respira é imprescindível, principalmente nos grandes centros urbanos onde milhares de pessoas habitam e a probabilidade de danos à saúde humana e aos materiais devido à existência de concentrações de poluentes é cada vez maior.

O objetivo deste trabalho é fazer a análise das emissões atmosféricas de origem veicular na região metropolitana de Natal, baseado em dados obtidos através de inspeções veiculares, instituídas pelo Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso –

Programa de I/M (Resolução CONAMA nº 07/93), para veículos bi-combustível nas modalidades Gás Natural Veicular (GNV)/Gasolina e GNV/Álcool combustível. Foram utilizados os resultados obtidos a partir de inspeções realizadas pela Empresa SEIV – Sistema Especializado em Inspeção Veicular, em uma de suas filiais localizada na cidade de Natal, credenciada pelo Departamento Estadual de Trânsito do Estado do Rio Grande do Norte (DETRAN-RN) e pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

As referidas inspeções foram realizadas entre os dias 12 de janeiro de 2003 a 09 de fevereiro de 2005.

Os parâmetros que serão analisados neste estudo são os estabelecidos na resolução nº 07/93 – CONAMA, quais sejam: Monóxido de Carbono Corrigido (COc), Hidrocarbonetos (HC), Diluição (CO + CO₂) e Velocidade Angular do Motor (RPM).

2- OBJETIVO, JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

2.1- OBJETIVO GERAL

Analisar as emissões de gases geradas por veículos automotores na cidade de Natal-RN, baseado em dados obtidos através de inspeções preconizadas pelo Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso (Programa de I/M), para veículos bi-combustível nas modalidades GNV / Gasolina e GNV / Álcool Combustível.

2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1.1- Traçar o perfil da frota de veículos e sua evolução na cidade de Natal-RN;
- 2.1.2- Analisar a influência do Tipo de Combustível (GNV, Gasolina e Álcool) nos índices de emissões veiculares;
- 2.1.3- Relacionar a Idade da Frota dos veículos nos índices de emissões veiculares;
- 2.1.4- Analisar a influência da Velocidade Angular do Motor (RPM) nos índices de emissões veiculares;
- 2.1.5. Estudar os índices de reprovação em função dos parâmetros definidos pela Resolução CONAMA nº 07/93 (COc, HC, CO + CO₂ e RPM)
- 2.1.5- Avaliar o reflexo do uso de Catalisador nos índices de emissões veiculares;
- 2.1.6- Analisar os índices de reprovação nas inspeções veiculares em relação ao tipo de combustível, idade da frota, rotação de trabalho e uso de catalisador.

2.3- JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O planeta terra não possui uma quantidade infinita de ar puro, aproximadamente 95% do ar encontra-se em uma faixa com cerca de aproximadamente 12 km de espessura em volta do planeta. A maior preocupação é sobre a desinformação e descrédito da população que não percebeu o perigo que está correndo com o crescimento desenfreado da poluição.

As emissões de gases industriais eram as causas maiores da poluição atmosférica até à década de 80. Contudo, com o aumento acelerado da população urbana e o conseqüente crescimento da frota veicular, verificou-se uma inversão nesta tendência. Hoje, quem mais contribui para a degradação do ar do planeta são as emissões por fontes móveis, que tem nos veículos automotores seu maior fomentador.

Verifica-se a premente necessidade de estudos e adoção de medidas preventivas sobre a qualidade do ar da Região Metropolitana de Natal-RN, visto que há um acelerado desenvolvimento populacional, levando a um inevitável incremento da frota de veículo em uso, como também, das atividades comerciais e industriais.

A partir da análise das emissões veiculares na cidade de Natal, será possível informar à sociedade sobre os impactos provocados pelas mesmas, as principais fontes e poluentes. Bem como, gerar resultados que subsidiarão ações de gestão e controle que visem à melhoria ou a manutenção da qualidade do ar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1- O AR E SUAS CARACTERÍSTICAS

É um recurso natural indispensável e essencial à manutenção da vida na terra e possui um importante significado biológico e também econômico. A sua composição não sofreu grandes mudanças ao longo tempo, com algumas alterações ou introduções de compostos, como consequência das atividades humanas ou de fenômenos naturais (MOTA, 1997).

É uma mistura de gases, contendo pequena quantidade de matérias sólidas em suspensão e cuja composição, quando seco e considerado puro, é indicada na Tabela 1 (MACINTYRE, 1988).

Do ponto de vista climático, a troposfera (camada da atmosfera que fica em contato com a superfície da terra) possui importância fundamental, tendo em vista, ser nessa camada onde tem origem praticamente todas as massas de ar que caracterizam as mudanças climáticas da terra (BRAGA, 2002).

Tabela 1: Composição do ar

SUBSTÂNCIA	AR EXTERNO SECO	
	VOLUME (%)	PESO (%)
Nitrogênio, Gases Raros, Hidrogênio	79,00	76,80
Oxigênio	20,97	23,16
Dióxido de Carbono	0,03	0,04

Fonte: (MACINTYRE, 1988)

O estado higrométrico (umidade) do ar e a existência de indústrias poluidoras e de grande número de veículos trafegando em uma cidade alteram os valores acima indicados nas áreas industriais e centros urbanos densamente povoados. A simples presença do homem em um ambiente altera as taxas dos componentes. De fato, no ar respirado pelo homem, as taxas a 36 °C e 100 % de umidade relativa assumem os seguintes valores expressos na Tabela 2 (MACINTYRE, 1988):

Tabela 2: Composição do ar a 36°C e 100% de umidade relativa

SUBSTÂNCIA	VOLUME (%)
Nitrogênio, Gases Raros, Hidrogênio	75,00
Oxigênio	16,00
Dióxido de Carbono	4,00
Vapor de Água	5,00

Fonte: (MACINTYRE, 1988)

O homem não consegue viver sem ar, sendo obrigado a utilizar-se desse recurso natural nas condições em que o mesmo se encontra em seu ambiente de vida.

O ar, mesmo sendo considerado puro, contém além das substâncias mencionadas na Tabela 2, quantidades pequenas de poeiras de origem mineral, vegetal e animal. A força gravitacional é responsável pela atração das partículas maiores, enquanto que as menores flutuam no ar e podem ser inalados pelos seres vivos. No homem, elas são retidas nas vias respiratórias superiores pelo aparelho mucociliar, enquanto as partículas menores do que 10µm (micrometros) penetram nos pulmões, depositando-se nos alvéolos (PEÇANHA, 2002).

3.2- POLUIÇÃO DO AR

A poluição do ar é a presença de materiais estranhos no ar. Tudo que pode ser vaporizado ou transformado em pequenas partículas, de modo que possa flutuar no ar, deve ser classificado como poluente potencial (SEWELL, 1978).

Quando existe uma alteração na composição ou propriedades do ar atmosférico causada por ações diretas ou indiretas do homem que gerem a emissão de poluentes em concentrações nocivas e inconvenientes à saúde e ao meio ambiente, diz-se que o ar está poluído (ZURITA, 2000).

A poluição do ar pode ser entendida como a presença, na atmosfera, de substâncias que: causem prejuízos ao homem, aos animais, aos vegetais e à vida microbológica; provoquem danos aos materiais; interfiram no gozo da vida e no uso da propriedade (MOTA, 1997).

Na legislação brasileira, a poluição é definida em termos gerais pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, no art.3º, III, como: "a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente a) prejudiquem a saúde, a segurança, o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos".

3.2.1. INVENTÁRIO DAS FONTES POLUIDORAS DO AR

O inventário de emissões de poluentes atmosféricos é um instrumento estratégico para manejo do recurso atmosférico e reflete a intensidade com que diferentes usuários utilizam este recurso ambiental comum. O inventário identifica os emissores de poluentes atmosféricos, caracteriza os poluentes emitidos, a periodicidade da emissão e sua localização ou focos de concentração. Tanto as fontes fixas como móveis necessitam ser inventariadas continuamente a fim de direcionar as medidas preventivas ou corretivas que assegurem a melhoria e manutenção da qualidade do ar (MELCHIORS et al, 2001).

A contaminação do ar vem de uma mistura complexa de, literalmente, milhares das fontes que vão desde chaminés industriais e veículos automotores ao uso individual de materiais de limpeza e pinturas domésticas. Em geral as fontes são agrupadas em quatro tipos: fontes pontuais; fontes de área; emissões veiculares e fontes naturais.

3.2.1.1- FONTES PONTUAIS

As fontes pontuais são fontes de emissões estacionárias de alta magnitude, em geral, estimadas individualmente. É toda a instalação estabelecida em um único lugar que tem como intenção desenvolver atividades industriais ou os processos comerciais, dos serviços ou das atividades que geram ou podem gerar emissões poluidoras à atmosfera (ASOCIACIÓN DE GOBERNADORES DEL OESTE DENVER, 1997).

3.2.1.2- FONTES DE ÁREA

As fontes de área representam as emissões das fontes que são demasiadamente numerosas e dispersas. Ocorre quando as emissões individuais não são suficientemente

grandes para classificá-las como fontes pontuais, devem ser estimadas usando os fatores de emissões e níveis de atividades. Em geral, as fontes de áreas são pequenas e numerosas. Um inventário de fontes de área consiste geralmente nas seguintes categorias: combustão em fontes estacionárias; fontes móveis que não circulam em torno das estradas; armazenamento e transporte do produto do petróleo; fontes industriais e comerciais ligeiras; agriculturas, manejo de resíduos (MARTINEZ E ROMIEU, 2003).

3.2.1.3- EMISSÕES VEICULARES

As emissões de origem veicular advêm do tubo de escapamento (gases), do sistema de alimentação de combustível, respiros, juntas e conexões (emissão evaporativa) e dos respiros do cárter (emissão do cárter). Também deve ser considerado o material particulado gerado pelo processo de combustão e desgaste de pneus e de pastilhas ou lonas de freios.

A composição e proporção dos gases dependem da natureza do combustível (álcool, diesel, gasolina, gás natural, etc.) e do sistema de combustão.

Os gases mais conhecidos e cujos limites estão definidos na legislação são o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x). Os HC e CO resultam de combustão incompleta. Também podem ser citados outros poluentes emitidos tais como o dióxido de carbono (CO₂), aldeídos (RCHO), cloro-flúorcarbono (CFC) e material particulado (MP).

A maioria destes poluentes causa problemas respiratórios, mas convém ressaltar outros malefícios causados. O CO é freqüentemente associado a intoxicações cujos efeitos são focalizados, principalmente, sobre o coração e pode levar a morte. Alguns dos HC_x são tóxicos e cancerígenos. São preocupantes os compostos orgânicos voláteis (COV), na presença dos NO_x e de luz solar podem formar ozônio (O₃). Trata-se de um oxidante muito forte, citotóxico (tóxico às células) que pode prejudicar o pulmão, irritar os olhos, nariz e garganta, causar envelhecimento precoce da pele, náusea, dor de cabeça, tosse, fadiga, aumento do muco e diminuição da resistência orgânica. Também afeta os demais ecossistemas e tem forte ação corrosiva sobre os materiais. Os NO_x podem causar irritação dos olhos e mucosas em geral. Estes compostos também contribuem com a sobrecarga de nutrientes em corpos d'água (eutrofização), deteriorando a qualidade das águas. Outros compostos nocivos podem ser formados a partir destes óxidos, tais como: partículas de nitrato, aerossóis ácidos, dióxido de nitrogênio (NO₂), óxido nitroso (N₂O), ácido nítrico

(HNO₃), nitrosaminas, nitroarenos e radicais de nitrato. Os NO_x e SO_x liberados na atmosfera, em presença de umidade, podem formar a chuva ácida, precipitação que pode ser conduzido pelo vento por centenas de quilômetros e causar danos à fauna, flora e materiais. Os SO_x também podem agravar doenças do coração preexistentes e gerar aerossóis ácidos, compostos lesivos ao pulmão e que ocasionam problemas de visibilidade. O material particulado também causa complicações cardiovasculares e respiratórias. O CO₂ causa o efeito estufa, fenômeno de aquecimento da crosta terrestre. Os aldeídos, gerados pela combustão de álcool provocam ou acentuam tosse, bronquite, asma, etc. Os CFCs, liberados por veículos antigos, equipados com ar-condicionado, atacam a camada de ozônio. A redução desta camada está diretamente associada ao aumento dos índices de câncer de pele.

Um fator importante a ser considerado é que essas emissões causam grandes incômodos aos pedestres próximos às vias de tráfego. No caso da fuligem (fumaça preta), a coloração intensa e o profundo mau cheiro desta emissão causam de imediato uma atitude de repulsa e pode ainda ocasionar diminuição da segurança e aumento de acidentes de trânsito pela redução da visibilidade (CETESB, 2004).

3.2.1.4- FONTES NATURAIS

As atividades humanas e os fenômenos naturais podem desempenhar um papel importante no problema da contaminação do ar. Um grande número de investigadores tem estabelecido que a vegetação (cultivos, arbustos, bosques, etc.) emite quantidades significativas de hidrocarbonetos na atmosfera. Vários estudos têm demonstrado que as emissões biogênicas podem ser comparadas às emissões de hidrocarbonetos de metano das fontes antropogênicas em certas áreas.

A erosão do vento é um outro fenômeno natural que gera emissões. Não obstante, porque estas emissões são associadas geralmente com a terra alterada trata-lhes às vezes como fontes da área. Outras categorias menores de fontes naturais incluem, o relâmpago (NO_x) e os vulcões (MARTINEZ E ROMIEU, 2003).

3.2.2- OS PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I-impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II-inconveniente ao bem-estar público; III-danoso aos materiais, à fauna e flora; IV-prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (Resolução nº 03, de 28.06.90, do CONAMA).

Os poluentes atmosféricos são classificados em: primários e secundários, conforme mostrado na Figura 1.

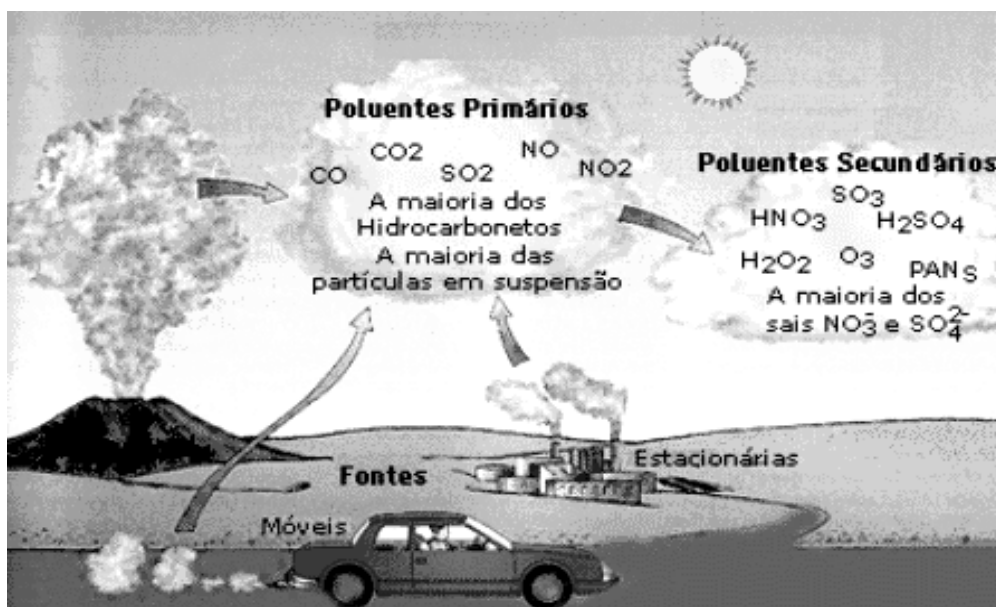


Figura 1: Fontes de poluentes atmosféricos

Fonte: (FEAM, 2003)

3.2.2.1- PRIMÁRIOS

São aqueles emitidos diretamente das fontes antropogênicas (indústria, transporte, geração de energia, etc...) e naturais (emissões vulcânicas, processos microbiológicos, etc...).

Ex: SO_x, NO_x e particulados.

Poluentes emitidos diretamente no ar por fontes identificáveis podem ser caracterizados em: sólidos finos (diâmetro menor que de 100 µm), partículas (diâmetro maior que de 100 µm), compostos de enxofre, compostos orgânicos, compostos de nitrogênio, compostos de oxigênio, compostos halogênados e compostos radiativos (LUND, 1971).

3.2.2.2- SECUNDÁRIOS

São aqueles formados na atmosfera, através de reações químicas, a partir de poluentes primários. Entre esses, destacam-se os oxidantes fotoquímicos, resultantes da reação entre os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio na presença da luz solar.

Produto de reações no ar poluído, tais como os que ocorrem nas reações fotoquímicas da atmosfera. Os poluentes secundários incluem o ozônio, os formaldeídos, os hidroperóxidos orgânicos, os radicais livres, o óxido de nitrogênio, ácidos sulfúrico, nítrico e peroxiacetilnitrato (LUND, 1971).

3.2.3- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA GERADA POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

Os principais poluentes lançados na atmosfera pelos veículos automotores são provenientes do processo de combustão incompleta sendo, normalmente, qualificadas e quantificadas as emissões de: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), aldeídos (HCO), material particulado (MP) ou fuligem e dióxido de carbono (CO₂).

3.2.3.1- MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro e extremamente tóxico produzido pela queima incompleta do carbono presente nos combustíveis.

A maior fonte de emissão de CO para atmosfera são os veículos automotores, em função da combustão incompleta ou parcial do combustível, na câmara de combustão. Sendo, portanto, um poluente encontrado em áreas urbanas com tráfego intenso.

Seu efeito está associado à capacidade de transporte de oxigênio pela hemoglobina. A afinidade da hemoglobina pelo CO é aproximadamente 200 vezes maior que sua afinidade pelo O₂. Com a formação da carboxiemoglobina, composto resultante da reação da hemoglobina com o CO, reduz-se a possibilidade da hemoglobina transportar o O₂ a todas as células do organismo (FEAM, 2003).

A quantidade de CO produzida está em proporção direta com a relação ar/combustível. O nível de CO no escape é medido em percentual (%) de volume do total amostrado de emissões. Quanto mais rica a mistura, maior o percentual de CO produzido. O nível de CO é de aproximadamente 0,5% para mistura estequiométrica; a partir desse ponto o nível se mantém quase constante para fator lambda (λ), dado pela equação 1, superior a 1; a análise do nível de CO para misturas pobres, é praticamente desprezível (Figura 2).

Alta taxa de CO no escape indica excesso de combustível ou falta de oxigênio na mistura; ou seja, presença de mistura rica (MANAVELLA, 2005).

$$\lambda = \text{AFR estudada} / \text{AFR estequiométrica} \quad (1)$$

Onde: λ : fator lambda;

AFR: relação ar/combustível

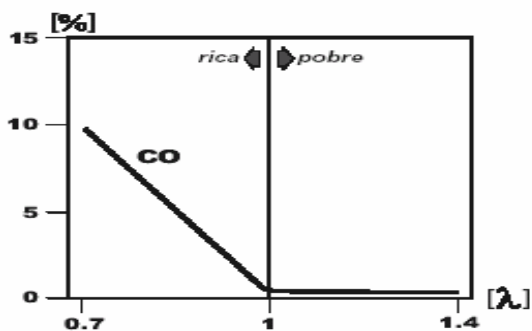


Figura 2: Comportamento da emissão de CO em função de λ

Fonte: (MANAVELLA, 2005)

3.2.3.2- HIDROCARBONETOS (HC)

Gás de origem orgânica em cuja composição dominam amplamente o hidrogênio e o carbono. Geralmente apresentam-se em forma de misturas de numerosos hidrocarbonetos. (DICCIONÁRIO DE LA NATUREZA, 1987).

Nos motores, é a parte do combustível não queimado na câmara de combustão. Nenhum motor consegue queimar todo o combustível contido na mistura. Isto devido ao fato de que quando a frente de chama atinge as paredes do cilindro (sempre mais frias), esta desaparece deixando uma pequena quantidade de combustível sem queimar.

A quantidade de hidrocarbonetos presente nos gases de escape é medida em partes por milhão (ppm) ou quantidades de moléculas de HC por 1.000.000 (milhão) de moléculas amostradas.

Os níveis de HC se elevam na medida em que se afasta do $\lambda = 1$, tanto na mistura rica quanto na pobre. Ou seja, em misturas muito ricas ou muito pobres as emissões de HC tendem a se elevar, conforme mostrado na Figura 3.

Um nível excessivo de HC é resultante de falhas de combustão. Estas falhas não estão necessariamente associadas à falha no sistema de ignição; qualquer dispositivo ou processo defeituoso, que interrompa prematuramente a combustão nos cilindros, provocará o aumento do nível de HC no escape (MANAVELLA, 2005).

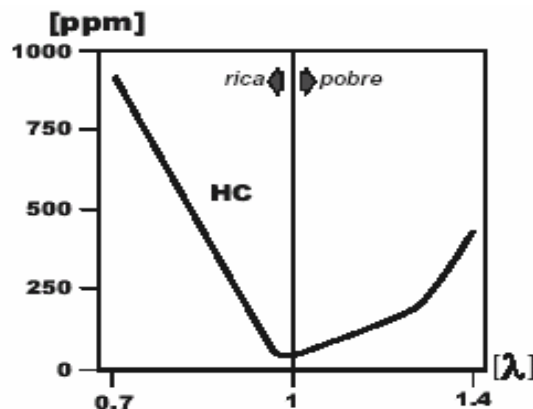


Figura 3: Comportamento da emissão dos HC em função de λ

Fonte: (MANAVELLA, 2005)

Assim: cabos de alta tensão defeituosos; baixa compressão nos cilindros; velas com folga inadequada; velas carbonizadas; bobina de ignição; relação ar/combustível muito rica ou muito pobre; catalisador ineficiente, defeituoso; são possíveis causas de elevados níveis de HC.

3.2.3.3- ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO_x)

Os óxidos de nitrogênio são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas. As duas maiores fontes de emissão de NO_x são os veículos automotores e os processos de combustão (FEAM, 2003).

Geralmente se apresentam com maior ênfase em motores sob carga. São o resultado da presença de temperaturas superiores a 1300 °C na câmara de combustão. Portanto, qualquer condição que provoque um aumento excessivo da temperatura na câmara de combustão, será causa da geração excessiva de NO_x . Por exemplo: acúmulo de carbonização causadora do aumento da taxa de compressão; mistura pobre e atraso excessivo do ponto de ignição.

O monóxido de nitrogênio (NO) é um gás que, diretamente, não causa problemas à saúde humana. Já o dióxido de nitrogênio (NO_2) é uma substância altamente tóxica.

O NO_2 é um gás marrom, irritante às mucosas do aparelho respiratório. Além disso, ao penetrar no organismo, pode levar à formação de compostos carcinogênicos. Este gás pode se formar por oxidação do NO e faz parte da névoa chamada "smog fotoquímico" que polui os ambientes urbanos. Essa névoa recebe este nome por se originar a partir das reações químicas

das radiações solares sobre hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio emitidos, por exemplo, pelo escapamento dos automóveis. A decomposição do NO_2 por ação da luz solar produz átomos de oxigênio altamente oxidantes, o que conduz à formação de diversos produtos altamente irritantes para os olhos, tais como o ozônio (O_3) e compostos carbônicos oxigenados.

O "smog fotoquímico" está associado ao agravamento dos problemas respiratórios como a asma, com sintomas semelhantes ao enfisema e à redução da capacidade pulmonar. Os NO_x reagem com os compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes na atmosfera produzindo O_3 .

Os níveis de NO_x se elevam na medida que se aproxima do $\lambda = 1$. Ou seja, em misturas muito rica ou muito pobre as emissões de HC tendem a diminuir, conforme mostrado na Figura 4 (MANAVELLA, 2005).

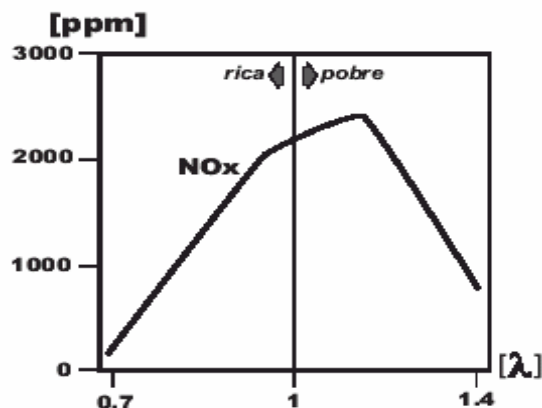


Figura 4: Comportamento da emissão dos NO em função de λ

Fonte: (MANAVELLA, 2005)

3.2.3.4- DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2)

O dióxido de enxofre é um gás considerado um dos mais freqüentes poluentes do ar.

As principais fontes de emissão de SO_2 são as fontes estacionárias: refinarias de petróleo, fornos e caldeiras a óleo e a carvão e metalúrgicas de não ferrosos.

Os efeitos do SO_2 sobre a saúde humana estão associados a sua solubilidade nas paredes do aparelho respiratório. O SO_2 se dissolve na secreção úmida do aparelho respiratório humano, chegando a atingir as vias inferiores, provocando espasmos dos

bronquíolos mesmo em pequenas concentrações. Em quantidades maiores, provoca irritação em todo o sistema respiratório, causando danos aos tecidos pulmonares.

Existem evidências de que o SO₂ agrava as doenças respiratórias já existentes e também contribui para seu aparecimento. Exposições prolongadas a baixas concentrações de SO₂ têm sido associadas ao aumento da morbidade cardiovascular em pessoas idosas. O SO₂ é o principal contribuinte da chuva ácida (FEAM, 2003).

3.2.3.5- ALDEÍDOS (HCO)

Qualquer classe de compostos orgânicos contendo o grupo R-CHO, intermediário no estado de oxidação entre álcoois primários e ácidos carboxílicos. Atualmente há grande preocupação no Brasil pelos aldeídos originários da queima de álcool combustível em veículos automotores (BRAILE, 1995).

Os aldeídos são gerados tanto por veículos movidos a álcool combustível como também aqueles movidos a gasolina, dado que desde 1979, a gasolina agrega álcool etanol, em proporções que variaram ao longo dos anos, de 22 a 24%, índice atual.

Os efeitos dos HCO sobre a saúde humana estão associados a doenças do aparelho respiratório e irritabilidade nas mucosas. Têm ações narcóticas.

3.2.3.6- MATERIAL PARTICULADO (FULIGEM)

Material carreado pelo ar, composto de partículas sólidas e líquidas de diâmetros que variam desde 100 µm até menos de 0,05 µm. Podem ser identificados mais de vinte elementos metálicos na fração inorgânica de poluentes particulados. A fração orgânica é mais complexa, contendo um grande número de hidrocarbonetos, ácidos, bases, fenóis e outros componentes (LUND, 1971).

Os poluentes atmosféricos conhecidos como "material particulado" não constitui uma espécie química definida, mas um conjunto de partículas no estado sólido ou líquido com diâmetro menor que 100 µm, que incluem pós, poeiras, fumaças e aerossóis emitidos para atmosfera por indústrias, veículos, construção civil, arraste natural de poeiras, etc.

Por esse motivo foram escolhidos como parâmetros para se determinar a concentração de material particulado no ar: partícula total em suspensão (PTS), definida como sendo o material particulado composto de partículas com diâmetro equivalente menor que 100 µm;

material particulado inalável (PM-10), composto de partículas com diâmetro equivalente menor que 10 μm .

Os efeitos dessas partículas variam muito em função de sua natureza química e de suas dimensões. Partículas grossas, isto é, com diâmetro maior que 10 μm são retidas nas vias superiores do aparelho respiratório, enquanto que as partículas menores podem atingir os alvéolos pulmonares. Algumas partículas sólidas podem se acumular nos pulmões, ocasionando pneumoconiose (doenças pulmonares causadas pela inalação de poeiras). Na Tabela 3 são descritos alguns termos de partículas que são emitidas na atmosfera

Tabela 3: Descrição de termos para partículas atmosféricas

TERMOS	SIGNIFICADO
Aerossóis	Suspensão de partículas atmosféricas de dimensão coloidal
Fog	Termo denominado para altos níveis de vapor de água
Neblina	Denota a diminuição da visibilidade devido a presença de partículas
Fumaça	Partículas formadas pela combustão incompleta de combustíveis
Névoa	Partículas líquidas

Fonte: (AGUIAR, 2002)

A presença de material particulado na atmosfera provoca o aumento da turbidez do ar, o que causa redução da visibilidade, além de provocar sujeira nas superfícies de casas e edifícios, móveis e objetos e, muitas vezes, sua erosão.

Substâncias tóxicas e carcinogênicas podem ser adsorvidas no material particulado, aumentando os riscos de doenças nas pessoas.

A presença no ar de algumas substâncias na forma de material particulado tende a agravar os efeitos de certos gases. O caso mais comum é o do dióxido de enxofre (SO_2), cujo efeito nocivo é muito maior na presença de material particulado (FEAM, 2003).

3.2.3.7- DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Subproduto normal das combustões e da respiração de animais e plantas; matéria-prima para fotossíntese. É resultante da combinação de uma molécula de carbono com duas de oxigênio, isto durante o processo de combustão.

Gerado a partir da queima de petróleo e carvão, transporte e geração de energia, desmatamento e queima de biomassa. Contribui para o efeito estufa em cerca de 70% (MANAVELLA, 2005).

A medição do percentual de CO₂ presente nos gases, permite visualizar a eficiência de funcionamento do motor no momento da leitura. Qualquer deficiência verificada no funcionamento do motor, relacionada com o processo de combustão, afetará o nível de CO₂. A formação de CO₂ depende da queima total ou não, do combustível. Por tanto, em presença de falhas de combustão, o nível de CO₂ produzido será menor que aquele correspondente à combustão completa.

O nível de CO₂ também é afetado pelas variações na relação ar/combustível; assim, o nível é máximo quando se processa a queima de mistura estequiométrica ou em torno dela, conforme mostrado na Figura 5.

O percentual de CO₂ no escape varia com o tipo de veículo, mas, níveis superiores a 12% é indicação de motor funcionando eficientemente e sistema de escape em boas condições. Níveis inferiores a 12% indicam alguma anomalia; para identificar o problema deve ser analisado o comportamento de um ou mais dos outros componentes dos gases de escape; analisando-se a figura 5 pode-se ver que tanto para condição de mistura pobre, como para rica, o nível de CO₂ diminui. Resumindo: condição de mistura rica provoca diminuição do nível de CO; condição de mistura pobre provoca diminuição no nível de CO₂; vazamento no sistema de escape, mas sem problemas no motor, provoca aumento do nível de CO₂; motor funcionando eficientemente, nível de CO₂ superior a 12% (MANAVELLA, 2005).

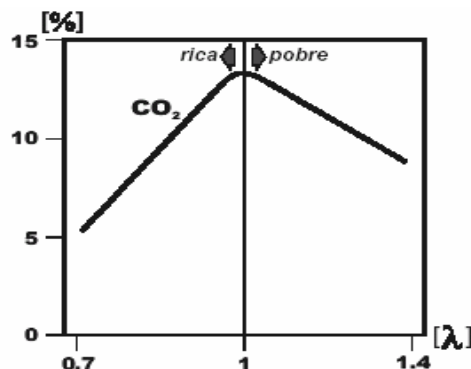


Figura 5: Comportamento da emissão dos CO_2 em função de λ

Fonte: (MANAVELLA, 2005)

3.2.4- PRINCIPAIS GASES POLUENTES E EFEITOS À SAÚDE HUMANA

Na Tabela 4 apresentam-se, de maneira sintética, os principais gases poluentes gerados por diversas fontes e seus efeitos para a saúde humana e ao meio ambiente.

Tabela 4: Principais gases poluentes e seus efeitos para a saúde humana e ao meio ambiente

CATEGORIA DE POLUENTE	PRINCIPAIS FONTES	EFEITOS DOS POLUENTES
Material Particulado	Indústrias, meios de transporte, construção civil e queima de lixo.	Ocasionam problemas pulmonares, aumenta a turbidez do ar, diminui a visibilidade do ar, podem provocar doenças cardíacas e substâncias tóxicas podem se juntar às partículas.
Clorofluorcarbonos (CFC'S)	Sistemas de refrigeração, sprays, fabricação de espumas, solventes.	Contribui para o efeito estufa em cerca de 20%.
Dióxido de carbono (CO_2)	Queima de petróleo e carvão, transporte e geração de energia, desmatamento, queima da biomassa.	Contribui para o efeito estufa em cerca de 70%.
Monóxido de carbono (CO)	Veículos automotores, combustão incompleta do carvão e do petróleo.	Afeta a capacidade de oxigenação da hemoglobina, ocasiona náuseas, fraqueza, dor de cabeça, tontura, deficiência de raciocínio, asfixia, pode provocar a morte.

Óxido de nitrogênio (NO e NO ₂)	Veículos automotores, processos industriais, queima de combustíveis fósseis.	Tóxico ao homem, irritação da mucosa, carcinogênicos, danos às plantas, chuvas ácidas.
Dióxido de enxofre (SO ₂)	Queima de combustíveis fósseis, queima de carvão, processos industriais.	Danos ao aparelho respiratório, corrosão do ferro, aço, mármore, danos às plantas, chuvas ácidas.
Ozônio (O ₃)	Reação dos óxidos de nitrogênio com os hidrocarbonetos na presença da luz solar.	Irritação dos olhos e pulmões, nocivo às plantas, deterioração da borracha, de produtos sintéticos.
Chumbo e outros metais pesados	Até alguns anos atrás era encontrada em aditivos p/ gasolina.	Danifica células do cérebro, podendo levar à morte.
Gás sulfídrico (H ₂ S)	Decomposição anaeróbia, Indústrias químicas.	Odor desagradável.
Aldeídos (HCO)	Queima de combustível composto de álcool.	Doenças do aparelho respiratório e irritabilidade nas mucosas. Tem ações narcóticas.

3.2.5- MÉTODOS DE ANÁLISES DOS PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Os poluentes atmosféricos são analisados no Brasil por métodos definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Métodos de análises dos principais poluentes atmosféricos

NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS	POLUENTES ATMOSFÉRICOS	MÉTODO DE MEDIÇÃO
NBR – 9546	Dióxido de enxofre no ar ambiente – determinação da concentração	Pararonsilina
NBR – 9547	Material particulado em suspensão no ar ambiente – determinação da concentração	Amostrador de grandes volumes

	total	
NBR – 10736	Material particulado em suspensão na atmosfera – determinação da concentração de fumaça	Método de refletância da luz
RESOLUÇÃO CONAMA 03/90	Determinação da concentração de ozônio	Método da Quimiluminescência
NBR – 13412	Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis	Amostrador de grandes volumes
NBR- 11505	Gases-determinação do teor de dióxido de nitrogênio	Reação de Gress- Saltvan
NBR – 13157	Atmosfera – determinação da concentração de monóxido de carbono	Espectrofotometria de infravermelho não dispersivo

3.2.6- IMPACTOS OCACIONADOS PELOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Como já foi mencionado anteriormente, os poluentes atmosféricos ocasionam muitos danos à saúde humana e aos materiais, como certo desconforto, odor desagradável, doenças respiratórias, além de causar danos à vegetação com a redução da fotossíntese, ataque à folhagem e alterações no crescimento e produção dos frutos.

Os animais também são atingidos diretamente, ou pela ingestão de vegetais contaminados.

Há impactos significativos nos monumentos e prédios, causando desfiguração da paisagem.

A poluição atmosférica não respeita as fronteiras, pois ocasiona danos com repercussão em todo planeta. Alguns dos maiores problemas gerados em função deste tipo de poluição são discutidos a seguir.

3.2.6.1- EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural do clima da terra, pelo quais certos gases atmosféricos (conhecidos como gases estufa) absorvem algumas das radiações que a terra emite depois de absorver energia solar.

Este fenômeno é essencial à vida no planeta, como se conhece, já que sem ele a terra seria aproximadamente 30 °C mais fria. Entretanto, certas atividades humanas têm o potencial de ampliar sua ação pela emissão de gases de efeito estufa (dióxidos de carbono primários, metano, óxido de enxofre, clorofluorcarbonetos, halogenados e ozônio troposférico) para a atmosfera, causando aumento de suas concentrações. O resultado é um aumento de suas concentrações e nas temperaturas médias globais, isto é, o aquecimento climático (THE WORLD BANK, 1991).

O efeito estufa é importante para manter aquecida a terra, tendo em vista que se o calor libertado pela superfície terrestre não encontrasse qualquer obstáculo à sua propagação, o mesmo escaparia para as altas camadas da atmosfera ou mesmo para o espaço extra-atmosférico, o que teria como consequência um esfriamento intenso que tornaria o planeta inabitável, contudo com o aumento significativo da taxa de CO₂ presente no ar, além do metano, clorofluorcarbono, ácido nitroso, ozônio e outros, vêm ocasionando uma elevação de temperatura, alterações nas precipitações pluviométricas e elevação do nível do mar (LORA, 2000).

A energia luminosa atravessa livremente a atmosfera, é absorvida pela terra e convertida em calor na superfície. O calor é irradiado de volta, sob forma de radiação infravermelha, mas grande parte dele permanece, devido à ação de “isolante térmico” do gás carbônico (JÚNIOR E SEZAR, 1995).

A presença de alguns gases na atmosfera, principalmente o gás carbônico (CO₂), torna a mesma opaca à radiação térmica que tenta sair do espaço devolvendo-a a terra, ocasionando o aquecimento global (MOTA, 1997). O esquema da Figura 6 ajuda a entender melhor o processo.

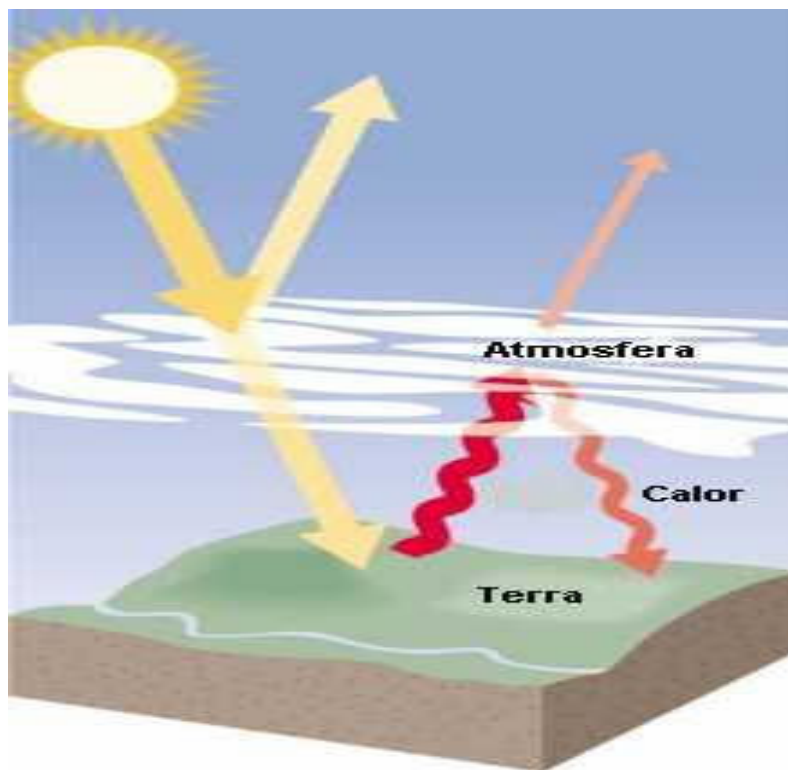


Figura 6: Efeito estufa

Fonte: (MOTA, 1997)

O controle do efeito estufa passa necessariamente pelo controle da emissão de CO_2 . Portanto, segundo LORA (2000), podem ser adotadas medidas para a redução na emissão de CO_2 , tais como: eficiência e conservação da energia; substituição de combustíveis; utilização de fontes renováveis de energia; captura e deposição do CO_2

Durante a terceira conferência dos países signatários da Convenção Internacional sobre melhoria climática (elaborada durante a ECO-92, em junho de 1992, no Rio de Janeiro), realizada em Quioto em 1997, foi criado o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” - (MDL), visando uma nova abordagem para reduzir a concentração de gases causadores do efeito estufa. O MDL consiste basicamente no seguinte:

- Os países industrializados, por meio de compensação financeira a países específicos em vias de desenvolvimento, ganham créditos para ultrapassar suas cotas de emissão previamente estabelecidas;

- Os recursos recebidos pelos países em desenvolvimento devem ser, obrigatoriamente, aplicados em projetos que promovam a retirada de carbono da atmosfera com a promoção de florestamentos e de plantio de áreas degradadas.

Além disso, foram estabelecidos prazos, especificando que os países industrializados devem estabilizar suas emissões em níveis correspondentes aos de 1990 somente entre 2008 e 2012 (BRAGA et al. 2002).

3.2.6.2- DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

O ozônio (O_3) é um importante componente gasoso da atmosfera. Na estratosfera, entre 15 e 50 km de altitude, forma-se a camada de ozônio, que possui a capacidade de filtrar as radiações solares, impedindo a passagem de uma grande parte das perigosas radiações ultravioletas.

A diversificação da vida na Terra só foi possível 2 bilhões de anos após sua formação, graças ao acúmulo de oxigênio e ozônio na atmosfera, resultado do metabolismo das primeiras algas fotossintetizantes. Na ausência desta camada gasosa protetora, a radiação destrói moléculas orgânicas e provoca mutações nas células. Atualmente a concentração do O_3 está se reduzindo na alta atmosfera devido as interações químicas entre o gás e poluentes industriais, denominados CFC (Clorofluorcarbonos). Estes poluentes, também denominados freons, são lançados na atmosfera com o uso de aerossóis, refrigeradores, tintas e inseticidas, entre outros.

O aumento na incidência de câncer de pele é a consequência mais direta do aumento no buraco na camada de ozônio na atmosfera, uma vez que a quantidade de raios ultravioletas na terra aumenta. Muitos outros efeitos são possíveis. No mar, por exemplo, pode ocorrer: morte de algas planctônicas nas camadas superficiais dos oceanos; consequente redução da produtividade primária dos oceanos, causando perturbações na teia trófica marinha; reflexos da queda da produtividade nas atividades de extrativismo como a pesca. A preocupação com o aumento do buraco na camada de ozônio tem levado os governantes e a comunidade científica a exigir das indústrias a substituição dos CFC, por outros produtos químicos inertes ao O_3 .

Os CFC são substâncias químicas muito utilizadas nas indústrias de aparelhos de ar-condicionado e de refrigeração. Possuem estabilidade na atmosfera, mantendo-se nesta por períodos na ordem de 100 anos, ocasionando a liberação do cloro (Cl) que reage com o ozônio (O_3), provocando a destruição da camada de ozônio (BRAGA et al, 2002).

O esquema da Figura 7 ajuda a se entender melhor esse fenômeno.

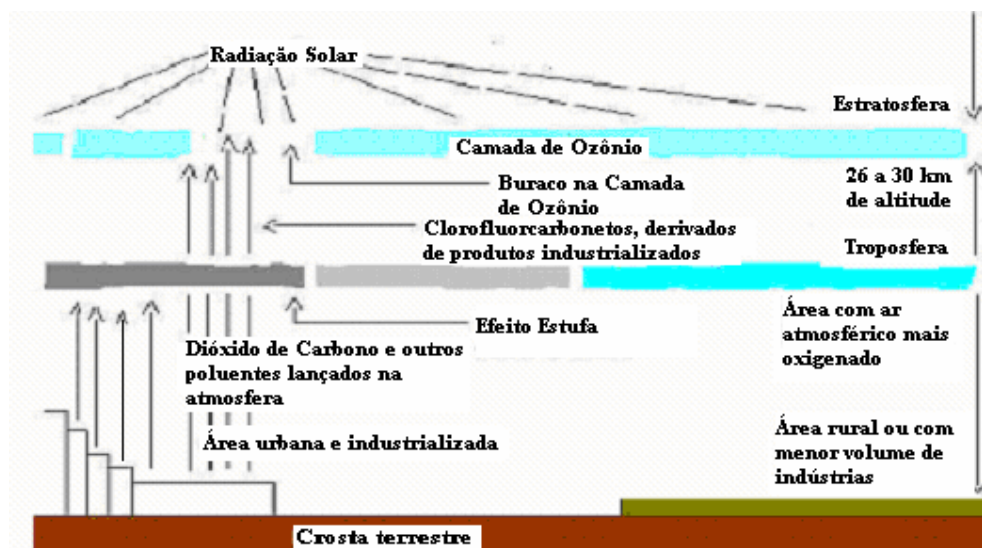


Figura 7: Formação da camada de ozônio

Fonte: (MOTA, 1997)

O buraco na camada de ozônio é maior na região Antártida, onde as condições meteorológicas são favoráveis às reações químicas causadoras da destruição na camada de ozônio, ocasionando um aumento da penetração das radiações ultravioletas a terra, causando graves impactos à saúde humana, às plantas e a destruição do fitoplâncton (MOTA, 1997).

Pode-se visualizar a evolução do aumento no buraco na camada de ozônio comparando-se as Figura 8 e 9, a seguir:

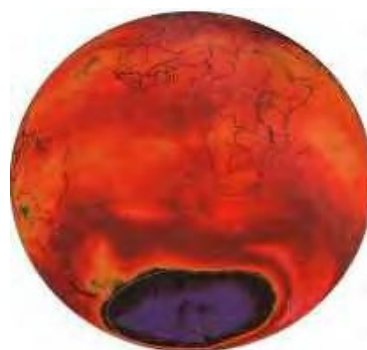


Figura 8: Buraco na camada de ozônio sobre o Continente Antártico

Fonte: (AMBIENTE GLOBAL, 2003)

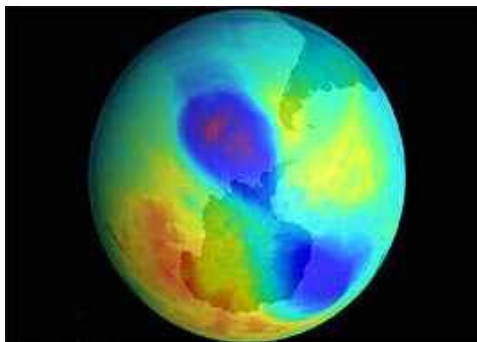


Figura 9: Buraco na camada de ozônio sobre o Continente Antártico

Fonte: (AMBIENTE GLOBAL, 2005)

Observa-se o buraco na camada de ozônio (cor violeta, nas Figuras 8 e 9) na Região Antártica. Um detalhe a ser considerado, é que na Figura 08 o buraco na camada de ozônio encontra-se compactado e na figura 09 percebe-se a divisão deste em duas áreas compactas. Isto demonstra que há uma evolução deste fenômeno ao longo dos últimos anos.

3.2.6.3- CHUVA ÁCIDA

Chuva ácida é a precipitação de água tornada ácida por resíduos gasosos provenientes principalmente da queima de carvões e derivados de petróleo, ou provenientes de gases de núcleos industriais poluidores. Trata-se de entrada anômala de gases e produtos químicos no ciclo hidrológico, em condições de circuito não muito amplo, com retorno à superfície da terra, e alto nível de periculosidade para os seres vivos e as edificações.

A presença exagerada de acidez na água mata virtualmente todas as formas de vida. Nos anos 90, a vida em centenas de lagos foram destruídos pela chuva ácida em países como Noruega, Suécia e Canadá. A ação da chuva ácida não respeita fronteiras geográficas: construções que contam a história da humanidade, como as catedrais da Europa, o Coliseu em Roma, e outras obras de artes no mundo industrializado, já apresentam sinais de deterioração causados pelo fenômeno (Figura 10).



**Figura 10: Desgaste ocasionado pela chuva ácida num período de 60 anos –
estátua de mármore localizada no Castelo de Herten – Alemanha**

Fonte: (ECIENCIA, 2005)

A Chuva é considerada ácida quando seu pH atinge o nível de 5,5 ou menos na escala. É um fenômeno que surgiu com a crescente industrialização do mundo, em relação direta com a poluição do ar, manifestando-se com maior intensidade e maior abrangência nos países desenvolvidos. Não obstante, tal fenômeno começa a manifestar-se também em pontos isolados, em países como Brasil. As emissões das usinas termelétricas à base de carvão, das indústrias de celulose, das refinarias, dos veículos automotores, assim como qualquer poluente gasoso lançado na atmosfera, contribuem para a formação de chuva ácida. Compostos de enxofre e nitrogênio são os principais componentes desta chuva, que pode se manifestar tanto no local de origem, como a centenas de quilômetros de distância. Nos gases produzidos por fábricas e motores (em especial quando há queima de carvão mineral) são liberados para atmosfera óxidos de enxofre (SO_2) os quais reagem com o vapor da água produzindo ácido sulfúrico (H_2SO_4), que é diluído na água da chuva e dá origem à chuva ácida. Este tipo de chuva, quando freqüente, provoca acidificação do solo, prejudicando também plantas e animais, a vida dos rios e florestas. Da mesma forma as edificações presentes na área são afetadas (BRAILE, 1983).

3.2.6.4- INVERSÃO TÉRMICA

Inversão Térmica é quando uma camada de ar quente sobreposta a uma camada menos quente impede seriamente a mistura da atmosfera em ascensão vertical e os poluentes se acumulam na camada de ar aprisionada junto à superfície da terra (EHRlich & EHRlich, 1979).

As inversões térmicas espalham horizontalmente o ar poluído de modo que as substâncias contaminantes não podem se dispersar (THE WORLD BANK, 1978). O esquema da Figura 11 ajuda a se entender melhor este fenômeno.

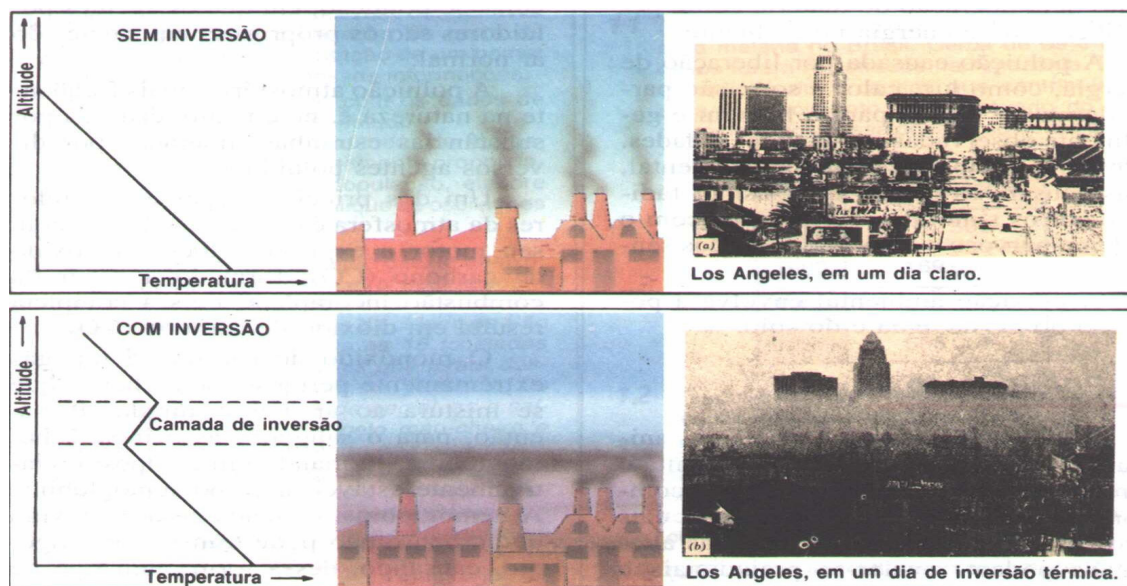


Figura 11 – Fenômeno de inversão térmica

Fonte: (AMBIENTE GLOBAL, 2003)

3.2.7- INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

As condições meteorológicas são responsáveis pela melhor ou pior condição para dispersão de poluentes. A altura da camada de mistura, camada de ar mais próxima à superfície da Terra, fornece a ‘quantidade de atmosfera’ na qual serão diluídos os poluentes.

Como visto anteriormente, a temperatura do ar na camada de mistura decresce com a altitude. Então, quanto maior a altura desta camada, menor a possibilidade de ocorrer uma ultrapassagem dos padrões estabelecidos.

Da mesma maneira a velocidade do vento é um dos parâmetros responsáveis pelo transporte horizontal e vertical de poluentes e de elementos-traço (partículas não identificáveis) já que, associada às rugosidades da superfície, dita os padrões de turbulência atmosférica.

A direção do vento predominante também dita quais serão, potencialmente, as regiões mais atingidas por emissões locais.

A instabilidade ou estabilidade da atmosfera também é um fator importante, pois, na ausência de vento, será o principal mecanismo de transporte vertical de poluentes e traçadores, ou seja, quanto mais instável a atmosfera, maior será o transporte vertical.

Aliadas a este conceito estão às inversões térmicas, que, por sua natureza e definição, são fenômenos que originam a estagnação da atmosfera, dificultando a dispersão.

Por outro lado, a intensidade com que os raios solares estão chegando até os níveis mais baixos da troposfera indica uma maior ou menor probabilidade de ocorrência de ozônio troposférico (FEAM, 2003).

Segundo Sewell (1978), o acúmulo de poluentes depende do movimento do ar que dilui os gases e partículas e facilita sua remoção por precipitação, lavagem e reações químicas. Cinco fatores são particularmente importantes: queda da temperatura, inversão térmica, ventos, topografia e precipitação.

- **Queda da temperatura:** a temperatura deve esfriar cada vez mais, à medida que os gases sobem, para que se expandam, diluam e espalhem;

- **Inversão térmica:** nos primeiros 10 quilômetros da atmosfera, normalmente, o ar vai se resfriando a medida que se distancia da superfície da terra. Assim o ar mais próximo à superfície, que é mais quente, portanto mais leve, pode ascender, favorecendo a dispersão dos poluentes emitidos pelas fontes. A inversão térmica, conforme definida anteriormente, dificulta a dispersão de poluentes. É um fenômeno meteorológico que ocorre durante todo o ano, embora seja mais freqüente durante a estação do inverno.

- **Ventos:** o ar move-se no sentido horizontal, na direção dos ventos, e vertical, em função dos deslocamentos das camadas atmosféricas. Quanto maior for a velocidade do vento, mais elevada será a sua capacidade de diluir e dispersar poluentes. O vento é uma grandeza vetorial e como tal apresenta três componentes (x, y, z) sendo que a sua resultante determina a direção em cada instante. A componente vertical do vento (z) é responsável pela turbulência enquanto que as outras componentes determinam essencialmente o transporte e a diluição das nuvens de poluição. Ele é um excelente dispersor de poluentes, carregando para longe essas impurezas. Um vento soprando em direção a uma área edificada pode agravar a situação da dispersão, deparando-se com uma situação dessa, a sotavento dos edifícios há uma formação de baixa pressão que acaba sugando os poluentes para essa depressão em forma de redemoinhos;

- **Topografia:** as irregularidades naturais ou artificiais influenciam na circulação do ar. Nas grandes cidades metropolitanas, os altos prédios dificultam a dispersão do ar;

- **Precipitação Pluviométrica:** outro fenômeno que ajuda na dispersão dos poluentes são as chuvas, elas lavam a atmosfera, decantando não só os particulados, mas também ajudam na dissolução de gases como o SO_2 e os NO_x . As chuvas agem da seguinte maneira: acima do nível de condensação, elas funcionam como agentes agregadores, capturando os particulados como núcleos de condensação, esses núcleos ajudam no desenvolvimento da chuva, pois a colisão entre as pequenas gotículas tenderá a aumentar e formar gotas cada vez maiores que não conseguirão manter-se flutuando na atmosfera e precipitam-se em forma de chuva.

3.3- COMBUSTÍVEIS

No Brasil, a composição dos combustíveis vem se alterando muito ao longo do tempo. Estando a estatal, Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS, na vanguarda internacional no desenvolvimento de novas tecnologias para torná-los mais eficazes e menos poluentes.

Serão analisados a seguir, os combustíveis utilizados na amostra da frota utilizada neste trabalho, qual seja: gasolina, álcool e gás natural.

3.3.1- GASOLINA

Conforme define Dupin (2005), a gasolina é uma mistura de compostos formados essencialmente de átomos de carbono (C) e hidrogênio (H). O composto principal é o isooctano, cuja estrutura é representada na Figura 12, abaixo.

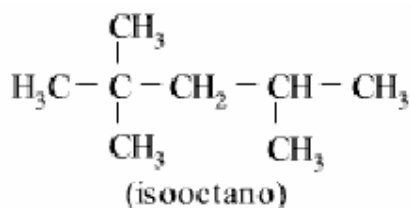


Figura 12: Estrutura da gasolina

Fonte: (ECIENCIA, 2005)

A gasolina básica (sem oxigenados) possui uma composição complexa. A sua formulação pode demandar a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento do petróleo como nafta leve (produto obtido através da destilação direta do petróleo), nafta craqueada que é obtida através da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (gasóleos), nafta reformada (obtidas de um processo que aumenta a quantidade de substâncias aromáticas), nafta alquilada (de um processo que produz iso-parafinas de alta octanagem a partir de iso-butanos e olefinas), etc. Tomando como exemplo a gasolina produzida na Refinaria Gabriel Passos (REGAP), Betim – MG, verifica-se que a proporção

destes componentes varia entre 0 a 50% de nafta leve, além da participação da nafta reformada. Em outras refinarias de petróleo, a esta formulação pode-se acrescentar outros tipos de naftas como a nafta iso-merizada.

A gasolina atualmente disponibilizada em nosso país para o consumidor final, e que é comercializada pelos postos revendedores (postos de gasolina), é aquela que possui compostos oxigenados em sua composição, normalmente álcool etílico anidro. Em épocas de crise no abastecimento do álcool etílico, quando a produção da indústria alcooleira não é suficiente para atender à demanda de etanol anidro, outros compostos oxigenados, como o MTBE (Metil, Terc-Butil-Éter) e metanol (álcool metílico) poderão, após aprovação federal, estar presentes na gasolina disponível aos consumidores. O MTBE é normalmente utilizado como componente da gasolina desde 1974 na Europa e desde 1979 nos EUA.

A gasolina é o derivado de petróleo mais popular em nosso país, onde o seu consumo tem aumentado significativamente nos últimos anos: em 1995 foram consumidos 13,8 bilhões de litros enquanto o consumo de 1996 chegou a 16,4 bilhões de litros. Para o ano de 2005, as previsões é que este valor possa atingir algo em torno de 58 bilhões de litros.

São definidos e especificados, atualmente, pelo Departamento Nacional de Combustíveis (DNC) quatro tipos de gasolina para uso em automóveis, embarcações aquáticas, motocicletas, etc: Tipo A, Tipo A Premium, Tipo C e Tipo C Premium.

- **Gasolina Automotiva Tipo A:** é a gasolina produzida pelas refinarias de petróleo e entregue diretamente às companhias distribuidoras. Esta gasolina constitui-se basicamente de uma mistura de naftas numa proporção tal que enquadre o produto na especificação prevista. Este produto é a base da gasolina disponível nos postos revendedores.

- **Gasolina Tipo A - Premium:** é uma gasolina que apresenta uma formulação especial. Ela é obtida a partir da mistura de naftas de elevada octanagem (nafta craqueada, nafta alquilada, nafta reformada) e que fornecem ao produto maior resistência à detonação, do que aquela fornecida pela gasolina tipo A comum. Esta gasolina é entregue diretamente às companhias distribuidoras e constitui a base da gasolina tipo C premium disponibilizada para os consumidores finais nos postos de revenda.

- **Gasolina Tipo C:** é a gasolina comum que se encontra disponível no mercado sendo comercializada nos postos revendedores e utilizada em automóveis e outros veículos automotores. Esta gasolina é preparada pelas companhias distribuidoras que adicionam álcool etílico anidro à gasolina tipo A. O teor de álcool na gasolina final atinge à faixa de 21 a 23 por cento em volume, conforme prevê a legislação atual. Esta gasolina apresenta uma octanagem no mínimo igual a 80.

- **Gasolina Tipo C - Premium:** é a gasolina elaborada pela adição de 21 a 23% de álcool anidro à gasolina Tipo A - Premium. Essa gasolina foi desenvolvida com o objetivo principal de atender aos veículos nacionais e importados de altas taxas de compressão e alto desempenho e que tenham a recomendação dos fabricantes de utilizar um combustível de elevada resistência à detonação o que no caso da gasolina Premium, é expresso pelo índice antidetonante (IAD).

As principais características que diferenciam a gasolina tipo C - premium da gasolina tipo C comum são: maior IAD, (gasolina tipo C - premium: 91 mínimo; gasolina tipo C comum: 87 em média) e menor teor de enxofre (gasolina tipo C - premium: 0,10% máximo; gasolina tipo C comum 0,20% máximo).

A gasolina premium já existe há muito tempo nos países da Europa e nos EUA. Nesses países a disponibilização pela indústria automobilística de veículos com motores de alto desempenho exigem combustível de maior eficiência antidetonante e que possibilite atingir potência máxima prevista em seus projetos.

A característica antidetonante da gasolina premium produzida pela PETROBRAS no Brasil apresenta uma eficiência no mesmo nível daquela existente na Europa e nos EUA. O que basicamente, diferencia a gasolina brasileira da gasolina existentes nesses países é o produto oxigenado utilizado em sua composição: enquanto lá utilizam o MTBE, no Brasil, por força da legislação vigente, utiliza-se o Etanol Anidro, tanto na gasolina premium quanto na gasolina comum.

Existem ainda outros tipos de gasolina, que são derivações dos tipos já elencados:

- **Gasolina Aditivada:** As companhias distribuidoras adicionam a uma parte da gasolina do Tipo A, comum ou Premium, além do álcool etílico, produtos (aditivos) que

conferem à gasolina características especiais. Nesse caso, a gasolina Comum passa a ser comercializada como gasolina Aditivada. A gasolina Premium, quando aditivada continua a ser denominada como gasolina Premium.

O aditivo multifuncional adicionado na gasolina possui, entre outras, características detergentes e dispersantes e tem a finalidade de melhorar o desempenho do produto. Testes efetuados em motores com a gasolina aditivada da PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A., demonstraram que o aditivo contribui para minimizar a formação de depósitos no carburador e nos bicos injetores, assim como no coletor e hastes das válvulas de admissão. A gasolina Aditivada recebe um corante que lhe confere uma cor distinta daquela apresentada pela gasolina Comum (por exemplo, a gasolina aditivada BR-SUPRA apresenta cor verde).

- **Gasolina Padrão:** especialmente produzida para uso na indústria automobilística nos ensaios de avaliação do consumo e das emissões de poluentes como gases de escapamento e hidrocarbonetos (emissões evaporativas), dos veículos por ela produzidos. Este tipo de gasolina é geralmente produzido por encomenda.

A gasolina automotiva é produzida de modo a atender requisitos definidos de qualidade. Tais requisitos visam garantir que o produto apresente condições de atender a todas as exigências dos motores e permitir que a emissão de poluentes seja mantida em níveis aceitáveis.

As características de qualidade da gasolina e seus valores limites, são aqueles que constam no quadro de especificações definido pelo Departamento Nacional de Combustíveis - DNC. Os limites ali fixados são plenamente atendidos por toda gasolina produzida pela PETROBRAS.

A seguir será apresentada uma breve descrição de algumas das características mais importantes previstas na especificação da gasolina, assim como seus significados e influência no funcionamento dos motores e no meio ambiente (Tabela 6).

- **Aspecto:** é um parâmetro utilizado para dar uma indicação visual da qualidade e da possível contaminação do produto. A gasolina deve apresentar-se límpida e isenta de materiais em suspensão como água, poeira, ferrugem etc. Estes, quando presentes, podem reduzir a vida útil dos filtros de combustível dos veículos e prejudicar o funcionamento dos

motores. O teste é feito observando-se, contra a luz natural, uma amostra de 0,9 litro do produto contida em recipiente de vidro transparente e com capacidade total de 1 litro.

– **Cor:** indica a tonalidade característica do produto. No caso da gasolina tipo A e tipo C, sem aditivo, a cor pode variar de incolor a amarelo. Quando a gasolina é aditivada, ela recebe um corante para diferenciá-la das demais, podendo apresentar qualquer cor, exceto azul (reservada para a gasolina de aviação) e rosa (reservada para a mistura formada por Metanol, Etanol e Gasolina – MEG).

Alterações na cor da gasolina podem ocorrer devido à presença de contaminantes ou devido à oxidação de compostos instáveis nela presentes (olefinas e compostos nitrogenados).

– **Teor de Enxofre:** indica a concentração total dos compostos sulfurosos presentes na gasolina. O enxofre é um elemento indesejável em qualquer combustível devido à ação corrosiva de seus compostos e à formação de gases tóxicos como SO_2 (dióxido de enxofre) e SO_3 (trióxido de enxofre), que ocorre durante a combustão do produto.

Nos veículos dotados de catalisador, quando a carga de material catalítico não é adequada ou quando não está devidamente dimensionada, o enxofre pode levar à formação de ácido sulfídrico (H_2S) que é tóxico e apresenta odor desagradável.

A análise é feita incidindo raios X em uma célula contendo amostra do produto. Neste teste, os átomos de enxofre absorvem energia de um comprimento de onda específico numa quantidade proporcional à concentração de enxofre presente na gasolina.

– **Destilação:** a destilação é um dos testes que tem como objetivo avaliar as características de volatilidade da gasolina.

O teste é feito tomando-se 100 ml da amostra do produto que é colocado em um balão de vidro especial que, a seguir, é submetido a aquecimento para destilação em condições controladas (Na Figura 13 é mostrado o equipamento usado para esse teste). Com esse aquecimento, o produto se vaporiza sendo, então, condensado e recolhido em uma proveta de vidro. Após essa operação, as temperaturas anotadas são corrigidas levando-se em conta as perdas que ocorrem por evaporação de pequena parte do produto e à pressão atmosférica. Esse teste, além de ser usado no controle da produção da gasolina, pode ser utilizado para

identificar a ocorrência de contaminação por derivados mais pesados como o óleo diesel, óleo lubrificante, querosene, etc.



Figura 13: Técnico acompanha uma destilação de gasolina em aparelho automático no laboratório da REGAP.

Fonte: (DUPIN, 2005)

– **Pressão de Vapor Reid (PVR):** assim como o teste de destilação, a PVR tem como objetivo avaliar a tendência da gasolina de evaporar-se, de modo que, quanto maior é a pressão de vapor, mais facilmente a gasolina se evapora.

Esse ensaio é utilizado, principalmente, para indicar as exigências que devem ser satisfeitas para o transporte e armazenamento do produto, de modo a evitar acidentes e minimizar as perdas por evaporação.

– **Número de Octano (Octanagem):** a qualidade da gasolina é constantemente avaliada levando-se em conta a sua octanagem ou o seu índice antidetonante (IAD).

A octanagem de uma gasolina indica sua resistência à detonação, em comparação com uma mistura contendo iso-octano (ao qual é creditado um número de octano igual a 100) presente em uma mistura com n-heptano (numero de octano igual a zero).

Exemplificando, uma gasolina terá uma octanagem igual a 80 se, durante o teste, apresentar a mesma resistência à detonação apresentada por uma mistura que contém 80% em volume de iso-octano e 20% em volume de n-heptano.

A avaliação da octanagem da gasolina é justificada pela necessidade de garantir que o produto atenda às exigências dos motores no tempo de compressão e início da expansão (quando ocorrem aumentos de pressão e de temperatura) sem entrar em auto ignição.

O uso adequado da gasolina levará os usuários deste produto a evitar gastos excessivos com combustível e com a manutenção dos veículos, além de proporcionar uma boa condição de segurança e garantir o funcionamento dos motores.

Para que se possa tirar o máximo proveito deste combustível é recomendado à adoção dos seguintes cuidados:

- a. manter os motores dos veículos devidamente regulados, realizando as manutenções periódicas especificadas pelo fabricante;
- b. dar uma atenção especial ao período de troca dos filtros de combustíveis e de ar e adotar um controle preciso das substituições efetuadas;
- c. tomar providências para que as velas de ignição do motor estejam sempre em bom estado de conservação. Para que se tire o máximo proveito da gasolina essas velas são componentes de grande importância;
- d. manter isento de sujeira o tanque de gasolina dos veículos. Impurezas acumuladas no tanque são revolvidas a cada novo abastecimento e ficam em suspensão no produto podendo provocar a saturação prematura do filtro de combustível;
- e. não usar combustível, misturas de combustível ou aditivos que não tenham sido previamente testados e aprovados. Os motores dos automóveis disponíveis atualmente no Brasil já saem da revenda regulados para usar a gasolina tipo C aqui produzida;
- f. a gasolina premium apresenta maior eficiência antidetonante do que a gasolina tipo -C comum; mas os motores somente aproveitarão este requisito de qualidade desta gasolina se já foram projetados e estiverem regulados para isto;
- g. não submeter a gasolina a nenhum tipo de aquecimento;

h. não usar gasolina envelhecida;

Tabela 6: Características das gasolinas produzidas pela PETROBRAS

CARACTERÍSTICAS	Gasolina A Comum	Gasolina A Premium	Gasolina Padrão	Gasolina C Comum	Gasolina C Premium
COR	Amarela	Amarela	Amarela	---	---
ASPECTO	LIMS*	LIMS*	LIMS*	LIMS*	LIMS*
Álcool Etílico, %vol	Zero	Zero	Zero	22	21,5
Densidade, 20/4 °C	0,7410	0,7657	0,7473	0,7495	0,7686
Destilação, 10% evap. °C	63,1	63,3	54,9	59,2	59,4
Destilação, 50% evap. °C	105,4	113,2	102,07	73,4	75,3
Destilação, 90% evap. °C	170,9	178,1	178,0	167,2	172,3
Ponto final de ebulição °C	212,2	210,0	207,6	214,2	211,8
Enxofre, % massa	0,07	0,05	0,07	0,09	0,05
Corrosividade	1	1	1	1	1
Hidrogênio, % massa	13,7	12,3	---	13,6	12,8
Carbono, % massa	84,3	86,3	---	76,7	78,2
Tolueno, % volume	3,31	8,50	2,00	3,31	7,38
Benzeno, % volume	0,60	1,5	0,98	0,60	1,55
Saturados, % volume	---	46,5	37,8	---	---
Olefinas, % volume	---	16,1	32,7	---	---
Aromáticos, % volume	---	37,4	29,5	---	---

*LIMS = Límpida e Isenta de Impurezas

Fonte: (DUPIN, 2005)

A grande responsabilidade dos motores a combustão interna movidos a gasolina quanto aos agentes poluentes da atmosfera se restringe a três principais poluentes formados na câmara de combustão: os óxidos de nitrogênio representados genericamente por (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos não queimados (HC).

Para esses três poluentes, a contribuição das emissões veiculares na atmosfera é significativamente maior que a de processos industriais ou outra fonte.

Estes poluentes afetam consideravelmente o organismo humano quando encontrados em maiores concentrações e esta é a principal motivação das políticas e iniciativas de controle

e monitoramento de emissões. Os poluentes são formados no processo de combustão através da ação de vários fatores relacionados a composição do comburente, composição do combustível, sua proporção, dos mecanismos de controle da injeção e de características de projeto do motor.

3.3.2- GÁS NATURAL

O Gás Natural (GN) é definido como uma mistura de hidrocarbonetos parafínicos leves, contendo predominantemente metano, etano, propano e outros componentes de maior peso molecular (podendo chegar à faixa do C 12+, dependendo da sua origem), que à temperatura ambiente e pressão atmosférica permanece no estado gasoso.

Apresenta normalmente baixos teores de contaminantes tais como nitrogênio, dióxido de carbono, água e compostos sulfurados, com raras ocorrências de gases nobres (hélio e argônio) (ALONSO, 2005).

Mistura de hidrocarbonetos gasosos na qual predomina o metano (CH₄), que se encontra acumulada em jazidas subterrâneas porosas, associada ou não ao óleo cru (DICCIONARIO DE LA NATUREZA, 1987).

De acordo com Melo (2004), é utilizado como combustível veicular em 60 países. Seu berço histórico foi a Europa, mais precisamente a Itália, que a partir dos anos 30 criou e dinamizou as conversões veiculares de forma a substituir a gasolina e até mesmo o óleo diesel.

No Brasil, a utilização do gás natural como combustível em veículos leves iniciou-se no ano de 1992, quando foi autorizado o seu uso em veículos do tipo táxi. Em 1996, foi autorizado o uso do Gás Natural Veicular (GNV) em veículos de passeio.

Nos últimos anos, observou-se um elevado crescimento da frota de veículos leves a GNV no Brasil, sendo que a frota desses veículos cresceu de forma mais acelerada a partir de 1999.

Pode-se dizer que este crescimento está relacionado principalmente com a redução da taxa de licenciamento de veículos a GNV; o aumento da rede de distribuição; o diferencial de preço entre o GNV, álcool e gasolina; e a adequada infra-estrutura de suporte para a conversão de veículos em diversos locais do Brasil.

O IBAMA, preocupado com esse aumento acelerado publicou, em 2002, a resolução nº 291/02 - CONAMA, que define critérios para certificação ambiental dos kits de conversão para gás natural e estabelece que as emissões de gases dos veículos convertidos devem ser iguais ou inferiores às dos veículos originais, antes da conversão.

Essa resolução somada às novas fases do PROCONVE, que entrarão em vigor em 2007 e 2009, à exigência de utilização da tecnologia OBD (On board diagnosis) nos futuros veículos e à redução dos limites de emissões de HC, CO e NOx, dificultarão o atendimento da legislação por parte das empresas convertedoras atualmente existentes no mercado, além de encarecer os custos de conversão, fato que poderá impactar no número de conversões e, ao mesmo tempo, incentivará o aumento da participação no mercado de veículos preparados diretamente pelas montadoras.

O OBD é um sistema eletrônico composto de sensores e de um software que permitem a realização de um diagnóstico de falhas e de deterioração de diversos componentes do veículo, visando a manutenção do nível reduzido das emissões veiculares por período mais extenso. Através da informação ao usuário da falha ocorrida, é esperado que o veículo, após receber manutenção adequada, retorne aos níveis de emissões existentes antes da falha. Sem um sistema desse tipo, o veículo poderia rodar muitos quilômetros sem que o usuário soubesse do problema e com o nível de emissões, em alguns casos, de valor elevado.

No passado havia muitos problemas de campo nos veículos, relacionados à variação da composição do gás devido à falta de especificação do GNV. O problema foi resolvido com a publicação da portaria da ANP (Agência Nacional de Petróleo) nº 104/02 que regulamenta a especificação do GNV e a adequação das plantas produtoras de gás natural à nova especificação. Na Tabela 7 é apresentada a especificação atual do gás natural por região do país.

A inexistência de normas específicas para os componentes do sistema GNV permitia uma grande variação dos produtos disponíveis no mercado quanto a qualidade, segurança, performance e durabilidade destes. Isto causava ao consumidor, uma situação de incerteza e insegurança, criando uma imagem contrária, distorcida do veículo a GNV.

Esse cenário passou a mudar com a criação de normas de fabricação de componentes e de instalação dos sistemas de conversão dos veículos. O órgão responsável pelo controle da segurança das conversões dos veículos é o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

Para comercialização de kits de conversão, estes precisam ser aprovados por aquele órgão governamental.

Tabela 7: Especificações do GNV por região do país

Característica	Unidade	Limite		
		Norte	Nordeste	Sul, Sudeste e Centro-Oeste
Poder Calorífico Superior	kJ/m^3	34.000 a 38.400	35.000 a 42.000	
	kWh/m^3	9,47 a 10,67	9,72 a 11,67	
Índice de Wobbe	kJ/m^3	40.500 a 45.000	46.500 a 52.500	
Metano, mínimo	% vol.	68,0	86,0	
Etano, máximo	% vol.	12,0	10,0	
Propano, máximo	% vol.	3,0		
Butano e mais pesados, máx.	% vol.	1,5		
Oxigênio, máximo	% vol.	0,8	0,5	
Hidrogênio	% vol.	Limite não definido - LND		
Inertes ($\text{N}_2 + \text{CO}_2$)	% vol.	18,0	5,0	4,0
Nitrogênio, máximo	% vol.	LND	2,0	
Enxofre total, máximo	mg/m^3	70		
Gás Sulfídrico (H_2S), máx.	mg/m^3	10,0	15,0	10,0
Ponto de Orvalho de água a 1 atm, máximo	$^{\circ}\text{C}$	-39	-39	-45
Hidrocarbonetos Líquidos	mg/m^3	LND		

Fonte: (MELO, 2004)

Os kits de conversão geralmente são classificados segundo o sistema de alimentação do combustível, podendo ser separados em cinco gerações, conforme a Tabela 8, a seguir.

Tabela 8: Classificação dos kits de conversão

Kit de Conversão	Veículos	Características	Valor (US\$)
1ª geração	Carburados (mecânico e eletrônico)	<ul style="list-style-type: none"> • Acionamento pneumático para a liberação do fluxo de gás; • Regulagem mecânica e manual da vazão do gás, com chave comutadora de 03 estágios. 	600.00
2ª geração	Carburados ou com injeção eletrônica monoponto	<ul style="list-style-type: none"> • Acionamento eletrônico da alimentação de gás através de um motor de passo, controlado em função dos sinais de rotação e de carga do motor; • Possuem emuladores de bicos injetores e de sonda lambda. 	750.00
3ª geração		<ul style="list-style-type: none"> • Controle eletrônico da vazão da mistura GNV + ar em função do sinal de sonda lambda, rotação e carga do motor; • Acionamento eletrônico da alimentação de gás por um motor de passo. 	1,000.00
4ª geração	Injeção eletrônica multiponto	<ul style="list-style-type: none"> • Injeção de gás por bicos injetores de forma paralela no coletor de admissão; • redutor de pressão de 02 estágios; • Eliminação da ocorrência de retorno da chama. 	1,300.00
5ª geração		<ul style="list-style-type: none"> • Injeção de gás por bicos injetores de forma seqüencial no coletor de admissão; • redutor de pressão de 02 estágios; • Eliminação da ocorrência de retorno da chama; • Menor comprometimento do desempenho do motor. 	1,500.0

Fonte: (MELO, 2004)

Em 2002 foi publicada a Resolução do CONAMA nº 291, que regulamenta a homologação dos conjuntos dos componentes dos sistemas de gás natural para instalação em veículos, onde as empresas fornecedoras de kits de conversão deverão homologá-los junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com relação a valores de emissões em ensaios realizados em dinamômetro, de acordo com a norma ABNT NBR 6601.

Neste caso o IBAMA emite para as empresas, um “certificado ambiental para o uso do gás natural em veículos automotores – CAGN”.

A homologação é feita com base em ensaio de emissões, a partir de testes comparativos entre os valores obtidos com ensaios realizados em veículos a GNV e os resultados obtidos ensaiando-se veículos com o combustível original.

As emissões de CO, NMHC e NOx não podem ultrapassar os valores emitidos pelo veículo com o combustível original.

Cabe ressaltar que os veículos do tipo “Flex Fuel”, recentemente lançados no mercado, devem emitir abaixo do limite legal, mas não obrigatoriamente abaixo dos níveis de emissões de modelo similar à gasolina ou álcool.

A PETROBRAS realizou recentemente um trabalho para avaliação das emissões veiculares em ciclo dinamométrico, segundo a ABNT-NBR 6601 (ciclo baseado no FTP-75), em veículos convertidos para GNV.

Foi utilizado um kit de 3ª geração, modelo escolhido por ser representativo do mercado e por estar disponível para os veículos testados. Foram utilizados para conversão um veículo a gasolina, 1999, 1.0 e um veículo a álcool, 2002, 1.8. Os resultados encontrados são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9: Emissões veiculares em ciclo dinamométrico realizado no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Melo – CENPES

Veículo	Emissões			
	THC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)
1.0 – 1999 Gasolina	0,105	0,379	0,308	182,988
1.0 - 1999 GNV RJ	0,250	0,251	0,339	136,906
1.8 – 2002 Álcool	0,093	0,964	0,067	188,019
1.8 – 2002 GNV RJ	0,245	1,226	0,020	154,605

Fonte: (MELO, 2004)

A produção do gás natural no Brasil está baseada nas Regiões Sudeste (47,90%), Nordeste (32,75), Norte (19,00%) e Sul (0,50%), conforme Tabela 10 e Figura 14. Ainda

carecendo de uma rede de gasodutos que permita uma distribuição maior desta matriz energética.

Tabela 10- Produção de gás natural por Estado da Federação

Produção de gás por estado brasileiro em 2003 (m³/dia)

UF	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
AL	2.149,7	2.181,1	2.259,0	2.269,0	2.501,0	2.702,0
AM	7.482,6	7.606,4	7.628,3	7.657,9	7.020,4	7.661,7
BA	5.479,3	5.816,6	5.605,5	6.022,7	6.023,7	5.702,3
CE	366,7	337,1	315,5	336,6	333,1	290,7
ES	1.368,5	1.433,4	1.444,3	1.449,5	1.399,7	1.301,4
PR ⁶	111,4	176,7	135,3	110,5	104,2	169,3
RJ	18.644,7	18.882,4	18.657,6	19.098,3	18.247,5	17.043,5
RN	3.695,3	3.457,0	3.231,6	3.281,8	3.109,0	3.189,0
SE ⁷	2.101,6	1.913,5	2.066,1	1.585,8	1.986,1	2.016,6
SP	1.198,4	1.439,3	1.112,7	1.079,3	985,9	981,4
Total	42.598,2	43.243,5	42.455,9	42.891,4	41.710,6	41.057,9

UF	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
AL	2.527,3	2.501,9	2.572,9	2.813,0	2.750,8	2.758,0
AM	7.681,8	8.562,3	9.336,1	9.275,6	9.372,7	9.381,3
BA	6.137,5	5.892,7	6.087,9	6.250,5	5.989,4	6.000,4
CE	215,0	203,8	189,7	277,1	216,6	222,9
ES	1.422,2	1.381,6	1.404,6	1.487,2	1.404,2	1.398,0
PR ⁶	163,7	339,6	363,5	283,7	226,3	185,5
RJ	18.111,2	18.446,6	18.163,2	18.998,0	17.722,6	17.591,7
RN	3.530,3	3.878,9	3.834,8	3.896,1	3.470,2	3.218,2
SE ⁷	2.062,6	2.043,8	2.079,7	2.182,5	2.100,3	1.994,5
SP	952,4	999,6	1.080,6	1.310,6	1.114,3	587,8
Total	42.804,0	44.250,8	45.113,0	46.774,3	44.367,4	43.338,3

Fonte: ANP (adaptado pelo CTGÁS)

6- Desde de junho de 2003 a ANP deixou de incluir a produção de gás de xisto ocorrida no Paraná nos cálculos de produção de gás.

7- Inclui a produção da URP a partir de outubro de 1999.

Fonte: (CTGÁS, 2003)

O mercado de GNV no Brasil está voltado principalmente para veículos leves com uso de kits de conversão, existindo a previsão de que essa frota possa dobrar nos próximos anos.

A frota de veículos pesados a GNV no Brasil é bastante reduzida, com experiências isoladas em alguns estados. Porém, observa-se atualmente um movimento na tentativa de se explorar também esse potencial. Entre os fatores que contribuíram e estão contribuindo para o crescimento do mercado de GNV no país destacam-se:

Produção brasileira de Gás Natural em 2003

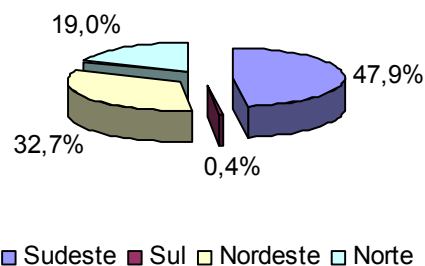


Figura 14: Produção brasileira de Gás Natural por Região

Fonte dos Dados: (CTGÁS, 2003)

- Aumento da malha dutoviária e oferta de gás Natural: com a construção do Gasoduto Brasil-Bolívia (GASBOL) e a existência de contratos de fornecimento de gás firmados com a Bolívia no regime “take or pay”, o país compra um volume pré-estabelecido de gás independente do seu consumo (Figura 15);



Figura 15: Mapa ilustrativo da malha dutoviária de gás natural no Brasil

Fonte dos dados: (CTGÁS, 2003)

- Rede de assistência técnica especializada: atualmente existe uma infra-estrutura de suporte às instalações adequada e já implantada no país. Segundo o site do INMETRO, existe no Brasil um total de 700 empresas instaladoras de sistema de Gás Natural em veículos automotores legalmente registradas;

- Grande disponibilidade de reserva de GN em território nacional: recentes descobertas elevaram as reservas totais de GN de 200 bilhões de m³ para 600 bilhões de m³. Isso, somado ao volume de gás importado da Bolívia, 30 milhões de m³/dia (Gasoduto GASBOL), favorece o crescimento da participação do gás natural na matriz energética brasileira.

- Diferencial de preço atrativo: a diferença entre o preço pago pelo litro da gasolina ou álcool e o pago pelo metro cúbico de gás é muito grande, representando um fator positivo na conversão do veículo (Tabela 11);

Tabela nº 11- Comparativo das Vantagens Econômicas no Uso de GNV em Natal – setembro 2005

Combustível	Consumo	Custo (R\$)	Gasto/dia(R\$)	Custo/km	Consumo/km
GNV	13,64 m³	1,32 /m³	18,00	0,12	11 km/m³
Álcool	18,75 l	1,70 /l	31,88	0,22	8 km/l
Gasolina	16,67 l	2,55 /l	42,51	0,28	9 km/l

Fonte: Preços coletados no dia 25.09.2005 em um Posto de Abastecimento de Natal/RN.

Base: 150km/dia.

- Aumento da rede de distribuição de GNV: o aumento da frota de veículos convertidos, juntamente com os investimentos das distribuidoras, tiveram como consequência principal, o aumento do número de postos, principalmente nos grandes centros urbanos (Figura 16);

Com relação aos limites futuros de emissões, o grande desafio para os veículos a GNV será atender os limites de NOx em valores iguais ou inferiores aos emitidos pelos veículos funcionando com o combustível original, visto que o motor a GNV trabalha com temperaturas mais altas, havendo tendência de uma maior produção de NOx.

Para os veículos a gasolina, álcool ou tipo “Flex” fabricados a partir de 2007, esperam-se níveis de emissões bem reduzidos, em alguns casos bem abaixo dos limites oficiais. Para veículos com emissões de NOx muito reduzidas será muito difícil e desafiador para empresas

conversedoras manter o mesmo nível de emissão do veículo original utilizando kit de 3ª geração, necessário para homologação nos níveis atuais de emissões. O uso de kits de 4ª ou 5ª geração a partir de 2007, devido ao seu custo mais elevado, poderá impactar no número de conversões.

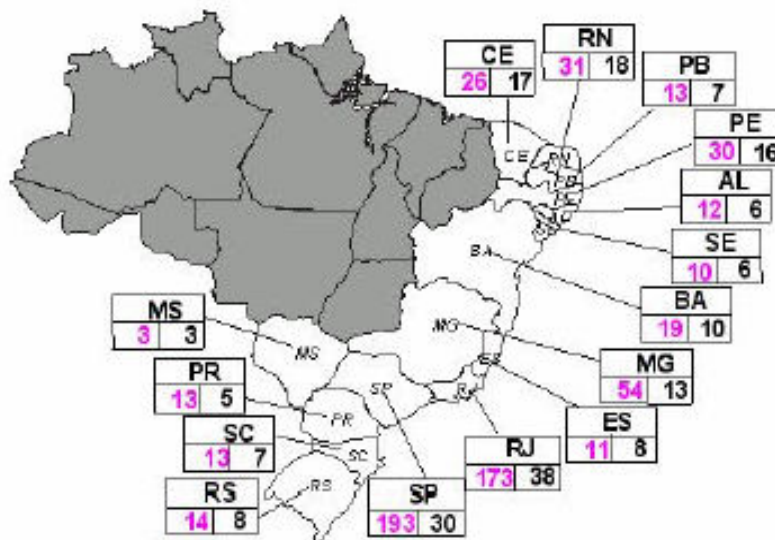


Figura 16: Mapa ilustrativo da rede de postos de abastecimento de GNV no Brasil

Fonte (CTGAS, 2003)

É preciso ressaltar que os ganhos ambientais esperados com a utilização do GNV em veículos automotores só serão reais se os fabricantes utilizarem a tecnologia adequada de controle eletrônico dos kits de conversão. A simples conversão dos motores sem os critérios técnicos pode ser nociva ao meio ambiente.

3.3.3- ÁLCOOL

O etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), é um dos principais álcoois que existem, sendo ele incolor, inflamável e de odor característico. É miscível em água e em outros compostos orgânicos. Atinge seu ponto de fusão a $-114,1\text{ }^\circ\text{C}$ e seu ponto de ebulição a $78,5\text{ }^\circ\text{C}$.

O etanol ou álcool etílico pode ser obtido através da fermentação dos açúcares. Este é o método mais comum no Brasil, que utiliza a cana-de-açúcar para obter os açúcares que darão origem ao etanol. Este álcool é o que se encontra em todas as bebidas alcoólicas, assim

como no álcool combustível e na gasolina, como um aditivo. O etanol pode ser obtido também, pela fermentação de cereais, tais como a cevada e o malte (MEDEIROS, 2004).

A produção atual de álcool no mundo é da ordem de 35 bilhões de litros, dos quais 60% destinam-se ao uso combustível. O Brasil e os Estados Unidos são os principais produtores e consumidores.

Segundo Vicentini (2004), o álcool hidratado utilizado como combustível no Brasil tem duas particularidades: alta resistência à detonação (como se tivesse alta octanagem, embora o álcool não possua octanas) e baixo poder calorífico (gera menos energia na queima que a gasolina).

Em função dessas características, o motor a álcool pode utilizar taxa de compressão mais elevada, mas requer uma relação estequiométrica diferenciada, ou seja, a mistura ar-combustível tem de ser mais rica (com mais combustível) que no motor a gasolina. Na prática, isso significa que o motor a álcool pode obter mais potência e torque -- o que não ocorre em alguns casos por simples escolha do fabricante --, mas consome mais combustível.

A utilização do álcool como combustível implica aumento de consumo devido ao menor poder calorífico, quando comparado ao da gasolina. Isto significa que é necessária maior quantidade de combustível para realização do mesmo trabalho. Algumas vantagens do álcool, como menor índice de emissões (Tabela 12), perderam importância com as normas de controle de poluição que restringiram também as emissões dos motores a gasolina.

O etanol ou AEHC, álcool etílico hidratado carburante, é o combustível adquirido nas bombas dos postos de serviço. Sua composição de álcool e água é padronizada pela ABNT, CNP e pelo Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), pois alterações em sua densidade acarretarão mau funcionamento e possíveis danos internos ao motor. O álcool hidratado é utilizado exclusivamente como combustível, por motivos de economia produtiva e por sua eficiência. É adicionada pequena quantidade de gasolina para inibir seu uso doméstico ou na fabricação de bebidas, por exemplo.

O Brasil é um dos países em que se mais desenvolveu a tecnologia de motores de combustão interna de ciclo Otto movidos a álcool etílico hidratado ou a álcool metílico. Em meados da década de 80, havia mais de 3,5 milhões de veículos com motores movidos a álcool etílico. Para tanto foram necessárias modificações no veículo: em função de seu calor latente de vaporização mais elevado, a tubulação de admissão foi reprojeta a fim de permitir fornecimento de mais calor; os calibres de vazão de combustível foram aumentados a fim de

alterar a relação ar/combustível, foi instalado um sistema auxiliar, com injeção de gasolina, para facilitar a partida em dias frios; o carburador sofreu tratamento superficial anticorrosivo à base de níquel; o revestimento de estanho e chumbo do tanque de combustível passou a ser de estanho puro; o revestimento de zinco da bomba de combustível passou a ser de cádmio cromatizado; o tubo de aspiração do combustível, de aço zincado, foi substituído por tubo de latão cadmiado; o sistema de filtragem foi redimensionado para atender a uma vazão mais elevada de combustível. A fim de aproveitar a maior resistência do álcool à detonação, a taxa de compressão do motor foi elevada para 10:1 ou 12:1, com conseqüente elevação do rendimento térmico do motor, o que exigiu novo projeto dos pistões e juntas de vedação. As sedes de válvulas, quando de ferro fundido, foram substituídas por ligas sinterizadas ferro-cobalto, fazendo desta forma, frente à falta de lubrificação provocada pela retirada do chumbo tetraetila; as hastes das válvulas passaram a ser cromadas, e as cabeças aluminizadas. No sistema de ignição foi aumentada a tensão nas velas (através da introdução do sistema transistorizado sem platinado), foi introduzida nova curva de avanço na inflamação e passaram a ser utilizadas velas de reduzida capacidade térmica. A curva da potência do motor foi reprojeta para maior conjugado a baixas rotações, o que exigiu, em conseqüência, alterações da transmissão e redução do eixo motor.

Em 1979, iniciou-se o Programa Nacional do Álcool - PROALCOOL e a partir de então, ocorreram novas e importantes modificações na composição dos combustíveis utilizados pelos veículos automotores. Neste mesmo ano, foi iniciado o fornecimento da mistura da gasolina com o álcool anidro, com 15% de etanol, chegando-se a 22% nos anos seguintes e, ainda, iniciada a produção de veículos movidos a etanol. A porcentagem de 22% de etanol em volume de gasolina foi adotada pelo CONAMA em 1990, por recomendação do setor energético.

Em 1998, o Governo Federal, com a Medida Provisória nº 1662-3, de 25 de agosto, elevou o teor de álcool etílico anidro na gasolina para 24% em volume. Essa elevação, com relação aos 22% anteriores, não acarreta alterações sensíveis no perfil de emissão dos veículos em circulação, uma vez que os veículos fabricados nestes últimos anos, com tecnologia mais avançada, como injeção eletrônica e sensores de oxigênio, são dotados de sistema de auto compensação da relação ar/combustível para variações dessa ordem de etanol.

Tabela 12: Fatores de Emissão de Veículos Leves Novos - Álcool - 1994

Ano Modelo	CO (g/km)	HC* (g/km)	CH₄ (g/km)	NO_x (g/km)	CO₂ (g/km)	Evaporativas (g/km)
PRÉ - 80	18,0	0,96	0,64	1,0	174,72	1,80
80 - 83	16,9	0,96	0,64	1,2	174,72	1,80
84 - 85	16,0	0,96	0,64	1,8	174,72	1,80
86 - 87	13,3	0,96	0,68	1,4	174,72	1,80
88	12,8	1,02	0,64	1,1	164,18	1,80
89	10,8	0,96	0,52	1,2	163,64	0,29
90	8,4	0,78	0,44	1,0	163,1	0,29
91	3,6	0,68	0,24	0,5	165,6	0,14
92	4,2	0,36	0,28	0,6	165,6	0,14
93	4,6	0,42	0,28	0,7	165,6	0,14
94	4,6	0,42	0,28	0,7	164,9	0,14
95	4,6	0,42	0,28	0,7	164,9	0,14
96	3,9	0,36	0,24	0,7	164,9	0,12
97	0,9	0,18	0,12	0,3	164,9	0,17

HC* = Hidrocarbonetos exceto o metano

Fonte: (CETESB, 2004)

O álcool combustível foi uma solução brasileira como alternativa ao petróleo. Combustível ecologicamente correto, o álcool não afeta a camada de ozônio e é obtido de fonte renovável. Como é obtido a partir da cana-de-açúcar, ajuda na redução do gás carbônico

da atmosfera, através da fotossíntese nos canaviais. Outras vantagens ambientais, ainda relacionadas à fase de plantio/cultivo da cana-de-açúcar, são o aumento da umidade do ar e a retenção das águas da chuva. Seguindo recomendações específicas, pode ser misturado ao diesel e à gasolina, como também pode ser utilizado sem aditivos, sem que com isso o motor sofra danos.

Porém existem problemas que precisam ser resolvidos para que o álcool torne-se realmente uma alternativa ambientalmente sustentável, entre eles: problemas gerados pela monocultura da cana de açúcar, pela condição social e trabalhista da mão de obra empregada, pelo primitivo processo de colheita que obriga a queima da cana, entre outros.

3.4- MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Segundo TAYLOR (1995), os motores de combustão podem ser classificados em função do tipo de combustão, em duas categorias: externa, no qual o fluido de trabalho está completamente separado da mistura ar-combustível, sendo o calor dos produtos da combustão transferido através das paredes de um reservatório ou caldeira; e interna, no qual o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão da mistura de ar-combustível propriamente ditos.

O motor de combustão interna alternativo pode ser considerado uma das máquinas mais importante inventada pelo homem. As principais aplicações desse tipo de motor estão relacionadas aos sistemas de transporte automotivo, e com a geração de potência. Por esta razão é também responsável por boa parte do consumo de combustível e, conseqüentemente, de emissão de poluentes (LACAVA et al, 2005).

Existem vários tipos básicos de motores de combustão interna alternativos: motores de ignição por centelha; de ignição por compressão; etc. Porém, neste estudo, as análises abordam apenas os motores de combustão interna à centelha.

3.4.1- COMBUSTÃO INTERNA

Reação exotérmica do oxigênio com matérias oxidáveis. O potencial de energia do petróleo ou de outras matrizes energéticas utilizadas é muito elevado. A energia nele concentrada pode liberar-se instantaneamente como na pólvora, produzindo uma explosão,

com grande efeito mecânico. Para que isso aconteça é necessário que ele seja queimado em uma mistura apropriada com certa porcentagem de oxigênio.

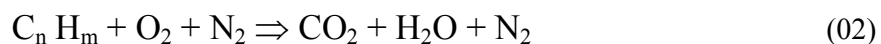
É a fonte mais acessível e mais utilizada de calor, resultante da transformação mecânica ou elétrica da energia térmica, com rendimentos globais algumas vezes muito baixos.

A combustão produz resíduos gasosos, não apenas o dióxido de carbono e a água, resultados inevitáveis e praticamente inofensivos, quando em equilíbrio, da oxidação do carbono e do hidrogênio (que constituem a maior parte dos combustíveis líquidos e gasosos), mas também outros efluentes de caráter mais poluentes; o monóxido de carbono, resultante de uma oxidação incompleta; o dióxido de enxofre, formado da perda do enxofre presente em quantidades variáveis nos combustíveis fósseis; os óxidos de nitrogênio, provenientes da oxidação do nitrogênio do ar em meio de alta temperatura; no caso dos combustíveis líquidos, os hidrocarbonetos não queimados.

Com estes quatro poluentes, lançados por fontes fixas (aquecimento doméstico, centrais térmicas) e fontes móveis (motores a combustão interna caminhões, automóveis, aviões), a combustão representa quantitativamente a causa mais importante da poluição devida às atividades humanas (LEMAIRE & LEMAIER, 1975).

3.4.1.1- COMBUSTÃO COMPLETA

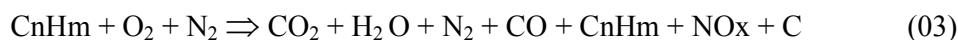
Aquela na qual todo combustível injetado no cilindro encontra a quantidade de ar necessária para a sua queima completa (Eq. 02).



Como produto da combustão, aparece apenas dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água (H₂O) e nitrogênio (N₂). Na prática, este tipo de combustão é inviável, dado que, a relação ar-combustível não é ideal para proporcionar a combustão perfeita (LACAVA et al, 2005).

3.4.1.2- COMBUSTÃO INCOMPLETA

Aquela na qual nem todo combustível injetado na câmara de combustão é queimado. Na prática, a relação combustível/ar não é a ideal para proporcionar a combustão perfeita, acarretando um aumento no consumo de combustíveis (veículo desregulado), conseqüentemente uma maior quantidade de poluentes sendo lançados para a atmosfera (Eq. 03). No caso de um veículo a diesel, pelo fato de ocorrer formação de fuligem (C), quanto mais preta for a tonalidade da fumaça, maior também a emissão de poluentes (LACAVA 2004).



Cada um destes poluentes é emitido em maior ou menor quantidade, dependendo do combustível utilizado, do tipo de motor, da sua regulagem, do estado de manutenção do veículo e do modo de dirigir.

Mas não é somente com o motor em funcionamento que o veículo polui. Mesmo com o motor desligado, ocorre a evaporação de combustível pelo respiro do tanque e sistema de carburação do motor e grande parte destes vapores é lançada na atmosfera (ver Figura 17).

Nos veículos mais novos essas emissões foram bastante controladas com adição de outras tecnologias e materiais. Individualmente as emissões de um veículo são pequenas. Entretanto, a concentração de milhares de veículos, fato que ocorre nas grandes cidades, gera toneladas de poluentes por dia.

3.4.2- FUNCIONAMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA DE IGNIÇÃO POR CENTELHA

Os motores de combustão interna à centelha, conforme foram definidos anteriormente, são motores no qual a ignição é ordinariamente provocada por uma centelha elétrica. Este tipo de motor é utilizado largamente na indústria automobilística tanto para veículos que utilizam combustíveis líquidos (gasolina e álcool), gasoso (GNV), ou ainda bi-combustível (gasolina/ álcool, gasolina/ GNV, álcool/ GNV).

Na Figura 18, apresenta-se um esquema da geometria básica de uma câmara de combustão de um motor alternativo por ignição a centelha.

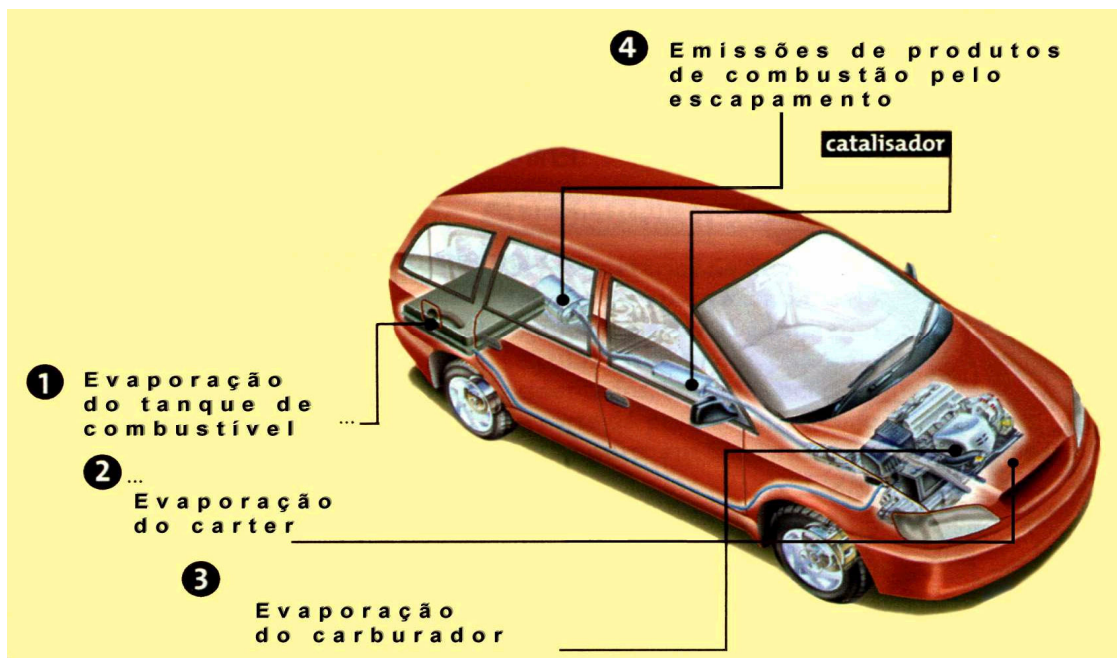


Figura 17: Pontos de emissões veiculares

Fonte: (POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, 2005)

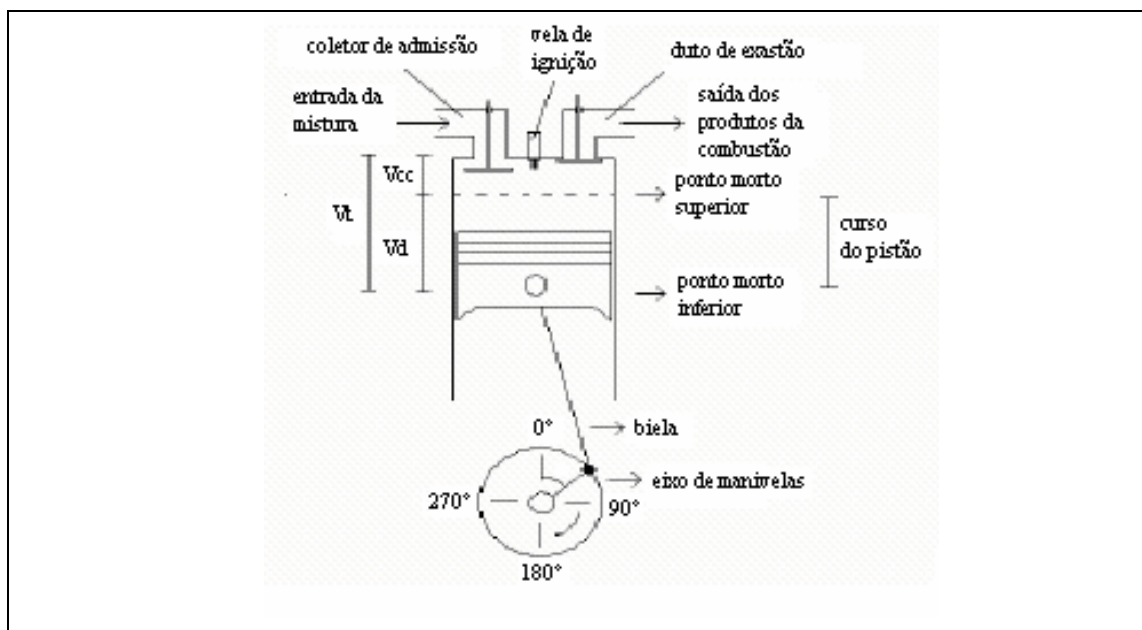


Figura 18: Geometria básica da câmara de combustão de um motor de ignição por centelha

Fonte: (LACAVA et al, 2005)

Descrevem-se, a seguir, as etapas do processo de um ciclo completo de combustão num motor de ignição por centelha de 04 tempos:

1º Tempo: a mistura ar-combustível é injetada no cilindro através da válvula de admissão (Figura 19).

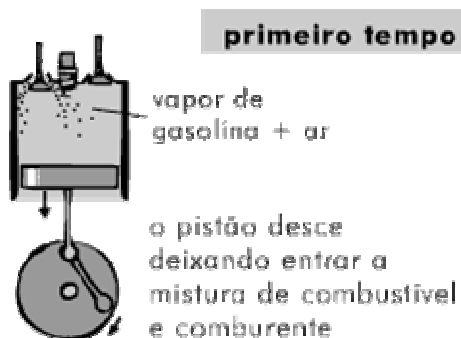


Figura 19: 1º Tempo do motor (admissão)

Fonte: (ECIENCIA, 2005)

2º Tempo: a mistura ar-combustível é comprimida pelo pistão, estando as válvulas de admissão e escape fechadas (Figura 20).



Figura 20: 2º Tempo do motor (compressão)

Fonte: (ECIENCIA, 2005)

3º Tempo: estando a mistura ar-combustível totalmente comprimida pelo pistão é gerada, pela vela, uma faísca (centelha) elétrica que produz a combustão explosiva. As válvulas de admissão e escape continuam fechadas (Figura 16).



Figura 21: 3º Tempo do motor (ignição)

Fonte: (ECIENCIA, 2005)

4º Tempo: a explosão impele o êmbolo ou o pistão, o qual no fim de seu curso, abre a válvula de escape, eliminando os gases e retorna à situação inicial para a admissão de nova carga de ar-combustível (Figura 17).

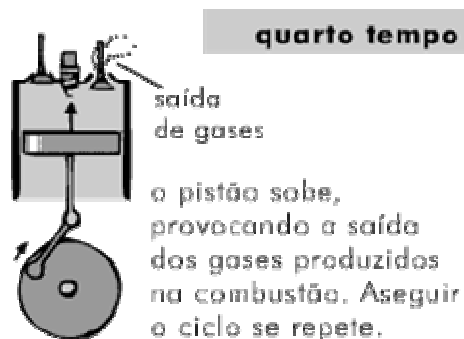


Figura 22: 4º Tempo do motor (escape)

Fonte: (ECIENCIA, 2005)

3.4.3- FORMAÇÃO DOS POLUENTES NOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Segundo Moreira e Bagno (2004), o fato de o dióxido de carbono não ser um poluente é um grande alívio uma vez que é o único elemento resultante da combustão sobre o qual não se pode efetuar um controle pela redução. Sua emissão é diretamente proporcional à

quantidade de combustível queimado e, portanto, motores de baixo consumo específico são desejáveis para combater altos níveis de emissão deste elemento.

Em contrapartida, quando a reação acima descrita ocorre em um ambiente pobre de oxigênio, é favorecida a ocorrência do monóxido de carbono. Podemos dizer então, que o CO varia consideravelmente com λ . Para valores de $\lambda < 1$ (mistura rica), têm-se portanto, maior emissão deste tipo de poluente.

O nitrogênio presente na atmosfera (N_2) é um gás inerte em condições normais de temperatura. Todavia, se submetido à altas temperaturas (facilmente atingíveis nas câmaras de combustão de motores) este tende a combinar-se com o oxigênio, formando seus óxidos (NO_x).

Quando se trabalha com uma mistura rica ($\lambda < 1$), valores crescentes de λ proporcionam uma maior quantidade de oxigênio livre aumentando a emissão de NO_x . Em mistura pobre ($\lambda > 1$), a emissão de NO_x diminui com o aumento da quantidade de ar devido à diminuição da temperatura. Considera-se aqui uma região de λ pobre onde a qualidade da combustão é afetada pelo excesso de ar. Uma mistura levemente pobre ($\lambda \approx 1.05$) alcança o máximo valor de emissão de NO_x .

Outros fatores que influenciam diretamente a temperatura na câmara de combustão são também relevantes para aparecimento deste poluente como o ângulo de avanço e a taxa de compressão. Sabemos que um maior ângulo de avanço melhora a combustão e, conseqüentemente aumenta a temperatura na câmara. O aumento da compressão ocorre por sua vez em modo adiabático e, portanto, com aumento de temperatura. É importante aqui salientar que a melhoria de desempenho do motor caminha em sentido inverso ao da diminuição da emissão de NO_x no que diz respeito a ângulo de avanço e taxa de compressão.

Os hidrocarbonetos são o próprio combustível ou sua quebra em cadeias menores, que pode ascender à atmosfera seja pelo processo de evaporação, seja pela combustão incompleta na câmara.

O HC provém da região na câmara de combustão onde esta ocorre de modo incompleto como próximo à sua parede (onde o resfriamento tende a apagar a chama) ou em fissuras (onde a chama não penetra eficazmente).

O aumento na emissão de HC é imputável a piores condições de combustão na câmara e deve-se não só ao valor de λ , mas a diversos fatores como ângulo de avanço, fatura de válvulas (antecipação ou retardamento das válvulas em relação a um ponto de referência),

temperatura do motor e a relação entre a superfície do pistão e a cilindrada unitária. Um fenômeno também bastante influente na emissão de HC é a falha de explosão (misfire).

É importante também se diferenciar o hidrocarboneto metano (CH_4). Este não é de fato considerado nocivo para a saúde enquanto é considerado de pouca reatividade de forma que em muitos países mira-se especificamente a outros tipos de hidrocarbonetos (chamados genericamente de NMHC, ou hidrocarboneto não metano).

Neste caso a mistura é expulsa da câmara sem que haja a fase de queima da mesma. Nas Figuras 23 e 24 ilustram-se o comportamento típico da emissão de poluentes relacionado com a variação de λ , medido antes (emissão bruta) e após o catalisador.

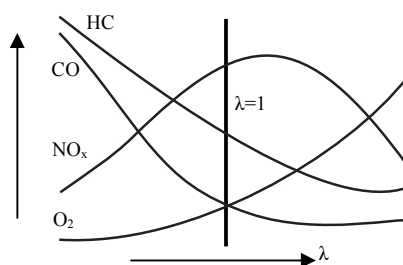


Figura 23: Emissão de poluentes em função de λ antes do catalisador

Fonte: (MOREIRA e BAGNO, 2004)

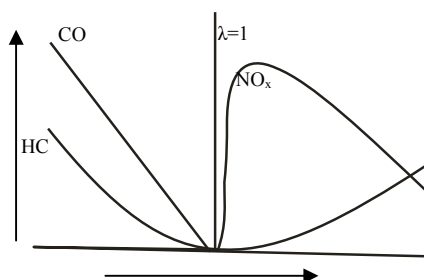


Figura 24: Emissão de poluentes em função de λ após o catalisador

Fonte: (MOREIRA e BAGNO, 2004)

A diferença entre os gráficos é explicada pelo fato da eficiência de conversão do catalisador para cada poluente variar também de acordo com λ após a fase de aquecimento.

Em mistura rica observa-se normalmente maior eficiência de conversão para NO_x e menor para HC e CO, sendo que a tendência se inverte em condições de mistura pobre.

3.5- SISTEMA DE CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES

No Brasil ainda não existe um sistema eficiente de controle das emissões veiculares. Porém, a partir da institucionalização pelo CONAMA de uma política nacional de controle de emissões veiculares, que culminou com a criação do PROCONVE (1986), muitos passos já foram dados no sentido de dotar a sociedade de instrumentos para enfrentar satisfatoriamente este grave problema.

Várias medidas foram importantes para que os níveis de emissões veiculares atuais fossem alcançados. Ressalta-se, porém, a importância fundamental de 04 iniciativas que redundaram com maiores resultados positivos: 1) especificação e restrição progressiva da legislação ambiental; 2) evolução tecnológica na composição dos combustíveis; 3) substituição do carburador pela injeção eletrônica no sistema de alimentação e 4) exigência de instalação do catalisador no sistema de escapamento.

Na Figura 25, vêem-se os principais componentes de um sistema de controle de emissões veiculares atualmente adotado no Brasil.



Figura 25: Sistema de controle de emissões veiculares

Fonte: (PROCONVE, 2004)

3.5.1- CATALISADOR

O catalisador ou conversor catalítico é um instrumento do sistema de escapamento do motor.

Segundo Cardinali (2005), dentro da blindagem de aço do catalisador, uma colméia de cerâmica com inúmeros canais é impregnada com elementos químicos, como paládio e ródio, entre outros. Quando os gases passam através desses pequenos "túneis", ocorre uma reação termoquímica que modifica suas moléculas, transformando monóxido de carbono, hidrocarboneto e óxidos de nitrogênio em substâncias inofensivas para o ser humano, como água, gás carbônico e nitrogênio (Figura 26).

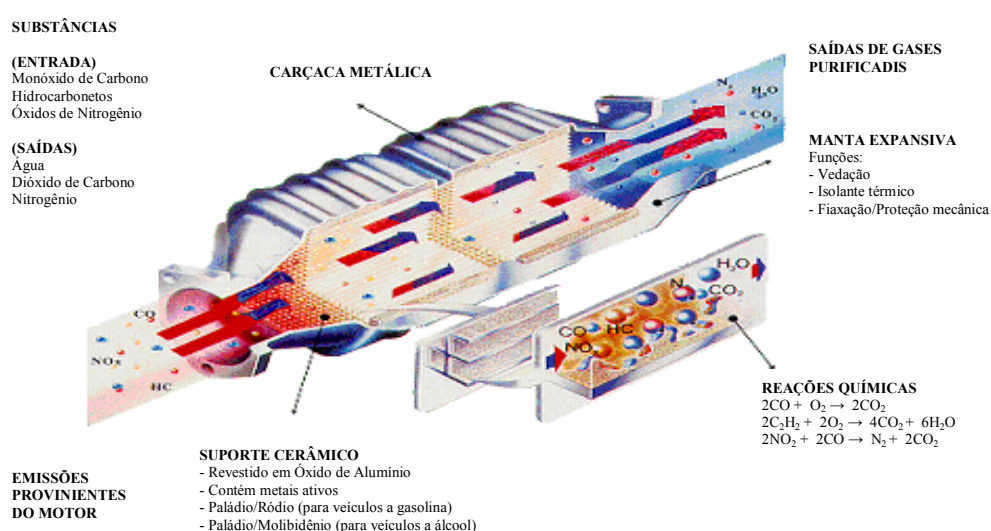


Figura 26: Estrutura interna de um catalisador

Fonte: (PROCONVE, 2004)

Através de determinados compostos químicos de sua formulação, possui a propriedade de armazenamento de oxigênio. Tal armazenamento ocorre principalmente em instantes onde o motor trabalha com mistura pobre, sendo que oxigênio é liberado quando em mistura rica auxiliando as reações de oxidação de HC e CO. Tal característica de armazenamento é associada também às reações de redução de NOx (armazenamento do oxigênio presente originalmente no composto). Esta característica tende a diminuir a variabilidade de oxigênio

presente após o catalisador, de forma que tal variabilidade estará então diretamente associada à deterioração do próprio.

Alguns motoristas retiram o catalisador pensando em obter maior potência do carro, mas esse ganho é irrisório e pode provocar danos ao motor.

O catalisador é equipamento obrigatório. Sua retirada constitui infração de trânsito de natureza grave (cinco pontos na habilitação do condutor) e multa de R\$ 120,00, além de causar a retenção do veículo.

Para manter o catalisador em boas condições, deve-se seguir as recomendações de seus fabricantes, usar sempre gasolina de boa qualidade e ficar atento a alguns hábitos ao dirigir: nunca fazer o carro pegar no tranco, evitar dar partidas seguidas com o motor quente e jamais bombear o pedal do acelerador, para evitar o excesso de combustível. O uso de dispositivos contra furto do tipo corta-ignição, também não é indicado. Ao ser ativado involuntariamente, cortará a corrente que produz a faísca nas velas, causando acúmulo de combustível no catalisador. Já a gasolina adulterada, com elementos estranhos, impregna a colméia do catalisador e prejudica as reações químicas, gerando mais emissões.

Sintomas de danos ou entupimento podem ser verificados a partir de: perda repentina de potência e de força do motor; aumento do consumo e redução do desempenho; amassados ou marcas profundas de batidas na carcaça e ruído de pedras soltas vindo de dentro do catalisador.

3.5.2- INJEÇÃO ELETRÔNICA

Segundo Carbocar (1995), a injeção eletrônica é um equipamento do sistema de alimentação que tem a função de fornecer a quantidade necessária de combustível ao motor em cada instante, mediante alguns pulverizadores de combustível denominados injetores, que podem estar situados na câmara de combustão ou no coletor de admissão.

Quando os injetores pulverizam o combustível diretamente no interior da câmara de combustão o sistema é denominado de injeção direta, enquanto que quando o fazem no coletor de admissão recebem o nome de injeção indireta.

Praticamente todos os sistemas de injeção eletrônica utilizados em modelos europeus e americanos descendem do original sistema “Jetronic”, norte-americano. As semelhanças entre os diferentes tipos são por isso muito grandes. No entanto, atendendo principalmente ao

sistema de medição de ar (dispositivo que mais variações apresenta) podem ser diferenciados ao menos os seguintes tipos:

- **D-Jetronic:** utilizado pelos primeiros Jaguar V12, é um dos sistemas mais antigos. A medição do fluxo de ar é efetuado, neste sistema, mediante sensor eletromagnético conectado ao coletor de admissão que transforma os registros de pressão em sinais elétricos.

- **L-Jetronic:** à diferença do anterior, é que utiliza para o cálculo do volume de ar da admissão um medidor de comporta oscilante que aciona um potenciômetro.

- **LH-Jetronic:** Desenvolvido do L-Jetronic, este sistema substitui o medidor de comporta por um dispositivo de filamentos metálicos aquecidos eletricamente, situados na passagem do fluxo de ar. A medição das variações de resistência elétrica destes filamentos permite calcular com grande aproximação a densidade e o volume de ar que atravessa a câmara. Este é um dos mais modernos dispositivos de injeção eletrônica no mercado. Para a medição do volume de ar é usado um sistema baseado no controle da variação da resistência elétrica de filamentos metálicos aquecidos eletricamente (Figuras 27 e 28).

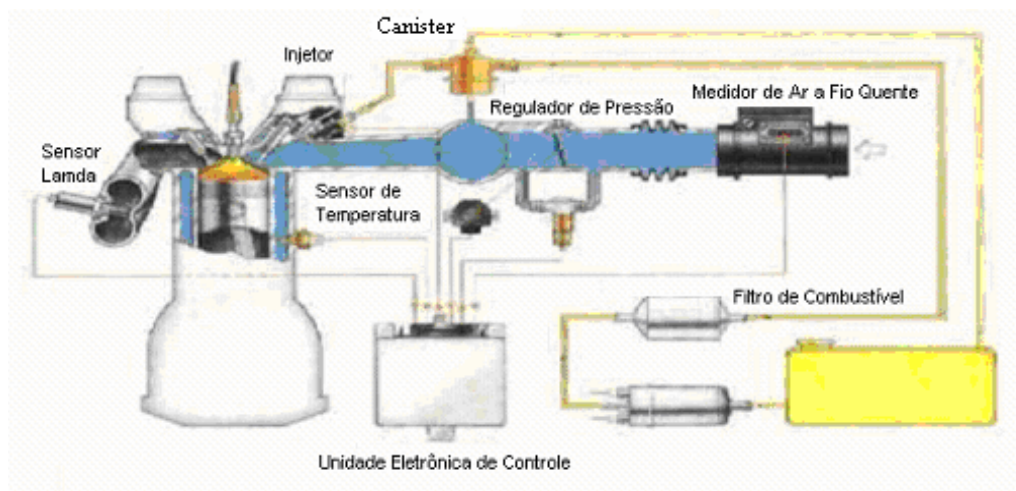
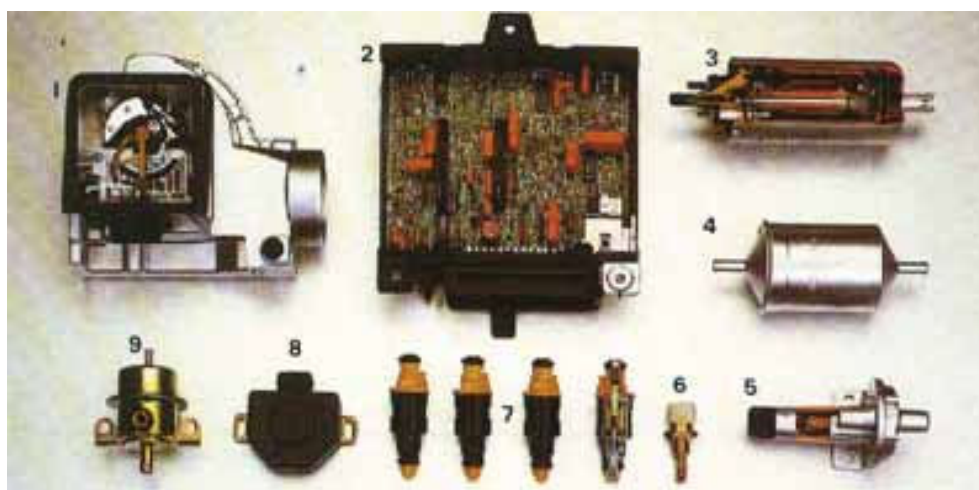


Figura 27: Esquema do sistema de injeção eletrônica do tipo LH-Jetronic
 Fonte: (CARBOCAR, 2005)

- **Mono-Jetronic:** diferente dos equipamentos normais, que dispõem de um injetor para cada cilindro, o sistema Mono-Jetronic tem a particularidade de dispor de um único injetor para todos os cilindros.

- **Hot Wire (HW)**: desenvolvido pela firma britânica Lucas, este sistema conta com um dispositivo de medição de ar basicamente similar ao do equipamento LH-Jetronic, se bem que com a sofisticação extra de uma íntima relação com um sistema de ligação eletrônica programada.

- **Mofronic**: da mesma forma que o sistema HW, o dispositivo Motronic pertence à última geração de equipamentos de injeção dotados de microprocessador digital e de funcionamento combinado com o sistema de ligação .



(1) medidor de ar ; (2) unidade eletrônica de controle; (3) bomba de gasolina; (4) filtro de combustível; (5) válvula de passagem de ar ; (6) Injetor de arranque em frio; (7) injetores; (8) interruptor da borboleta; (9) regulador de pressão do combustível.

Figura 28: Principais componentes do sistema L-Jetronic

Fonte: (CARBOCAR, 2005)

O sistema de injeção de gasolina com comando eletrônico Jetronic é do tipo de injeção indireta e funcionamento com baixas pressões de combustível (em torno de 2 kgf/cm²).

A dosagem do combustível é realizada pelo dispositivo que estabelece a quantidade de gasolina a injetar, segundo as necessidades do motor em cada instante, depende fundamentalmente de um microprocessador eletrônico ou caixa de controle.

Uma unidade microprocessadora é constituída por centenas de componentes eletrônicos e semicondutores coordenados entre si e freqüentemente conectados a diminutos circuitos conhecidos com o nome de microcircuitos integrados. Estes modernos circuitos reúnem componentes miniaturizados tais como condensadores, resistores, diodos e

transistores, formando uma unidade eletrônica de comutação. Suas dimensões equivalem aproximadamente 22 mm². Porém, apesar dessa diminuta superfície, um destes microcircuitos pode reunir até 3.400 transistores e componentes diversos.

O microprocessador, verdadeiro cérebro do sistema de injeção, recebe através de sensores ou sondas uma informação constante sobre as variáveis mais importantes que intervêm no funcionamento do motor, como quantidade de ar que é admitida nos cilindros, velocidade de giro do motor, temperatura da água de refrigeração, temperatura do ar de admissão, etc.

Estes sinais são processados pelo microprocessador eletrônico que, após uma série de cálculos, determina a quantidade exata de combustível que em função dessas variáveis o motor necessita em cada instante para obter a máxima eficiência. O microprocessador traduz esta informação a sinais elétricos para o comando dos injetores.

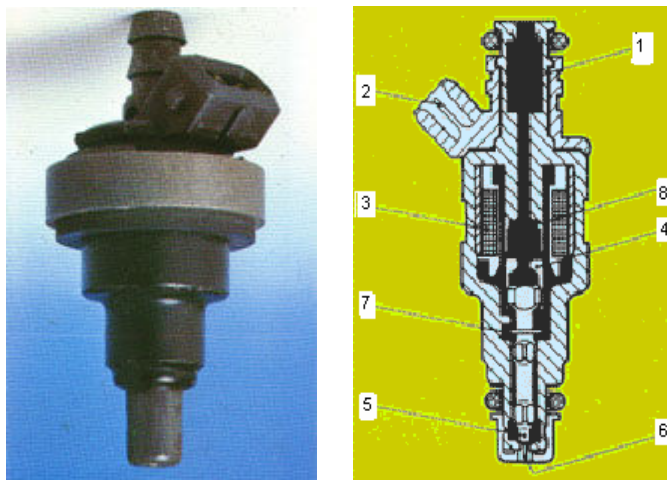
O injetor eletromagnético é um dispositivo de dosagem de combustível acionado por um pequeno solenóide. Constitui um elemento chave em todo sistema de injeção eletrônica.

Um injetor eletromagnético consiste em uma pequena câmara alongada em cujo interior é alojada uma agulha solidária ao núcleo de um eletroímã. Quando não circula corrente pela bobina do eletroímã, a base cônica e larga da agulha se mantém apertada contra seu assento pela força de uma mola. Quando se dá passagem à corrente pelas espiras do eletroímã é produzido um campo magnético que desloca o núcleo e com ele a agulha, cuja base cônica é separada de seu assento aproximadamente 0,15 mm (Figura 29).

O combustível, que é mantido a uma pressão em torno dos 2 kgf/cm², flui então pelo oco anular calibrado e é pulverizado durante todo o tempo que dura a injeção (alguns poucos milissegundos). A quantidade de combustível injetado depende do tempo que permaneça aberto o injetor, isto é, do tempo que é mantido o impulso elétrico fornecido pela unidade eletrônica de controle.

Os injetores são montados em cada um dos ramais do coletor de admissão e situados de forma que o combustível pulverizado seja dirigido para a parte posterior das válvulas de admissão.

Este método de injeção, além da vantagem de poder funcionar com pressões de injeção reduzidas, apresenta também a propriedade de permitir que a injeção seja realizada simultaneamente em um grupo de injetores ou inclusive em todos de uma vez, o que simplifica a realização técnica do dispositivo.



(1) filtro; (2) conexão elétrica; (3) bobinado eletromagnético;
 (4) núcleo ou indutor magnético; (5) agulha de dosagem; (6) olho de pulverização; (7)
 disco batedor; (8) mola de recuperação.

Figura 29: Estrutura interna de um injetor eletromagnético
 Fonte: (CARBOCAR, 2005)

A qualidade mais sobressalente dos equipamentos de injeção eletrônica é, sem dúvida, a exatidão que permitem no controle da mistura ar/combustível qualquer que sejam as condições e circunstâncias de funcionamento do motor. Isto, naturalmente, é traduzido em um mínimo consumo, acompanhado de um elevado rendimento e algumas emissões de gases de escape com baixos teores de gases nocivos.

A exatidão na dosagem da mistura são acrescentados, por outro lado, sistemas auxiliares que permitem reduzir ainda mais o consumo em certas circunstâncias. O principal é o sistema de corte de injeção nas desacelerações, dispositivo hoje em dia comum em todos os sistemas de injeção de gasolina.

3.6- EVOLUÇÃO DO CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES

Conforme Melchior (2001), nos anos 70 os motores eram projetados para privilegiarem, sobretudo, a potência, ou seja, eram calibrados para trabalhar com uma mistura rica em combustível. Assim, ocorriam maiores emissões de CO e HC e menores de NO_x. Observavam-se emissões de CO da ordem de 20 a 30 g/km, os veículos mais antigos emitiam até 70 g/km. Para os HC e NO_x as emissões oscilavam de 2 a 5 g/km e 1,5 a 2 g/km,

respectivamente. Em 1986, o governo federal, através do Conselho Nacional do Meio Ambiente, regulamentou o PROCONVE. Este programa fixou limites de emissão obrigando o desenvolvimento tecnológico dos motores, da qualidade dos combustíveis e de combustíveis alternativos.

O programa iniciou estabelecendo limites de emissão basicamente, para os veículos do ciclo Otto (emissões do escapamento, cárter e evaporativa), que representam ainda a maior parcela da frota nacional, e para o diesel (emissões do cárter).

Tendo em vista as exigências do PROCONVE ocorreram melhorias tecnológicas, que permitiram atender à lei, destacando-se as fases:

- Fase I - 1988 até 1991 - tecnologia de motores com carburador e sem catalisador. Misturas mais pobres em combustível contribuíram para redução das emissões de CO e HC e aumento das emissões de NOx;

- Fase II - 1992 até 1996 - rotas de tecnologias: com carburador e catalisador e com injeção eletrônica e sem catalisador.

- Fase III - a partir de 1997 - frota com catalisador e injeção eletrônica. Esta combinação possibilitou a redução das emissões aos níveis exigidos em lei.

A evolução das estratégias de controle do PROCONVE, tanto para veículos do ciclo Otto como do ciclo Diesel, resultaram na Resolução CONAMA n.º 315/2002, que antecipa mais algumas modificações no que diz respeito aos limites de emissões.

Para 2007 e 2009 os veículos leves serão agrupados independente de seu ciclo (Otto ou Diesel). Prevêem-se também limitações de hidrocarbonetos totais para veículos que operam com gás natural.

Para os veículos pesados (3.856 kg < massa do veículo < 4536 kg) do ciclo Otto serão considerados os mesmos padrões impostos para veículos leves comerciais com mais de 1700 kg. Os veículos pesados a diesel deverão passar por ciclos de testes seguindo especificações européias: (Ciclo Europeu de Resposta em Carga - E.L.R, Ciclo Europeu de Regime Constante - E.S.C e Ciclo Europeu em Regime Transiente -E.T.C) e respeitar os respectivos limites de emissão.

Atualmente, a Resolução CONAMA n.º 297/2002 também impõe limites de emissão para os poluentes gerados por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, motos e similares, já em vigor e com projeções para 2005 e 2006.

Paralelo às evoluções tecnológicas dos veículos, houve também melhoria na qualidade dos combustíveis tais como a retirada do chumbo tetraetila da gasolina (1989) e a regulamentação da mistura de álcool anidro (22%) à gasolina (1993). Durante a crise do álcool (1989-1990), buscaram-se alternativas de combustível oxigenado. Em São Paulo utilizou-se uma mistura de metanol, etanol e gasolina e no RS empregou-se o metil terc-butil-éter. Em 1999, uma oferta excessiva de álcool garantiu sua volta ao mercado como combustível oxigenado misturado à gasolina. Também se destaca a redução gradativa do teor de enxofre e densidade do óleo diesel culminando com o uso do óleo diesel metropolitano. Em 1997, a legislação federal obrigou a utilização de um diesel com no máximo 0,3% de enxofre na região metropolitana e 0,5% nas demais regiões. Para 2000 o teor de enxofre para o diesel metropolitano ficou restrito a 0,2%. As preocupações com as emissões veiculares são bem justificadas. Nas grandes cidades a contribuição de emissões de CO advindas de veículos do ciclo Otto (gasolina, álcool e gás natural) podem chegar à magnitude de 80%. Da mesma forma, cerca de 70% das emissões de NOx são originadas a partir de motores do ciclo diesel (ônibus e caminhões)

3.6.1- PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES – PROCONVE

Conforme o IBAMA (2005), a necessidade de se criar um programa nacional que contemplasse as emissões atmosféricas de origem veicular, começou a tomar corpo no início dos anos oitenta, a partir da constatação da gravidade da poluição ambiental nos grandes centros urbanos, causada predominantemente pelos poluentes atmosféricos gerados na queima de combustíveis em veículos automotores.

Esse programa tem como objetivos a redução dos níveis de emissão de poluentes nos veículos automotores além de incentivar o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automotiva, como em métodos e equipamentos para a realização de ensaios e medições de poluentes.

A melhoria do parque industrial nacional voltado para o controle de emissões de poluentes veiculares, é hoje uma realidade: instalação de linhas de produção de sistemas de injeção de combustível, de conversores catalíticos, de sistemas de absorção de vapores de

combustível, de equipamentos de medição, instalação de vários laboratórios de emissão, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias, são alguns exemplos desta evolução.

A melhoria da qualidade de nossos combustíveis também está sendo perseguida pelo PROCONVE, que, em parceria com a PETROBRAS e Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) vem conseguindo resultados expressivos: a retirada do chumbo da gasolina, a adição de álcool à gasolina a redução gradativa do teor de enxofre do óleo Diesel, são alguns exemplos.

Os resultados práticos e positivos alcançados até agora podem ser vistos na Tabela 13, onde se verifica redução de até 98% dos índices de emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) óxidos de nitrogênio (NOx), e de aldeídos (CHO) por veículos leves.

Tabela 13: Fatores médios de emissão de veículos leves novos ⁽¹⁾

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
PRÉ - 80	Gasolina	54,0	4,7	1,2	0,050	ND
80 - 83	Gasolina C	33,0	3,0	1,4	0,050	ND
	Álcool	18,0	1,6	1,0	0,160	ND
84 - 85	Gasolina C	28,0	2,4	1,6	0,050	23,0
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,180	10,0
86 - 87	Gasolina C	22,0	2,0	1,9	0,040	23,0
	Álcool	16,0	1,6	1,8	0,110	10,0
88	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,040	23,0
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,110	10,0
89	Gasolina C	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (00%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-08%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
90	Gasolina C	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (00 %)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
91	Gasolina C	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)

Continuação da Tabela 13

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
92	Gasolina C	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
93	Gasolina C	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
94	Gasolina C	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
95	Gasolina C	4,7(-83%)	0,6 (-75%)	0,6(-62%)	0,025(-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
96	Gasolina C	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
97	Gasolina C	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-89%)
98	Gasolina C	0,8 (-97%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,7 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,014 (-92%)	1,3 (-87%)
99	Gasolina C	0,7 (-98%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,6 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,013 (-93%)	1,6 (-84%)
00	Gasolina C	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
01	Gasolina C	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)
02	Gasolina C	0,43 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-95%)	0,004 (-92%)	0,61 (-97%)
	Álcool	0,74 (-96%)	0,16 (-90%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	ND
03	Gasolina C	0,40 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,75 (-97%)
	Álcool	0,77 (-95%)	0,16 (-90%)	0,09 (-93%)	0,019 (-89%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,50 (-98%)	0,05 (-98%)	0,04 (-98%)	0,004 (-92%)	ND
	Flex-Álcool	0,51 (-88%)	0,15 (-90%)	0,14 (-93%)	0,020 (-89%)	nd
04	Gasolina C	0,35 (-99%)	0,11 (-95%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,69 (-97%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,39 (-99%)	0,08 (-97%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,46 (-97%)	0,14 (-91%)	0,14 (-91%)	0,014 (-92%)	ND

Continuação da Tabela 13

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção.

ND: não disponível.

(%) refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.

Gasolina C: 78% gasolina + 22% álcool.

FONTE: IBAMA (2005)

O PROCONVE estabelece os limites máximos de emissão de poluentes para veículos automotores. Nas tabela 14 e 15, mostram-se os valores máximos de emissão fixados para veículos automotores no Brasil.

Tabela 14: Limites máximos de emissões estabelecidos pelo PROCONVE para veículos leves novos

POLUENTES	LIMITES					
	87	92	92	Mar	Jan	Após
	a	a	a	de	de	Jan
	91	96	93	94	97	2009
monóxido de carbono (CO em g/km)	24	24	12	12	2.0	2.0
hidrocarbonetos (HC em g/km)	2.1	2.1	1.2	1.2	0.3	0.3
óxidos de nitrogênio (NO _x em g/km)	2.0	2.0	1.4	1.4	0.6	0,12 ⁽¹⁾ ou 0,25 ⁽²⁾
aldeídos (CHO g/km)	-	0.15	0.15	0.15	0.03	0.02
material particulado (MP em g/km)	-	-	-	0.05	0.05	0.05

(1) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;

(2) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol.

Fonte: IBAMA (2005)

Para o cumprimento destes limites, é necessário a aplicação de tecnologias e sistemas que otimizem o funcionamento dos motores para proporcionar uma queima perfeita de combustível e conseqüente diminuição das emissões, bem como, do consumo de combustível.

Na fase implantada em 1992, a utilização de catalisadores se fez necessária. Para a fase atual de exigências, que teve início em 1997, além do catalisador, é preciso também, que se acrescente novos dispositivos, tais como: a injeção eletrônica, sistema de OBD, acelerador eletrônico, e outros componentes que compõem a chamada eletrônica embarcada.

Com relação aos veículos em uso, o CONAMA definiu as diretrizes gerais para implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção (Programas I/M), sendo que o Código de Trânsito Brasileiro condiciona o licenciamento anual de veículo à sua aprovação nestes programas.

Os Programas I/M devem ser implantados e gerenciados pelos órgãos estaduais de meio ambiente em conjunto com seus municípios, de acordo com as necessidades e possibilidades de cada um.

Tabela 15: Limites máximos de emissões estabelecidos pelo PROCONVE para veículos automotores em todo território nacional

POLUENTES	LIMITES		
	até 31/12/2006	desde 01/01/2005 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/km)	2,00	2,00	2,00
hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30	0,30 ⁽²⁾	0,30 ⁽²⁾
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,60	0,25 ⁽³⁾ ou 0,60 ⁽⁴⁾	0,12 ⁽³⁾ ou 0,25 ⁽⁴⁾
material particulado (MP em g/km)	0,05	0,05	0,05
aldeídos (CHO g/km)	0,03	0,03	0,02
emissão evaporativa (g/ensaio)	2,00	2,0	2,0
emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

(1) em 2005 -> para 40% dos veículos comercializados;
em 2006 -> para 70% dos veículos comercializados;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;

(3) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(NE) não exigível.

Fonte: IBAMA (2005)

3.6.2- PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS EM USO

Para que os limites estabelecidos para veículos novos sejam mantidos após comercialização o PROCONVE estabeleceu a implantação em todo território nacional, com prioridade para as regiões com maior comprometimento da qualidade ar, os Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, vinculados ao licenciamento anual dos veículos.

A Lei Federal 9.503 de 23/09/97, que institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em seu artigo 104 determina que “os veículos em circulação terão suas condições de segurança, de controle de emissão de gases poluentes e de ruídos, avaliados mediante inspeção, que será obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), para os itens de segurança e pelo CONAMA, para emissão de gases poluentes e ruídos”.

O artigo 131 do mesmo, em seu § 3º, determina que “ao licenciar o veículo, o proprietário deverá comprovar sua aprovação nas inspeções de segurança veicular e de controle de emissões de gases poluentes e de ruídos”.

Atendendo a essa determinação legal, o CONAMA aprovou a Resolução nº 256, em 30 de junho de 1999, que em seu artigo 1º, estabelece que “caberá aos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente, a responsabilidade pela implementação das providências necessárias a consecução das inspeções de gases e ruídos”, podendo fazê-lo diretamente ou através da contratação de terceiros”.

A Resolução nº 07, de 31/08/93 do CONAMA define as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso.

Os Programas de I/M contemplam, para veículos leves do ciclo Otto, a medição das emissões dos gases poluentes: monóxido de carbono e de hidrocarbonetos e sua comparação com os limites máximos pré-estabelecidos em função do ano de fabricação de cada veículo (Tabela 16).

No Estado do Rio Grande do Norte, o Programa de I/M é gerenciado pelo DETRAN e INMETRO e está em vigor desde do ano de 2003, sendo obrigatório para a frota de veículos bi-combustível convertidos a GNV.

Tabela 16- Limites para fins de inspeção de veículos leves do ciclo OTTO

Ano / Modelo	CO em Marcha Lenta e 2500 RPM	HC (ppm)	
	Limite (% vol.)	Gasolina	Álcool
Até 1979	6,0	700	1100
1980 – 1988	5,0		
1989	4,0		
1990 - 1991	3,5		
1992 - 1996	3,0		
A partir de 1997	1,0		

Diluição mínima (CO + CO₂): 6% para todos os veículos.

3.7- ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO PERTINENTE

3.7.1- LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

Os primeiros movimentos ambientalistas na década de 60 e a criação da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (EPA) na década de 70, com a implementação de leis federais que promovem a saúde pública através da proteção do ar, água e solo daquele país, representaram avanços no controle da poluição. As atividades da EPA incluem a pesquisa, monitoramento e a elaboração de padrões.

Já na década de 80, acontece o Protocolo de Montreal em 1987, dedicado à avaliação de dados disponíveis sobre a destruição da camada de ozônio e sobre as substâncias que provocam esse fenômeno. Ficou acordado um limite na produção dos Clorofluorcarbonos (CFCs), até a sua proibição total no ano 2000.

Na década de 90 aconteceram duas grandes reuniões de Países com objetivo de diminuir as taxas de poluições: a) Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 (ECO-92), onde 154 países firmaram um tratado visando reduzir a taxa de aquecimento do planeta, a qual foi considerada como marco sobre mudanças climáticas abrindo uma nova era na cooperação internacional para a redução da poluição atmosférica; b) Protocolo de Quioto, acordo realizado em dezembro de 1997 a fim de limitar as emissões de gases de efeito estufa pelos países industrializados, mas que só entrará em vigor após a ratificação por 55 dos Estados membros (LORA, 2000).

Após o Protocolo de Quioto, onde houve um acordo que os Países industrializados reduziram em 5,2 % as emissões de gases de efeito estufa, a UE concordou na redução das emissões em 8%. Com relação à liberação dos Clorofluorcarbonos, o objetivo era a redução em 35% até 2004, seguindo da proibição total em 2030 (COMISSÃO EUROPEIA, 2004).

A União Européia vem impondo às cidades dos países membros exigências estritas de monitoração de alguns poluentes, assim como o dever de prepararem planos de ação para resolverem o problema da má qualidade do ar no curto e longo prazo.

Algumas ações da UE para melhorar a qualidade do ar podem ser observadas: reforço na legislação relativa às emissões dos veículos, composição dos combustíveis e controle do ruído, acordo com indústrias petrolíferas e automobilísticas para reduzir as emissões prejudiciais, promoção de boas práticas de transporte sustentável, informações sobre transportes locais, avaliação e implantação de novas tecnologias para o sistema rodoviário, promoção da bicicleta como meio de transporte (COMISSÃO EUROPEIA, 2004). Outras iniciativas de destaque são:

- Nacional Environmental Policy Act of 1969(NEPA) - Lei da política nacional do meio ambiente de 1969 ; 42 U.S.C. 4321-4347: as finalidades desta lei são: declarar uma política nacional que incentive a harmonia produtiva e agradável entre o homem e o meio ambiente; promover os esforços que impedirão ou eliminarão os danos ao ambiente, à biosfera e estimularão a saúde e o bem-estar do homem; enriquecer a compreensão dos sistemas ecológicos e dos recursos naturais importantes para a nação; e estabelecer um conselho na qualidade ambiental;
- The Clean Air Act (CAA)(Lei do ar limpo); 42 U.S.C. s/s 7401 et seq. (1970): a Lei do ar limpo é o instrumento federal que regula emissões das fontes de área, estacionária, e fontes móveis. Autoriza a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos estabelecer os padrões nacionais de qualidade do ar (NAAQS) para proteger a saúde pública e o ambiente e estabelece meios de proteção da camada de ozônio;
- The Pollution Prevention Act (PPA) - Lei de prevenção da poluição; 42 U.S.C. 13101 and 13102, s/s et seq. (1990): é a Lei de prevenção da poluição que estabelece o apoio da indústria, do governo, e da população para reduzir a quantidade de poluição através das mudanças na produção, na operação, e no uso dos materiais crus (perecíveis). Busca a redução da poluição na fonte geradora, pois é mais fácil do que o controle da poluição;
- The Toxic Substances Control Act (TSCA) (Lei de controle de substâncias tóxicas); 15 U.S.C. s/s 2601 et seq. (1976): é a Lei de controle das substâncias tóxicas de 1976 foi decretada pelo Congresso para dar a EPA a competência de regular os 75.000 produtos

químicos industriais atualmente produzidos ou importados nos Estados Unidos. A EPA seleciona repetidamente estes produtos químicos e geram relatórios mostrando os produtos que podem causar perigo ambiental ou a saúde do homem. A EPA pode proibir a manufatura e a importação daqueles produtos químicos que possuem um risco, assim controlando os produtos químicos para proteger a saúde humana e o ambiente;

- Diretiva nº 1996/62/CE): legislação europeia sobre avaliação e gestão da qualidade do ar. Define os princípios básicos de uma estratégia da União Europeia relativa à qualidade do ar, com o objetivo de harmonizar os procedimentos de avaliação e de informação ao público e de preservar / melhorar a qualidade do ar;
- Diretiva nº 1999/30/CE de 22 de Abril de 1999: estabelece valores limite para o dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e óxidos de nitrogênio, partículas em suspensão e chumbo no ar (EPA, 2003).

3.7.2-LEGISLAÇÃO NACIONAL

O Brasil dispõe de uma legislação ambiental avançada a respeito de impactos gerados por veículos automotores. Esta legislação é norteada pelas experiências exitosas dos Estados Unidos e da Comunidade Europeia.

A Constituição Federal, em muitos artigos, trata dos aspectos da proteção do meio ambiente. Como referência tem-se o art. 23, VI, estabelecendo que a competência para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas é da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e o art. 225, Do Meio Ambiente (Art. 225, § 1º, II e V) previu o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, incumbindo ao Poder Público o dever de preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético, bem como controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para vida, a qualidade de vida e o meio ambiente e o § 3º, estabelecendo que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Além da Constituição Federal, a legislação brasileira que trata do tema, apresentada no anexo 2, inclui: Leis, Decretos, Portarias, Resoluções do CNP e CONAMA, e Instruções

Normativas do IBAMA. Dentre estas se destacam, para os propósitos do presente trabalho, as Resoluções do CONAMA nº 18/86 e 07/93, que instituiu, respectivamente, em caráter nacional o PROCONVE e os Programas de I/M.

É relevante mencionar que a Resolução CONAMA nº 007/93, que define as diretrizes básicas e limites de emissão para o estabelecimento de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso – I/M, é bastante condescendente com os veículos mais antigos, onde esses limites de emissão tolerados são muito amplos.

Esse comportamento é coerente com o fato de que até 1979 os fabricantes de veículos leves não consideravam as emissões e nem o consumo de combustível nos seus projetos. Priorizavam potência e eficiência, sendo a operação do motor regulada para a zona rica da relação ar/combustível.

Entre 1980 e 1987, os projetos foram alterados para operação na zona pobre da relação ar/combustível, buscando atender aos programas de governo (principalmente federal) que visavam a redução de consumo de combustíveis, como forma de enfrentar a crise mundial do petróleo e adequar-se a ampliação da base social que teve a oportunidade de acesso ao veículo particular.

Com a implantação do PROCONVE, a indústria automobilística passou a dar ênfase na redução das emissões. Na primeira fase desse Programa, de 1988 a 1991, foram eliminados alguns modelos mais poluidores, além de terem sido realizadas melhorias na qualidade de produção de outros. Para os veículos de ano/modelo de 1992 a 1996, os limites de emissão previstos na legislação são um pouco mais restritivos, porém ainda flexíveis.

3.7.3- LEGISLAÇÃO ESTADUAL E MUNICIPAL DE NATAL

Nenhum município do estado do Rio Grande do Norte dispõe de instrumentos legais envolvendo a problemática da poluição atmosférica gerada por veículos automotores. Os controles deste tipo de poluição está baseado na legislação federal.

Porém, entre as iniciativas estaduais no campo da proteção ambiental de maneira mais geral, pode-se destacar a criação do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Autarquia vinculada à Secretaria de Estado do Planejamento (SEPLAN), o IDEMA foi estabelecido pelas Leis Complementares nº 139, de 25 de janeiro de 1996 e 163, de 05 de fevereiro de 1999, sob as siglas IDEC, e hoje, IDEMA.

O Instituto vem cumprindo o seu papel de órgão responsável pela implementação da Política Estadual de Controle e Preservação do Meio Ambiente estabelecendo a legislação específica para proteção do meio ambiente.

Elencam-se a seguir, as iniciativas leis que abordam o tema de proteção ambiental no Estado e na cidade de Natal:

- Lei nº 5.147, de 30 de setembro de 1982: esta Lei foi estabelecida em consonância com os preceitos constitucionais e a legislação vigente e dispõe sobre a política e o sistema estaduais de controle e preservação do meio ambiente, sendo um instrumento orientador das ações dos órgãos e entidades do Estado e dos Municípios. Define que os órgãos e as entidades da Administração Estadual e dos Municípios, bem como, as fundações instituídas pelo Poder Público que, de alguma forma, atuam na proteção e na melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Estadual de Controle e Preservação do Meio Ambiente.
- Lei nº. 4.100, de 19 de junho de 1992: dispõe sobre o Código do Meio Ambiente do Município do Natal, o qual regulam os deveres, direitos e obrigações de ordem pública e privada concernentes ao meio ambiente e aos recursos naturais no âmbito municipal. Estabelece as fontes emissoras de poluição atmosférica, determina que o Conselho de Planejamento e Meio Ambiente (CONPLAM) ao estabelecer critérios, normas e padrões de proteção atmosférica não os poderá fixar em níveis menos restritivos que os internacionalmente.

Estabelece várias medidas e métodos de controle, tendo como exemplo que órgãos municipais e as empresas públicas ou privadas, responsáveis pela construção de novas indústrias ou instalações de qualquer tipo, que incluam em seus processos tecnológicos a emissão de qualquer substância na atmosfera, serão obrigados a introduzir nos projetos de purificação correspondentes a tecnologia mais adequada para garantir que, de acordo com as normas estabelecidas, não se contamine o ambiente, que as indústrias de qualquer porte que emitam emanações gasosas à atmosfera manterão obrigatoriamente ao redor de suas instalações área arborizada com exemplares da flora, preferencialmente nativa, apta a melhorar as condições ambientais do local.

4. METODOLOGIA

4.1- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os veículos analisados neste trabalho fazem parte da frota que circula na cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

Natal é uma cidade predominantemente residencial com uma população de aproximadamente 712.317 mil de habitantes (IBGE, 2000).

Localizada na costa nordestina do Brasil, região de clima tropical – quente, úmido e chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono; coordenadas geográficas: latitude: 5° 47' 42" sul, longitude: 35° 12' 34" oeste, (ver Figura 30); área: 169,1 km², equivalente a 0,32% da superfície estadual; altitude da sede: 30 metros; limites: Norte – Extremoz, Sul – Parnamirim, Leste - Oceano Atlântico, Oeste - São Gonçalo do Amarante, Macaíba e Parnamirim; temperaturas médias anuais variando de 21 a 30 °C; 76% de umidade relativa média anual; 2.700 horas de insolação anual; ventos, praticamente constantes, do quadrante leste (SE, E, NE), com velocidade média em torno de 3,1m/s (IDEMA, 2003).

A topografia da cidade é bastante regular, com um relevo predominantemente plano, perturbado por leves ondulações dunares. Estas condições fazem com que se tenha uma pequena variação de temperatura entre o dia e a noite. O relativo equilíbrio térmico, juntamente com a topografia da cidade, faz com que não existam inversões térmicas em Natal, possibilitando uma dispersão vertical dos poluentes ao longo de toda a camada limite. A limitação do gabarito na orla oceânica e a configuração dos cordões dunares, praticamente perpendiculares à fachada leste, permitem a penetração dos ventos alísios – do nordeste, sudeste e leste – para o interior da cidade, o que também proporciona uma boa dispersão dos poluentes atmosféricos.

O sistema viário de Natal é composto por vias arteriais, coletoras e locais, sendo caracterizado por vias largas, planas e retas em sua predominância.

O trânsito, apesar de um adensamento moderado, é lento (média de 27 km/hora). Existem poucas áreas susceptíveis a congestionamentos, embora seja um problema que já dá indícios de agravamento, em função de alguns locais (Ponte de Igapó, Av. Salgado Filho, etc) e horários (8 e 18h). A frota de veículos que circulam nas vias públicas de Natal é predominantemente composta de automóveis particulares, que além de representarem a maior

parcela da frota de veículos, aproximadamente 85% (DETRAN-RN, 2004), vem historicamente, tendo um ritmo de crescimento superior às outras categorias de veículos. É por isso que a maior preocupação dos grandes centros urbanos com a poluição do ar recai sobre os veículos leves, ou seja, sobre os automóveis.

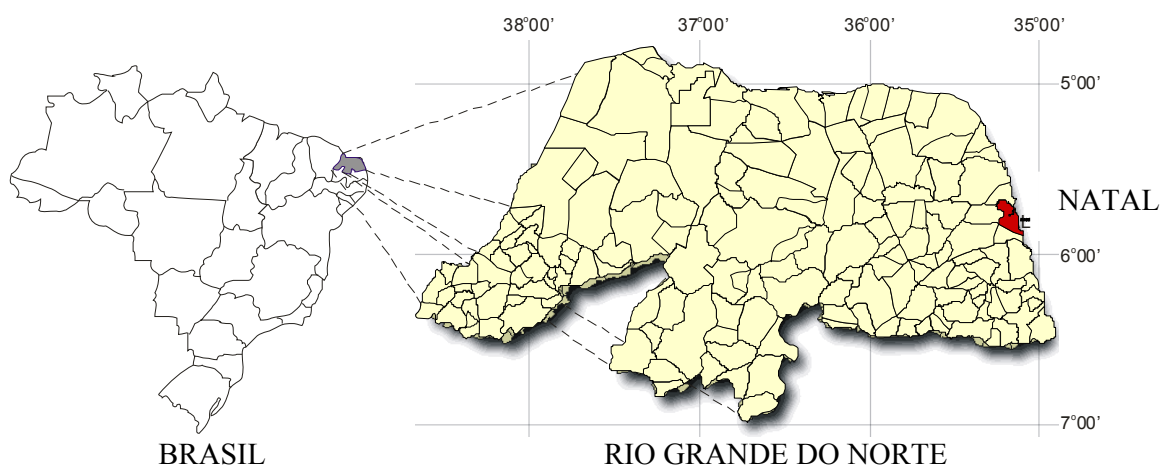


Figura 30: Localização da cidade de Natal

Fonte: (CORSINO, 2005)

4.2- COLETA DE DADOS, PARÂMETROS ANALISADOS E PADRÕES UTILIZADOS

A coleta de dados foi operacionalizada pela empresa Sistema Especializado em Inspeção Veicular (SEIV), através de inspeções realizadas entre os dias 12 de janeiro de 2003 a 09 de fevereiro de 2005.

As referidas inspeções são obrigatórias para fins de licenciamento anual junto ao órgão de trânsito estadual – DETRAN/RN.

A amostra estudada foi de 1.517 veículos, com ano de fabricação compreendido entre 1984 a 2004, representando 100% dos veículos inspecionados no período acima citado..

A frota alvo constitui-se de veículos bi-combustível nas modalidades GNV/Gasolina ou GNV/Álcool.

As diretrizes que nortearam a obtenção dos dados estão definidas pela Resolução CONAMA nº 007/93, que define os padrões de emissão para o estabelecimento de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M (Tabela 16).

Com relação às emissões veiculares os gases analisados são o CO, HC e o CO₂, traduzidos nos seguintes parâmetros: monóxido de carbono corrigido (COc), hidrocarbonetos (HC), diluição (CO + CO₂) e velocidade angular do motor (RPM). Para efeito das análises, todos estes parâmetros foram considerados com relação a marcha lenta e alta, como preconiza a Resolução.

- CO_{corrigido}: dado pela expressão abaixo, medido em porcentagem de volume (% vol.);

$$CO_{\text{corrigido}} = [15 / (CO + CO_2)_{\text{medido}}] \cdot CO_{\text{medido}} \quad (04)$$

- HC: combustível não queimado contido nos gases de escapamento, formado pelo total de substâncias orgânicas, incluindo frações de combustível e subprodutos resultantes da combustão presentes no gás de escapamento, medido em parte por milhão (ppm);
- Diluição: somatória das concentrações de monóxido de carbono e dióxido de carbono dos gases de escapamento, medido em porcentagem de volume (% vol.);

- Velocidade angular do motor:

- Marcha Lenta: regime de trabalho em que a velocidade angular do motor especificada pelo fabricante deve ser mantida durante a operação do motor sem carga e com os controles do sistema de alimentação de combustível, acelerador e afogador, na posição de repouso. Nesta marcha a velocidade angular do motor deve estar entre 600 a 1200 rpm.

- Marcha Alta: regime de trabalho em que a velocidade angular do motor deve ser mantida durante a operação do motor sem carga a aproximadamente 2500 rpm ± 200 rpm.

4.3- PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO DE EMISSÕES

As inspeções de veículos no Estado do Rio Grande do Norte iniciam-se por vistoria nos equipamentos obrigatórios e de segurança. Após o veículo ser aprovado nestas exigências é que se procede a vistoria relativa as emissões de gases.

Conforme determinação do DETRAN/RN, somente os veículos convertidos a GNV são obrigados a se submeterem a inspeção.

O fluxograma operacional dos procedimentos de vistoria está mostrado na Figura 31.

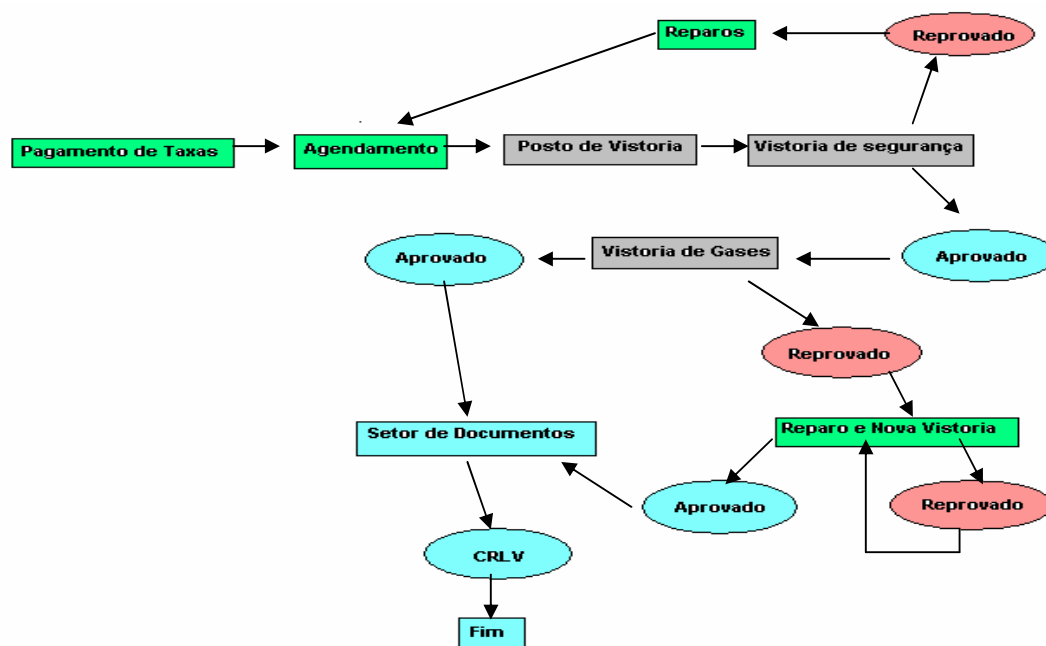


Figura 31: Fluxograma operacional da inspeção veicular

As medições referentes às emissões foram realizadas através de unidade fixa utilizando-se equipamento analisador de gases, descrito a seguir.

4.3.1- ANALISADOR DE GASES E FUMAÇA

As medições foram realizadas pelo analisador de gases e fumaça modelo CGS-5500 PC do Grupo Sun Electric do Brasil. Unidade especialmente desenvolvida para uso em Centros de Inspeção Oficial (Figuras 32 e 33).



Figura 32: Vista geral do equipamento analisador de gases e fumaça em operação

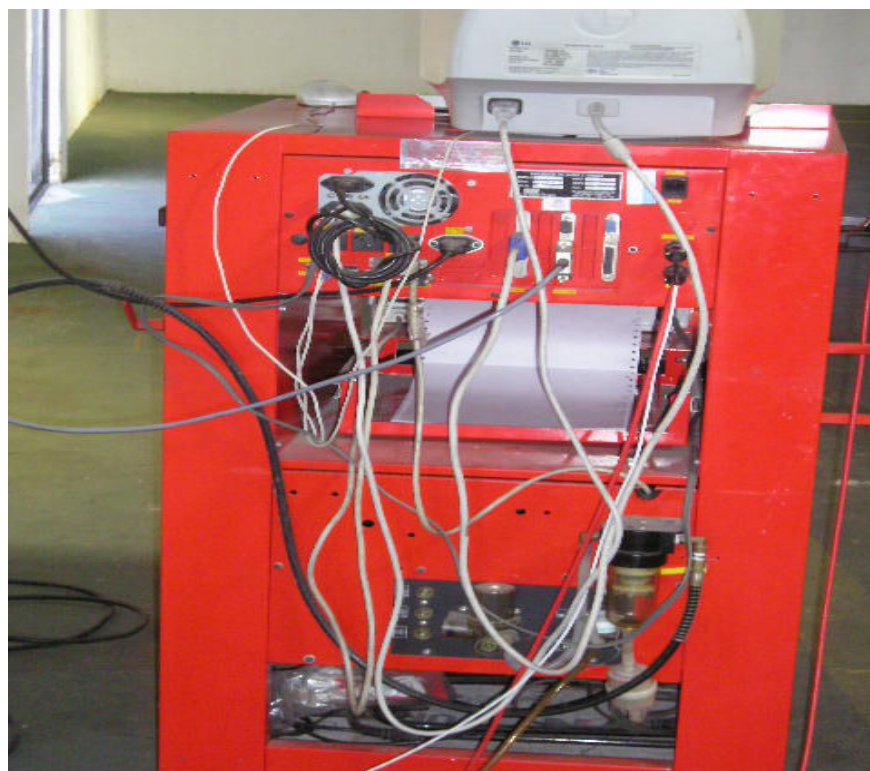


Figura 33: Vista da parte traseira do analisador de gases e fumaça

Este equipamento permite medições de Velocidade Angular do Motor (RPM), Temperatura do óleo lubrificante do motor ($^{\circ}\text{C}$), Sonda Lambda (λ), Relação Ar Combustível

(AFR), Oxigênio (O₂), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Hidrocarbonetos (HC), CO corrigido (CO_c), Diluição (CO + CO₂) e Óxido Nitroso (NO_x) em veículos com motores a gasolina, álcool e GNV, utilizando a tecnologia infravermelha não dispersiva e como analisador de fumaça pelo sistema de fluxo parcial, medições de Opacidade (%), além de Rotação (RPM) e Temperatura do óleo lubrificante do motor (°C) em veículos com motores a diesel.

Existe também a possibilidade de ser realizada a análise automática da emissão dos gases do escapamento de motores de veículos com dois combustíveis (ex.: Gasolina/GNV) e dois escapamentos.

Ainda é possível realizar a análise da eficiência do catalisador, possibilitando diagnosticar uma possível falha do catalisador.

O equipamento disponibiliza um banco de dados dos testes realizados, utilizando a base do Windows 95/98. Graças a este recurso foi possível a realização deste trabalho.

4.3.1.1- ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO EQUIPAMENTO ANALISADOR DE GASES

O equipamento analisador de gases e fumaça utilizado para obtenção dos dados que fundamentam este trabalho está descrito na Tabela 17.

Tabela 17: Especificações técnica do analisador de gases e fumaça

Dimensões (C x L x A)	75 x 75 x 120
Peso	96 kg
Tensão de Alimentação	110 ou 220 V AC – 60 Hz – 800 w
Temperatura de Operação	2° C a 50 ° C
Umidade	Até 85 % (não condensável)
Altitude	-305 a 2133 m
CPU	Compatível com IBM PC
Monitor	SVGA 14” Colorido
Memória RAM	32 Mb
Disco Rígido	7.5 Gb
Driver CD ROM	56x

4.3.1.2- DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO DA ANÁLISE DE GASES

O teste de gases se inicia a partir do momento que o Analisador de Gases e Fumaça é ativado e entrar no período de aquecimento, (cerca de 15 minutos). Em seguida serão exibidas as mensagens “aquecimento completo” e “executando auto zero”. Esta última função tem duração de aproximadamente 20 segundos e é executada no início de cada teste ou a cada 30 minutos a partir do momento em que o equipamento é ligado com intuito de restabelecer o “zero” de referência e o “ganho” do banco de análise que são verificados e auto ajustados.

Após o período de aquecimento o equipamento realizará o teste de vazamento. Este teste tem duração de 30 segundos, e visa detectar algum vazamento no sistema de circuito pneumático. Feito isto, pode-se iniciar o teste de emissão, para tanto, é necessário o preenchimento dos dados da Tabela 18.

Feito o preenchimento dos dados do veículo, são conectados os sensores e coletados os dados (Figura 34). A coleta dos dados se dá a partir da partida do motor, deixando-o funcionando até que atinja sua temperatura normal de trabalho. Atingida a temperatura especificada, mantém-se a rotação dentro do limite estipulado, como indicado no mostrador de rotação, durante 30 segundos.



Figura 34: Início da operação com as conexões dos sensores

Tabela 18: Planilha de dados a serem preenchidos no início do teste de gases

DADOS	CLIENTE
Cliente:	
Endereço:	
Bairro:	
Cidade:	
Estado:	
CEP:	
Telefone:	
Data da Próxima Inspeção:	
Marca do Veículo:	
Veículo:	
Modelo:	
Ano de Fabricação:	
Motor:	
Placa:	
Número do Chassi:	
Ignição:	
Escapamentos:	
Catalisador:	
Bi combustível	
Combustível	

A Seqüência de operações para realização do teste se dá conforme fluxograma indicado na Figura 35.

Seqüência de Teste 7

- Amostragem: Inicial e Final
- Escapamentos: 1
- Catalis.: Não
- Bi-combustível: Sim
- Análise do Catalisador: Não

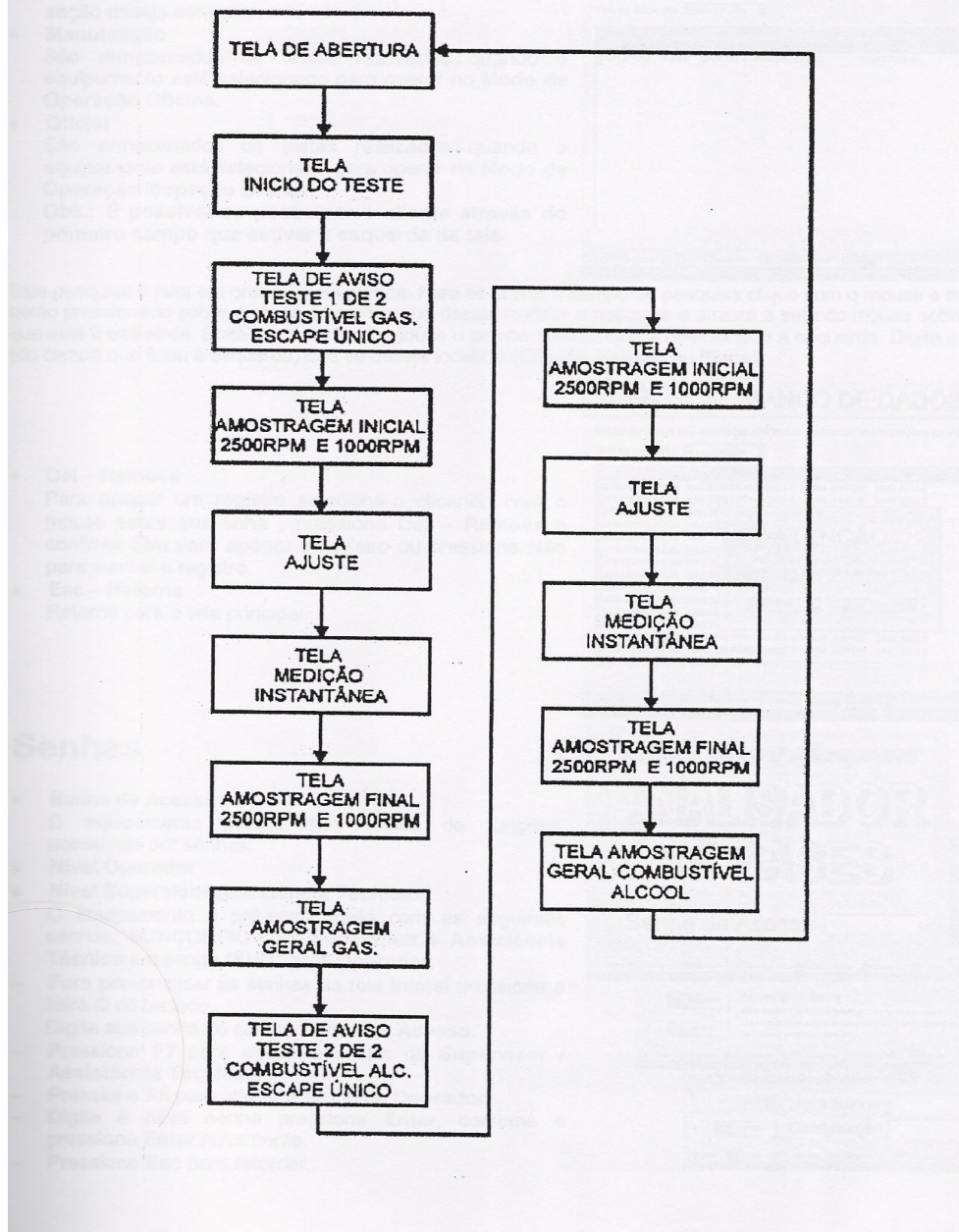


Figura 35: Fluxograma da seqüência de operações de teste emissões

Fonte: (MANUAL DE OPERAÇÃO, 2004)

Ao final da operação os dados são mostrados em planilha padrão, conforme Figura 36.


 CGS-5500 ANALISADOR DE GASES	SEIV – Sist. Esp. em Insp. Veicular Av. Jerônimo Câmara, 1080 Natal - RN Fone: (84) 605-7405 Analisador de Gases e Fumaça Computadorizado			
	INSPEÇÃO OFICIAL		Data: 21/04/04	Hora: 13:43
Cliente : xxxxx Bairro : CEP :	Endereço : Cidade : Telefone :			
Marca : GM Veículo : CORSA Modelo : Ano Fab. : 1996 Motor :	Nº placa : xxxx Chassi : Km atual : 0 Combustível : Bi-Combustível Tipo : Dupla	Escapamento : Único Catalisador : Sim Marcha : 600 à 1200 rpm Marcha : 2300 à 2700 rpm Próx : 28/11/2004		
ITEM DE INSPEÇÃO	LIMITE	MACHA LENTA	MACHA ALTA	RESULTADO
1º Combustível-Gasolina Comum				
Nível de Emissão de CO		0,01%	0,01%	
Nível de Emissão de COc	Máximo 3,00%	0,01%	0,01%	APROVADO
Nível de Emissão de HC	Máximo 700 ppm	265 ppm	387 ppm	APROVADO
Diluição (CO + CO ₂)	Mínimo 6,00%	15,66%	16,00%	APROVADO
1º Combustível-Gasolina Comum	Veja espec.acima	951 rpm	2441 rpm	APROVADO
2º Combustível-GNV				
Nível de Emissão de CO		0,00%	0,00%	
Nível de Emissão de COc	Máximo 3,00%	0,00%	0,00%	APROVADO
Nível de Emissão de HC	Máximo 700 ppm	185 ppm	179 ppm	APROVADO
Diluição (CO + CO ₂)	Mínimo 6,00%	9,89%	9,33%	APROVADO
RPM	Veja espec. acima	921 rpm	2534 rpm	APROVADO
CONFORME RESOLUÇÃO CONAMA Nº 7				

Figura 36: Planilha de amostragem final do teste de emissões

4.3.1.3- CONEXÃO DE SENSORES

- **Medidor de Velocidade Angular do Motor:** o captador de rotação é ligado em um dos cabos de velas do motor do veículo sob teste, com o motor desligado (Figuras 37 e 38).

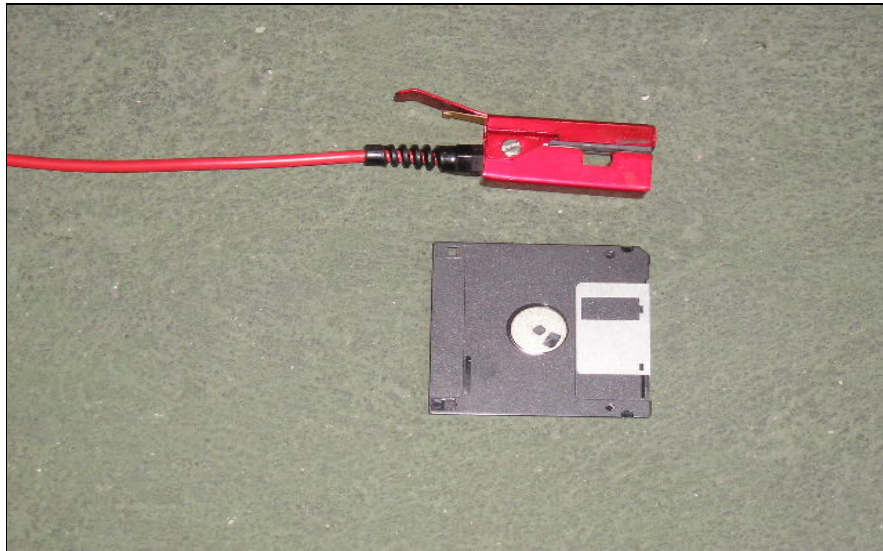


Figura 37: Sensor captador de rotação



Figura 38: Sensor captador de rotação conectado a um cabo de vela

- **Medidor da Temperatura do óleo Lubrificante do Motor:** o medidor da temperatura do óleo lubrificante do motor (Figura 39) é introduzido no local da vareta de medição do nível de óleo. Portanto, é necessário que seja retirada a vareta, ajustado o comprimento da sonda em função do seu comprimento (Figura 40), e após isto, introduzida a sonda de temperatura no tubo da vareta de medição do nível do óleo (Figura 41). O Ajuste do comprimento da sonda não deve ultrapassar a marca do nível mínimo de óleo do motor, evitando assim que a mesma possa ser atingida por componentes internos do motor em funcionamento.

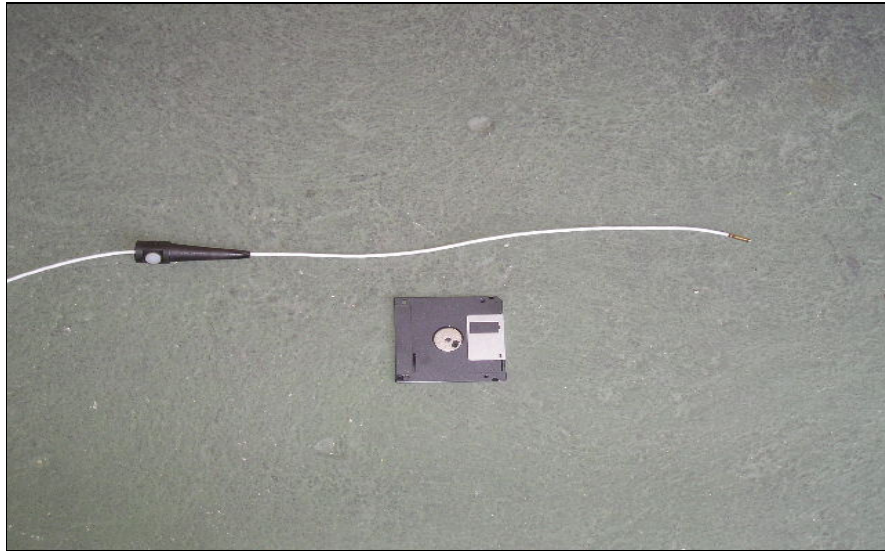


Figura 39: Sonda para medir temperatura do óleo lubrificante do motor

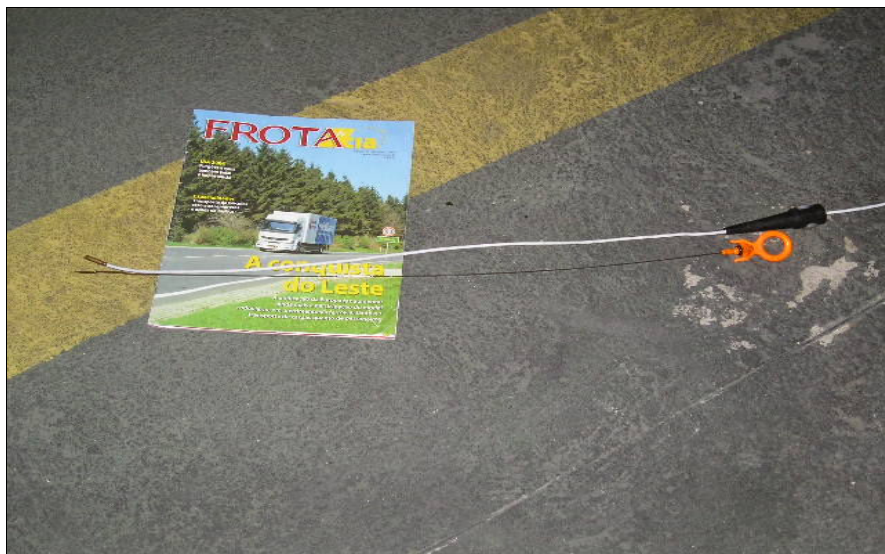


Figura 40: Ajuste do comprimento da sonda de temperatura em função do comprimento da vareta de verificação do nível de óleo lubrificante do motor



Figura 41: Sonda de temperatura conectada ao tubo da vareta de medição do nível de óleo lubrificante do motor

- **Medidor de Gases:** A sonda coletora de gases é introduzida no tubo de escapamento do veículo a fim de captar as emissões de gases geradas no motor de combustão (Figura 42).



Figura 42: Sonda coletora de gases próxima ao tubo de escapamento do veículo

4.4- PROCESSAMENTO E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Para construção da base de dados foi utilizada uma planilha Excel – Office 2000, a partir de dados armazenados na memória do equipamento analisador de gases e fumaça, sendo posteriormente convertido para o software (SPSS) – Versão 11, onde se procedeu a construção de variáveis agregadas além de ter permitido a análise dos dados, bem como, a construção de gráficos, tabelas e distribuição de freqüências, cálculos de médias e medidas de dispersão (desvio padrão e variância). Para as prováveis diferenças entre médias e proporções calculou-se o teste do qui-quadrado (χ^2) tomando-se a significância de 5% ($p < 0,05$).

Para análise dos resultados das inspeções de emissões, em função do ano, em alguns momentos, os veículos foram agrupados de forma a atender aos limites máximos de emissão dos veículos novos. Dessa forma procurou-se evitar uma comparação de resultados de emissões de veículos fabricados em condições diferentes de desenvolvimento tecnológico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A frota de veículos automotores em uso na cidade de Natal até o final do ano de 2004 constituía-se de 200.665 veículos, sendo que deste total 14.687 é bi-combustível nas modalidades definidas neste estudo (Figura 43). Este número representa 7,32% da frota total.

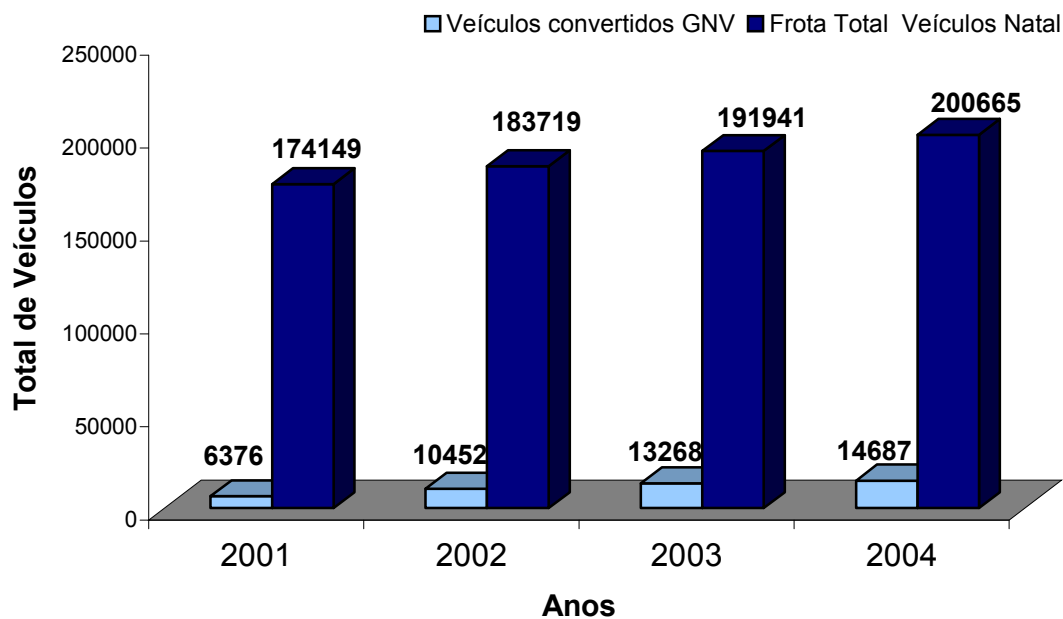


Figura 43: Evolução da frota de veículos da cidade de Natal convertido a GNV

Fonte dos dados: (DETRAN/RN, 2005)

Do total de veículos bi-combustíveis há um predomínio de gasolina/GNV, em todo o período analisado. Em 2004, 88,2% dos veículos são gasolina/GNV (Figura 44).

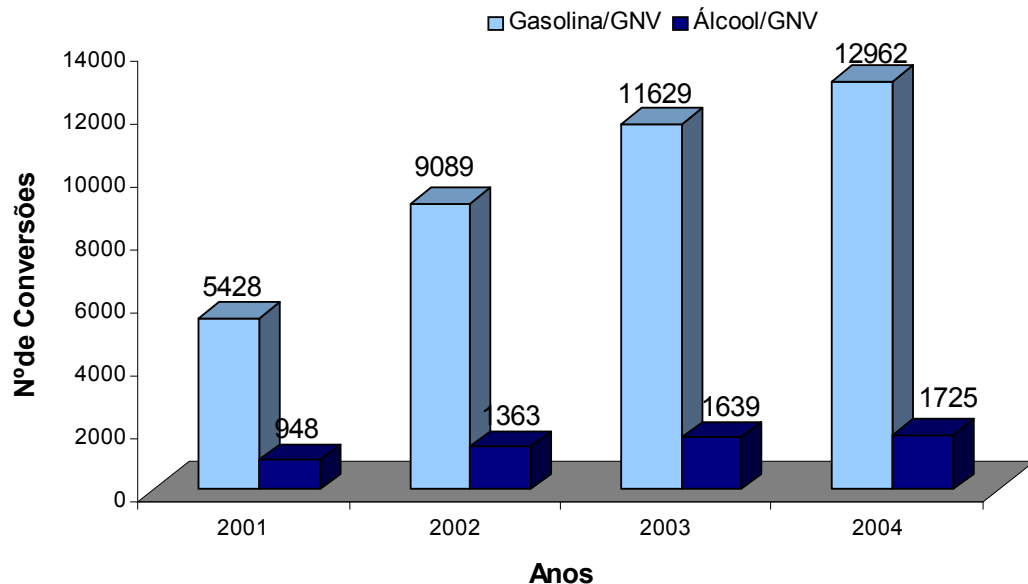


Figura 44: Evolução da frota de veículos bi-combustível da cidade de Natal

Fonte dos dados: (DETRAN/RN, 2005)

Verifica-se um incremento médio na frota de veículos convertidos, entre 2001 e 2004, de 23,3%. Isto se dá, principalmente, pela diferença de preço entre o custo de aquisição do GNV e a gasolina.

Porém outros fatores podem ser acrescentados: aumento do número de postos de abastecimento na cidade e a expansão para cidades pólos no interior do Estado (Mossoró, Assú e Ceará-Mirim); o apelo ecológico, dado que a mídia alardeia que o GNV é um combustível menos poluente e o ganho de confiança por parte dos proprietários de que os kits de conversão não representam perigo de incêndio ou explosão (não se tem até hoje nenhum acidente registrado na cidade por este motivo) nem defeitos significativos nos sistemas do veículo.

O perfil da frota de veículos automotores no RN, em 2005, mostrado na figura 45, segundo o tipo de combustível, revela que 73% são movidos a gasolina e, aproximadamente, 7% bi-combustível (DETRAN, 2005).

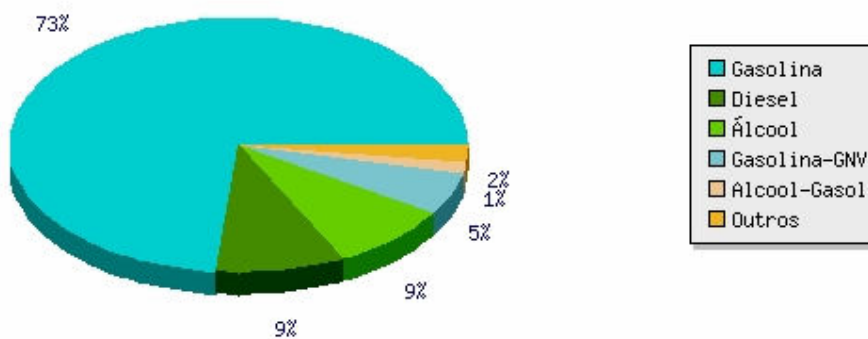


Figura 45: Frota de veículos por tipo de combustível no RN
 Fonte: (DETRAN/RN, 2005)

A frota de veículos alvo deste estudo tem os anos de fabricação distribuídos entre 1984 e 2004, conforme Figura 46 e Tabela 19.

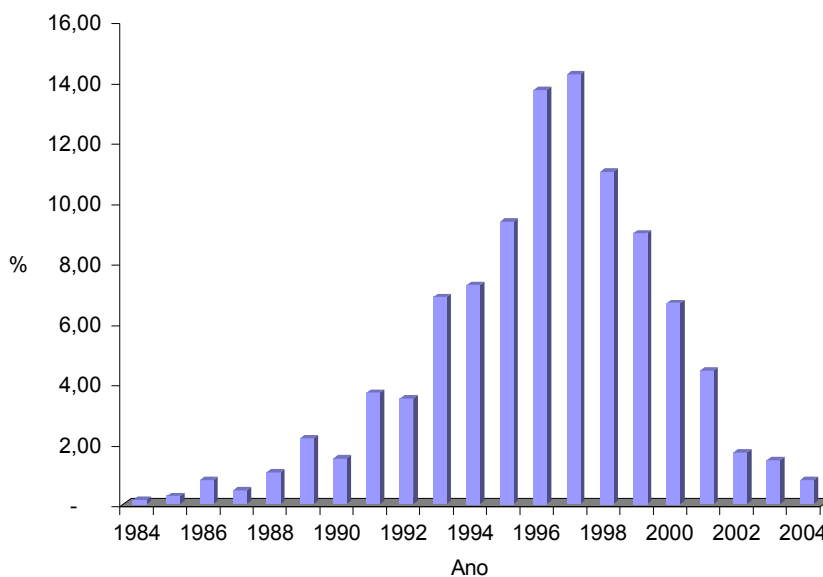


Figura 46: Distribuição da frota estudada por ano de fabricação

Tabela 19: Distribuição da frota da amostra por ano de fabricação e faixas de limites preconizadas pela Resolução CONAMA nº 07/93.

ANO	QUANTIDADE	(%)	FAIXAS DE LIMITES (%)
1984	2	0,13	2,7
1985	4	0,26	
1986	12	0,79	
1987	7	0,46	
1988	16	1,05	
1989	33	2,18	2,2
1990	23	1,52	5,2
1991	56	3,69	
1992	53	3,49	40,7
1993	104	6,86	
1994	110	7,25	
1995	142	9,36	
1996	208	13,71	
1997	216	14,24	49,2
1998	167	11,01	
1999	136	8,97	
2000	101	6,66	
2001	67	4,42	
2002	26	1,71	
2003	22	1,45	
2004	12	0,79	

Como se observa, 99,6% da frota estudada tem ano de fabricação após a criação do PROCONVE, sendo que 49,2% foram fabricado após 1997, ano da última etapa de restrição das emissões veiculares estabelecida pelo Programa, conforme mostrado na Tabela 16.

Estes dados podem explicar o baixo índice de reprovação obtido na frota amostrada (15,2%), como se mostra na Figura 47.

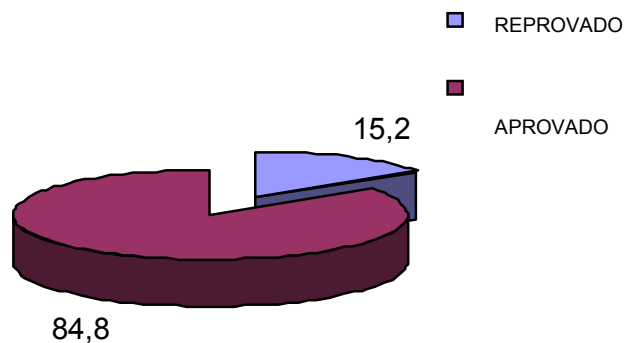


Figura 47: Percentual de veículos reprovados nas inspeções veiculares em pelo menos um parâmetro

Em relação ao tipo de combustível, a frota está distribuída conforme a Figura 48.

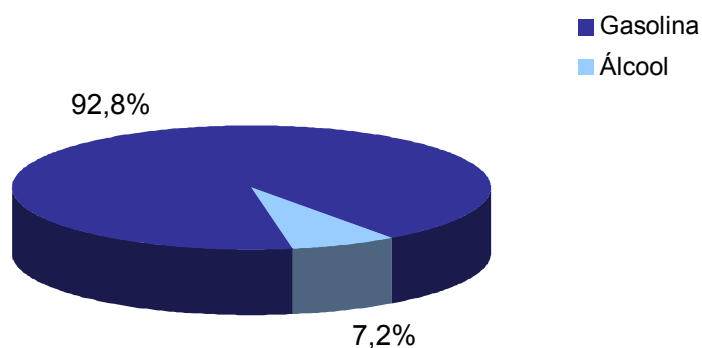


Figura 48: Distribuição da frota da amostra pelo tipo de combustível

Este resultado mostra uma predominância significativa de veículos que utilizam bi-combustível na modalidade GNV/Gasolina (92,8%), na amostra estudada, semelhante a distribuição obtida quando da apresentação dos dados globais da frota convertida a GNV em todo Estado para o ano de 2004 (86,7%).

Analisando a influência do Tipo de Combustível (GNV, Gasolina e Álcool) nos índices de emissões, constatou-se que embora haja diferença com relação ao percentual de veículos reprovados (Figura 49 e Tabela 20), com predominância para o Álcool, seguido da Gasolina, estas diferenças não foram estatisticamente significativas ($\chi^2=4,45$; $p>0,05$).

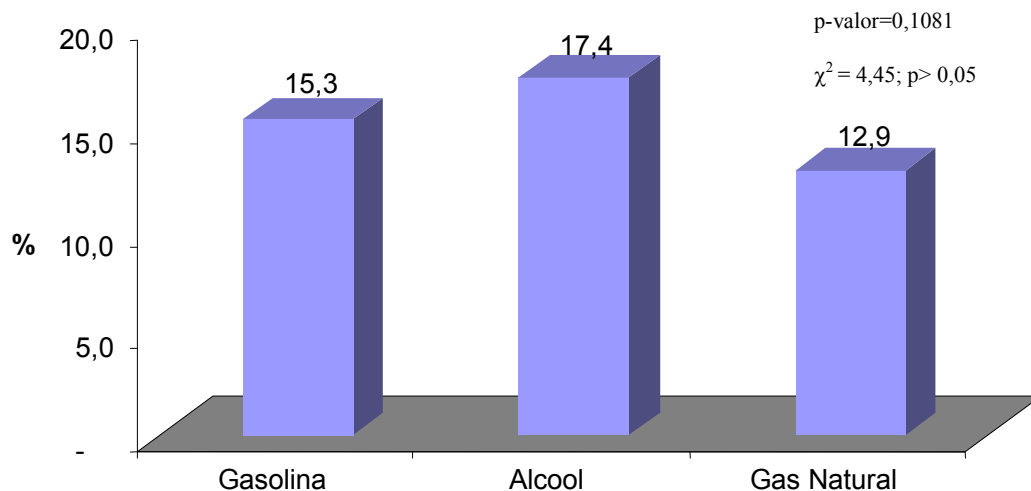


Figura 49: Percentual de veículos reprovados em função do tipo de combustível

Tabela 20: Veículos reprovados por tipo de combustível

TIPO DE COMBUSTÍVEL	REPROVADOS	%	TOTAL
Gasolina	216	15,3	1.408
Álcool	19	17,4	109
GNV	195	12,9	1.517

O resultado obtido no estudo está em discordância com a bibliografia consultada (MCT, 2005 e CAVALCANTI, 2004). Ou seja, registram-se que os índices de emissões são maiores nos veículos movidos à Gasolina. Diante desta constatação, investigou-se as razões da ausência de diferença entre os tipos de combustíveis e obteve-se índices de emissões maiores nos veículos movidos a álcool (Figura 49 e Tabela 20), devido a idade da frota ser em média superior aos veículos movidos a gasolina (Figura 50).

Observa-se que a frota de veículos movida a álcool analisada até o ano de 1991 é percentualmente superior a movida à gasolina. A partir desta faixa há uma inflexão na tendência e os movidos a gasolina se tornam percentualmente maiores. A frota de veículos a gasolina é percentualmente mais nova do que a movida a álcool.

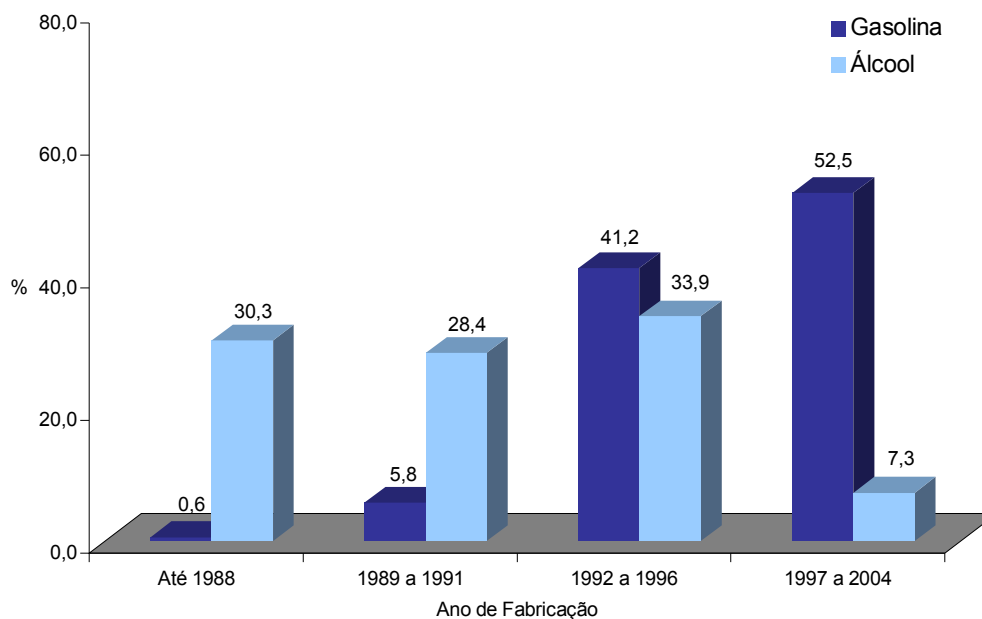


Figura 50: Comparativo entre os veículos movidos à gasolina e a álcool em função da idade do veículo

Fica mais compreensível o resultado acima descrito, quando se estratifica a amostra e faz-se a análise relacionando percentual de reprovação pela idade de fabricação dos veículos entre os veículos a gasolina e álcool (Figuras 51, 52 e 53).

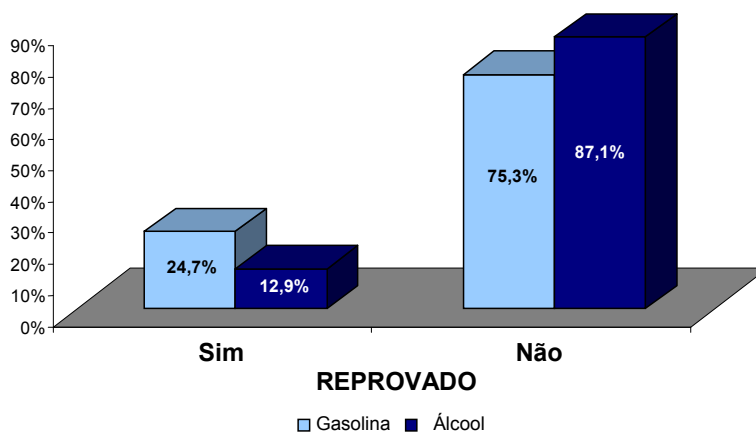


Figura 51: Veículos reprovados em função do tipo de combustível entre os fabricados 1989 e 1991

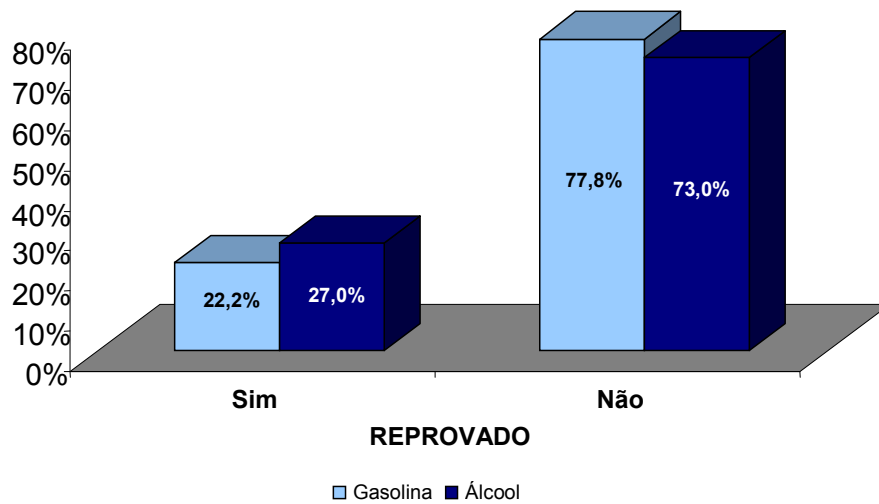


Figura 52: Veículos reprovados em função do tipo de combustível entre os fabricados 1992 e 1996

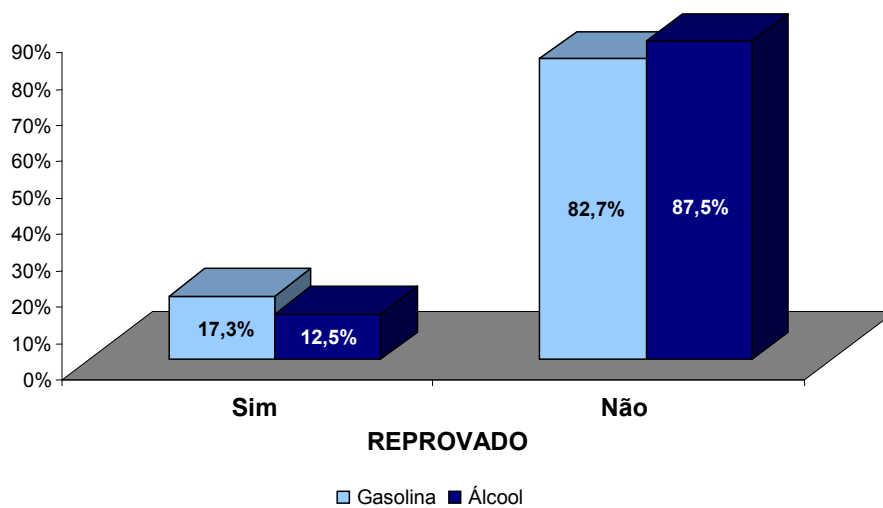


Figura 53: Veículos reprovados em função do tipo de combustível entre os fabricados 1997 e 2004

Relacionando a idade da frota, em função dos índices de emissões, constata-se que quanto mais recente for o ano de fabricação do veículo, menores são os índices de reprovação, (Figura 54).

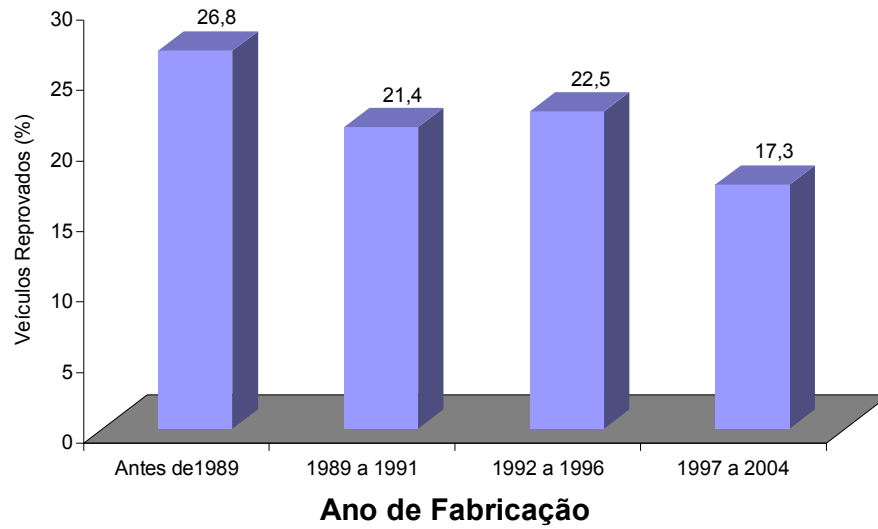


Figura 54: Percentual de reprovação da frota em função do ano de fabricação do veículo

O resultado apresentado é estatisticamente significativo, pois o valor do qui-quadrado de tendência é menor que 0,05 ($\chi^2=3,66$; $p<0,05$).

A velocidade angular do motor (RPM), exerce influência importante nos índices de emissões veiculares. Conforme se mostra nas Figuras 55, 56 e 57, estes índices são maiores em marcha lenta do que em marcha alta.

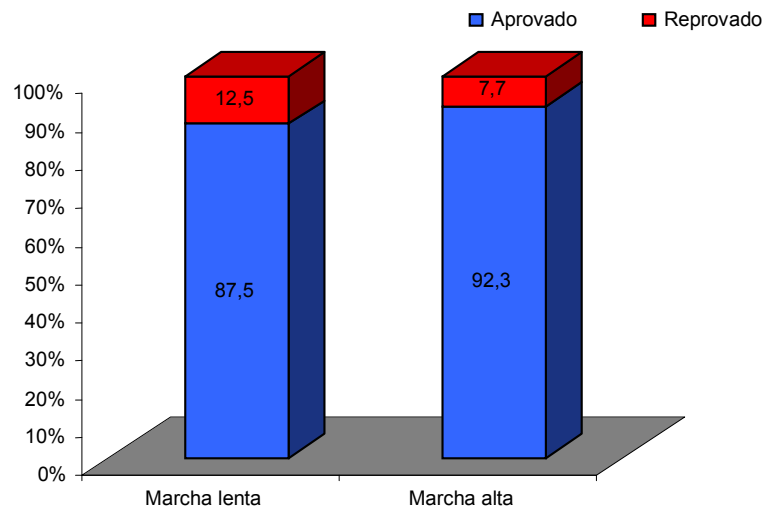


Figura 55: Resultado das inspeções veiculares em função da velocidade angular do motor para veículos movidos a GNV

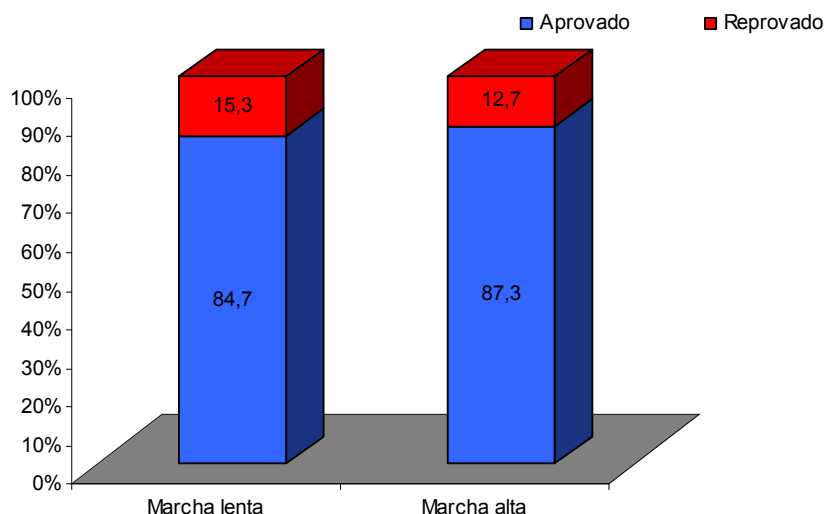


Figura 56: Resultado das inspeções veiculares em função da velocidade angular do motor para veículos movidos a Gasolina

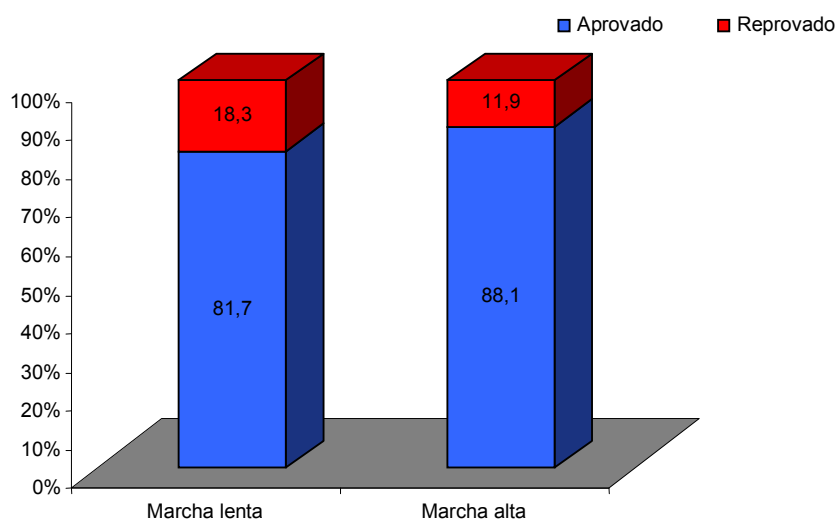


Figura 57: Resultado das inspeções veiculares em função da velocidade angular do motor para veículos movidos a Álcool

Nas Tabelas 21 e 22 são mostrados os resultados das inspeções veiculares em função do combustível e dos parâmetros definidos pela Resolução CONAMA nº 07/93.

Baseando-se nestes resultados pode-se afirmar que a maioria dos veículos (72,6%) são reprovados em apenas um parâmetro (Figuras 58, 60 e 62), e o que mais gera reprovação independentemente do combustível utilizado é o monóxido de carbono (54,5%). O segundo parâmetro a mais gerar reprovação é a associação de CO_c e HC, seguido do HC e a Diluição (Tabela 21).

Em média os veículos inspecionados atendem os limites instituídos para os parâmetros estudados, com exceção dos movidos a Álcool quando se refere ao monóxido de carbono (Tabela 22 e Figuras 64, 65, 66, 67 e 68).

O parâmetro CO_c reprova mais veículos em marcha lenta do que em alta. O mesmo se pode afirmar com a Diluição. Já com relação ao HC, a reprovação maior se deu em marcha alta.

Os veículos movidos a GNV, que apresentam os menores índices de reprovação da frota estudada (Figura 49), geram índices maiores HC em marcha alta. Enquanto que a Diluição se comporta de maneira inversa (Figura 59).

Nos veículos que utilizam a Gasolina os índices de HC e diluição são praticamente iguais em marcha lenta e alta (Figura 61).

Nos movidos a Álcool os índices, tanto de HC como também da Diluição, são maiores em marcha lenta (Figura 63).

Tabela 21: Resultados das inspeções veiculares em função do combustível e dos parâmetros definidos pela Resolução CONAMA nº 07/93

RESULTADO	GNV		ÁLCOOL		GASOLINA	
	Marcha Lenta	Marcha Alta	Marcha Lenta	Marcha Alta	Marcha Lenta	Marcha Alta
Aprovados	1328	1400	89	96	1193	1229
Reprovados em Todos	1	0	0	0	2	0
Reprovado CO _c	42	36	5	11	79	88
Reprovado HC	28	27	2	2	31	31
Reprovado DILUIÇÃO	33	18	1	0	13	11
Reprovado RPM	20	4	4	0	15	2
Reprovado CO _c e HC	33	20	3	0	46	36
Reprovado CO _c e DILUIÇÃO	4	3	0	0	3	3
Reprovado CO _c e RPM	0	0	2	0	8	0
Reprovado HC e RPM	3	0	0	0	1	0
Reprovado HC e DILUIÇÃO	18	6	2	0	11	5
Reprovado DILUIÇÃO e RPM	4	1	1	0	2	1

Reprovado CO _c , HC e DILUIÇÃO	2	0	0	0	0	1
Reprovado CO _c , HC e RPM	0	1	0	0	4	1
Reprovado CO _c , DILUIÇÃO e RPM	1	0	0	0	0	0
Reprovado HC, DILUIÇÃO e RPM	0	1	0	0	0	0
Total	1517	1517	109	109	1408	1408

Tabela 22: Resultados das inspeções veiculares em função do combustível e das médias dos parâmetros definidos pelos Programas do I/M

TIPO COMBUSTÍVEL	Nº VEÍCULOS	PARÂMETROS ^(*)									
		MARCHA LENTA					MARCHA ALTA				
		CO	CO _c	HC	CO + CO ₂	RPM	CO	CO _c	HC	CO + CO ₂	RPM
GNV	1.517	0,49	0,65	254,47	12,25	925	0,40	0,61	202,75	11,56	2489
GASOLINA	1.408	0,87	1,00	307,03	13,03	929	0,89	1,03	237,27	13,17	2498
ÁLCOOL	109	1,29	1,51	353,78	13,07	1000	1,58	1,59	262,47	12,49	2511

(*) valores médios.

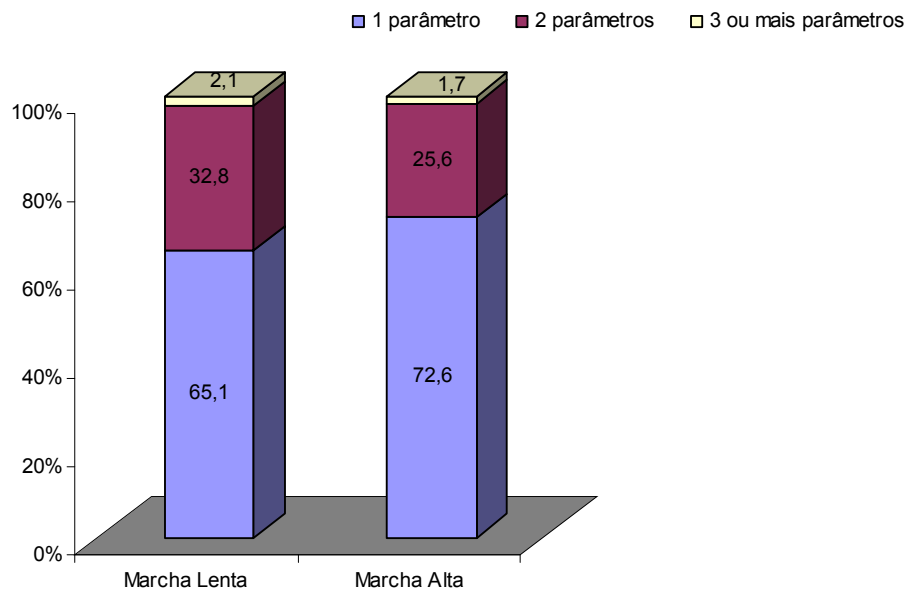


Figura 58: Veículos a GNV reprovados por quantidades de parâmetros

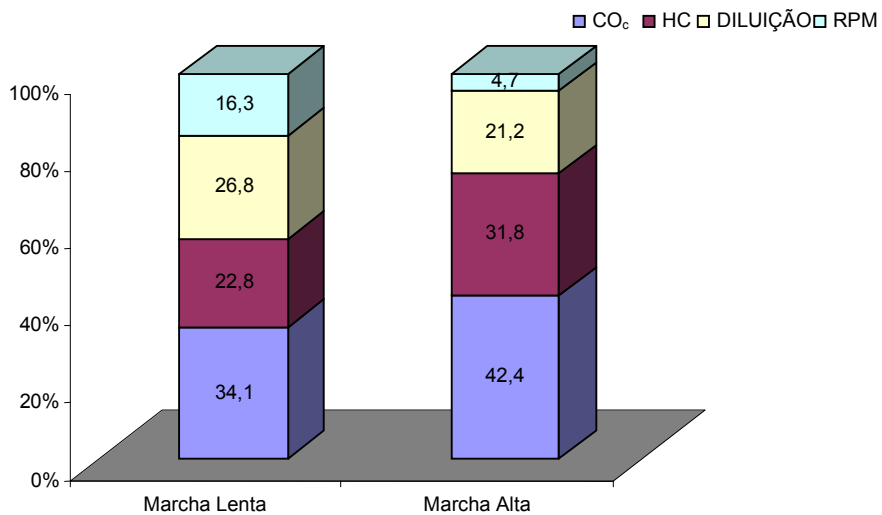


Figura 59: Veículos a GNV reprovados por parâmetros

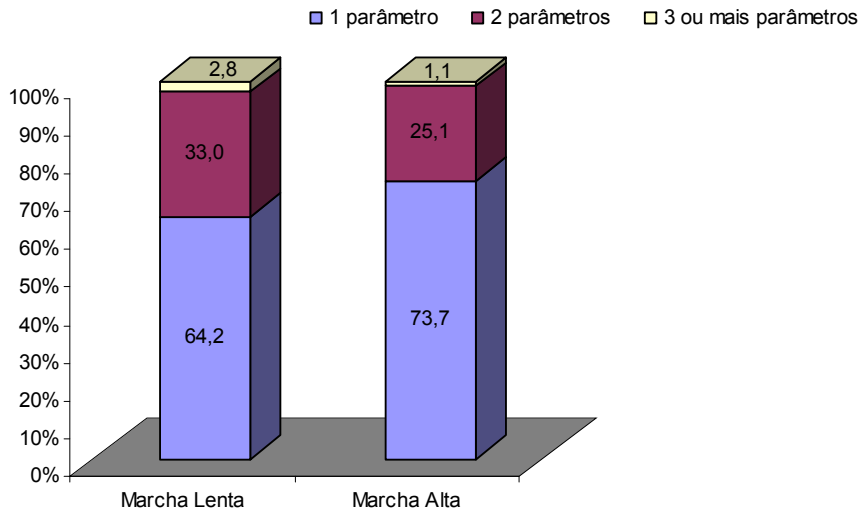


Figura 60: Veículos a GASOLINA reprovados por quantidades de parâmetros

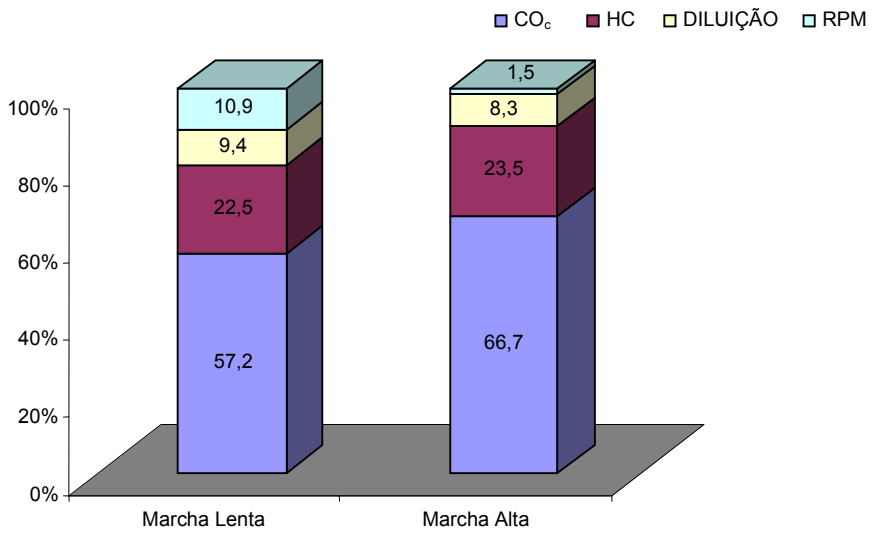


Figura 61: Veículos a GASOLINA reprovados por parâmetros

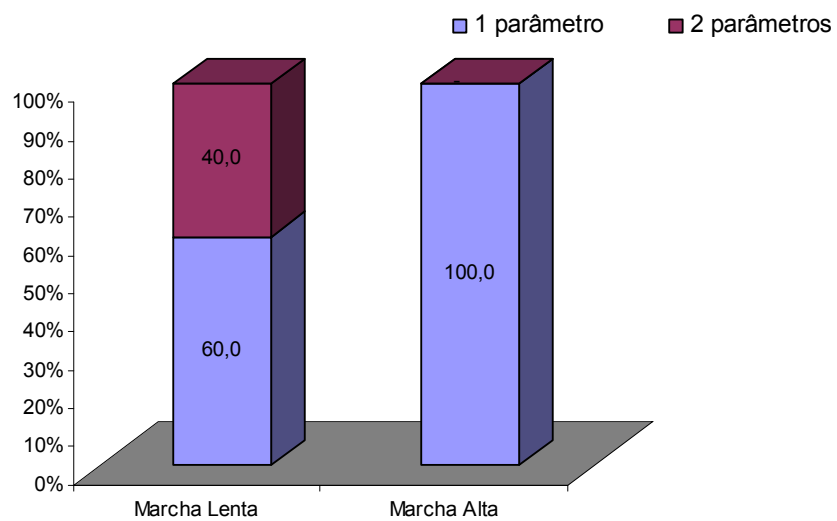


Figura 62: Veículos a ÁLCOOL reprovados por quantidades de parâmetros

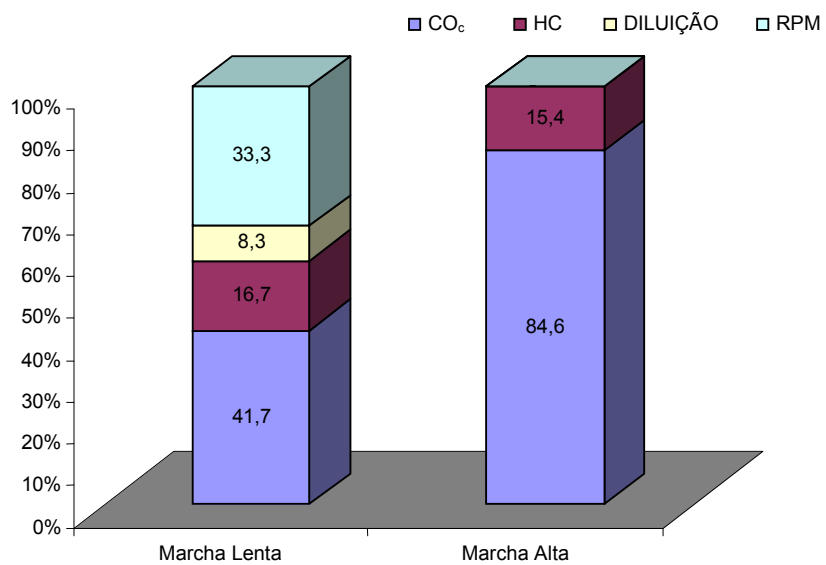


Figura 63: Veículos a ÁLCOOL reprovados por parâmetros

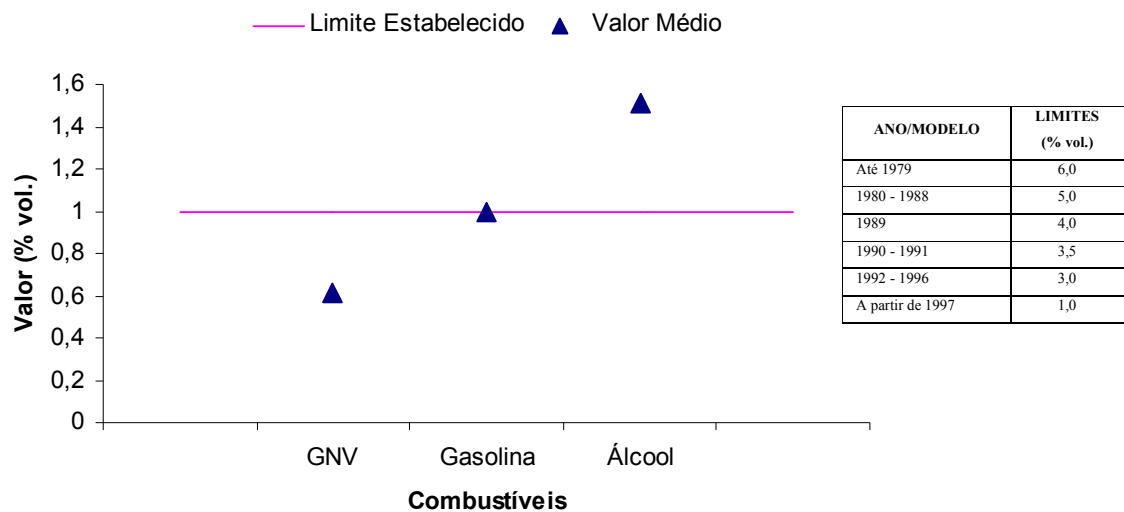


Figura 64: Média das emissões do COc por combustível

Na figura 64 mostra-se que as emissões de COc nos veículos a Álcool ultrapassam o limite de (1% vol.), porém é preciso considerar que 92,6% da frota deste tipo de combustível tem ano de fabricação inferior a 1997.

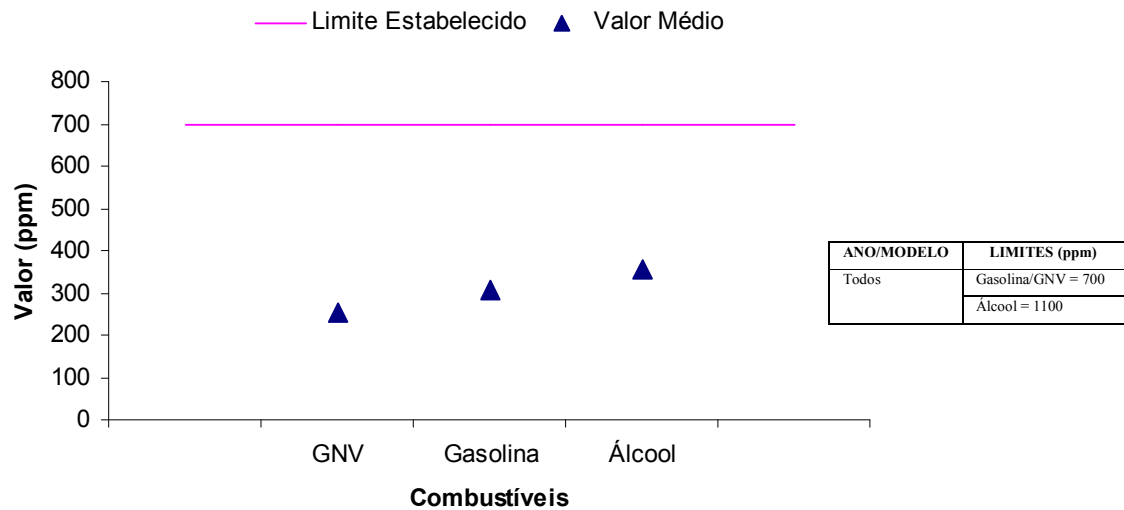


Figura 65: Média das emissões do HC por combustível

Conforme mostrado na Figura 65, todos os combustíveis estão abaixo dos limites estabelecido para HC.

ANO/MODELO	LIMITES (%)
Todos	6,0

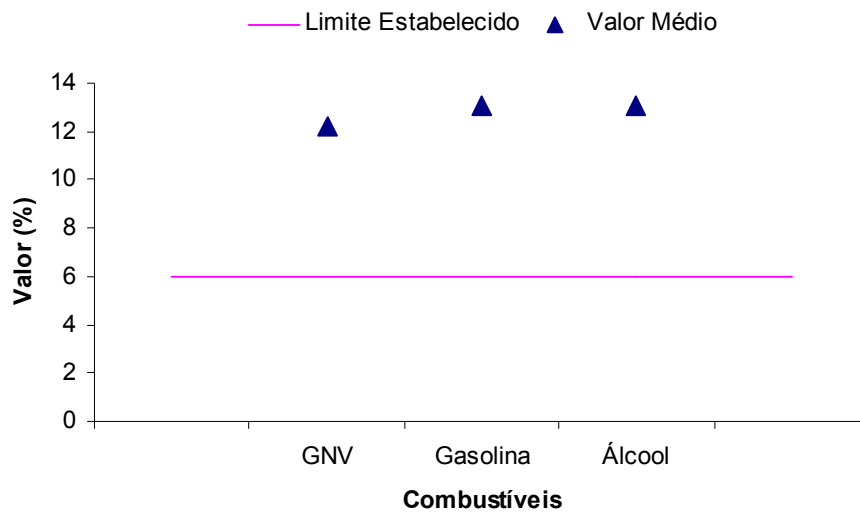


Figura 66: Média das emissões da Diluição (CO +CO₂) por combustível

No parâmetro (CO +CO₂), todos os combustíveis estão acima do limite mínimo estabelecido de 6% (Figura 66).

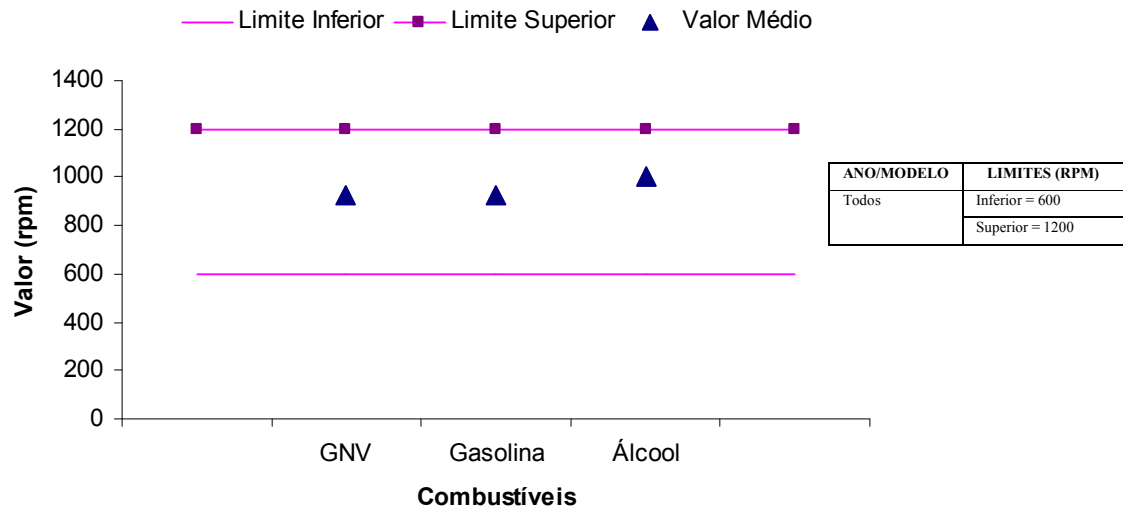


Figura 67: Média das emissões em marcha lenta por combustível

ANO/MODELO	LIMITES (RPM)
Todos	Inferior = 2300
	Superior = 2700

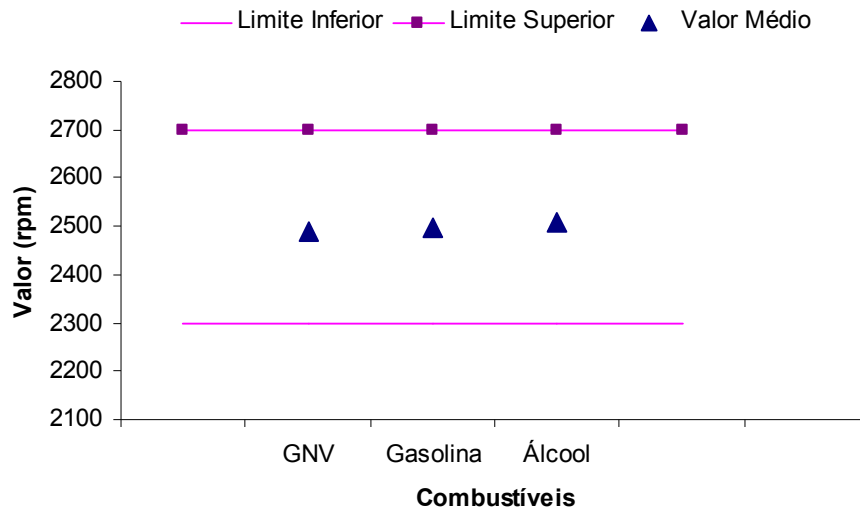


Figura 68: Média das emissões em marcha alta por combustível

A velocidade angular do motor (RPM), quando da realização das inspeções, atenderam aos padrões definidos, tanto em marcha alta como em baixa (Figuras 67 e 68).

Na frota amostral, 88,3% dos veículos disponham de catalisador (Figura 69). Porém a influência do catalisador não se refletiu, como se esperava, nos resultados das inspeções realizadas.

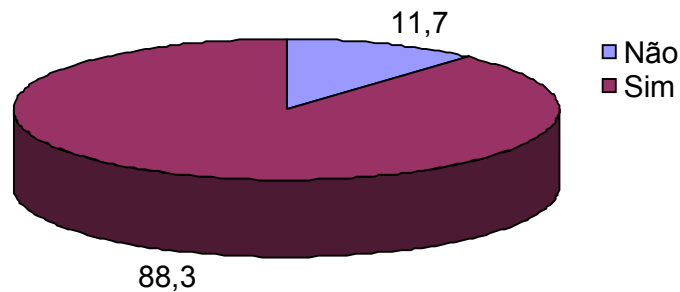


Figura 69: Percentual de veículos com catalisador na amostra

Na Figura 70, mostra-se a frota relacionando os índices de reprovação com a presença ou não de catalisador nos veículos vistoriados. Como se vê, embora haja muita proximidade nos valores, os veículos que possuem catalisador obtiveram uma taxa de reprovação praticamente igual aos que não tinham o equipamento.

Buscando entender este resultado, estratificou-se a amostra apresentando os dados da faixa de veículos mais novos, 1997 a 2004 (Figura 71). Observou-se que os índices de reprovação foram menores entre os veículos equipados com catalisador ($\approx 46,0\%$ menor), invertendo os resultados se for considerar toda a frota.

Este fato pode ser explicado pela perda da validade do catalisador (aproximadamente 80.000 km) sem que haja a substituição nos veículos mais antigos, ou ainda pela adulteração do equipamento com a retirada da colméia que promove as reações termoquímicas.

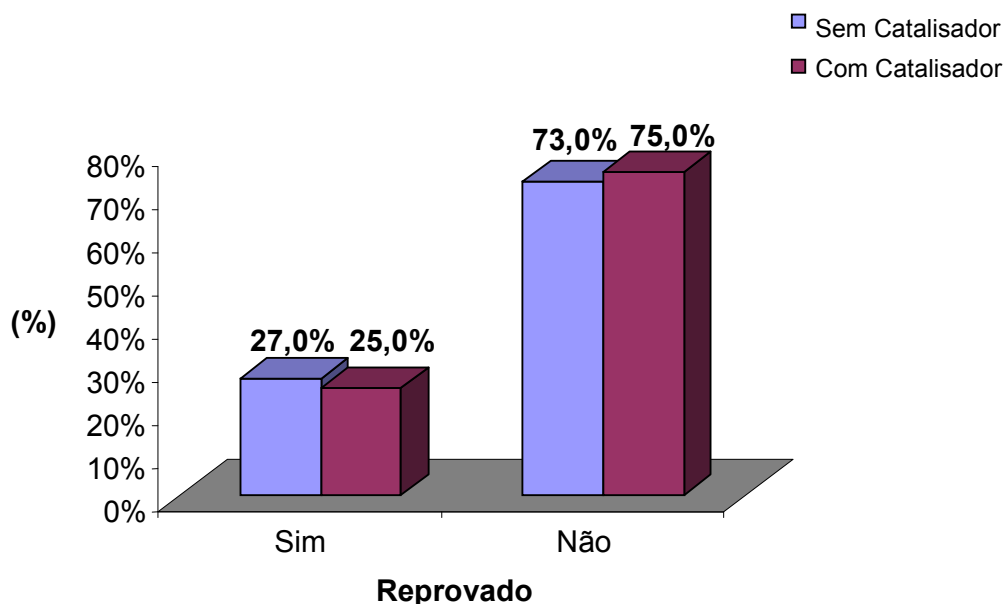


Figura 70: Percentual de veículos reprovados que possuem ou não catalisador, considerando toda frota amostral

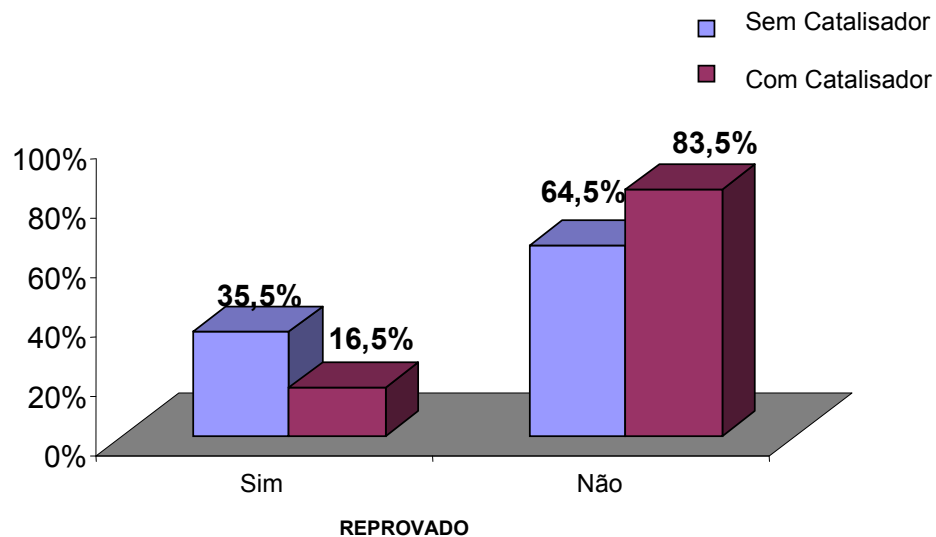


Figura 71: Percentual de veículos reprovados que possuem ou não catalisador, considerando o ano de fabricação de 1997 - 2004

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1- CONCLUSÕES

- A maioria absoluta da frota convertida a GNV tem como combustível original a gasolina.

- A frota de veículos convertida a GNV que tem como combustível original o álcool é antiga (mais de dez anos de uso), e principalmente por este motivo, foi a que apresentou os maiores índices de emissões.

- É crescente o número de veículos convertidos a GNV nos últimos quatro anos em Natal, porém este crescimento, nos últimos dois anos, sofreu um arrefecimento.

- A frota de veículos inspecionadas atende satisfatoriamente aos limites estabelecido pelo Programa de I/M, com exceção dos movidos a álcool no parâmetro COc.

- A idade do veículo e sua adequada manutenção são os fatores mais importante nos índices de emissões atmosféricas. Ou seja, quanto maior for a idade da frota, ou sem que tenha manutenção preventiva adequada, maiores são os níveis de poluição atmosférica.

- Os veículos, independentemente do combustível, emitem mais poluentes em marcha lenta.

- O parâmetro que mais reprova nas inspeções é o **COc**, seguido da associação de **HC** e **COc**, **HC** e **Diluição**. Permitindo concluir que quando aumentam as emissões de **CO** tendem a elevar-se também as emissões de **HC**.

- A priori não se pode afirmar qual o tipo de combustível que menos polui a atmosfera, pois associado a este fator existem outros, citados anteriormente, tão ou mais importantes que este, na determinação das emissões veiculares.

- O GNV, embora considerado por alguns como combustível limpo, é poluente como todo combustível de origem fóssil. As conversões de motores do ciclo Otto, para utilização de gás natural veicular, apesar de apresentar vantagens econômicas para os proprietários de veículos, devido ao baixo preço do referido combustível em relação aos combustíveis convencionais, para o meio ambiente essas conversões nem sempre são vantajosas, pois em certos casos, as emissões são superiores as dos motores não convertidos. Portanto, é fundamental que seja desmistificada a idéia de que todo veículo convertido a GNV polui menos de que todo veículo movido à gasolina ou álcool. Na realidade, este trabalho mostra, que em média, os veículos que utilizam o GNV como combustível poluem menos. Entretanto, a idade, a utilização de tecnologia de última geração, a conservação adequada do veículo e mesmo a forma do condutor se comportar no trânsito são fatores relevantes nos índices de emissões de poluentes atmosféricos.

- Iniciativas governamentais para controlar poluição atmosférica gerada por veículos automotores, como a implantação do PROCONVE e Programas de I/M, vêm se constituído em fator importante na mitigação deste impacto ao meio.

- Determinante também, tem sido a incorporação de novas tecnologias pela indústria automotiva para atender os limites de emissão. Desse modo, o desafio tecnológico foi intensificado nos últimos dez anos, de forma a permitir a adequação de equipamentos ou

materiais que minimizem os impactos causados pelos gases de escapamento, tais como: catalisador, injeção eletrônica, sensor de oxigênio, composição dos combustíveis, entre outros.

6.2- RECOMENDAÇÕES

- Um veículo automotor isoladamente, não constitui nenhuma ameaça ambiental. Contudo, o somatório de emissões veiculares demonstra que estas são consideráveis e, ao nível em que são lançadas na atmosfera, exercem um impacto bastante negativo e direto sobre a população. Assim, o controle das emissões veiculares exige um esforço conjunto integrando os órgãos relacionados com o meio ambiente e com os transportes. Fabricantes de automóveis e combustíveis também devem contribuir efetivamente pela melhoria contínua de tecnologia e qualidade, respectivamente. Daí a necessidade de que no âmbito estadual se busquem formas de integrar estas organizações sociais, como meio de proteger este bem público essencial e esgotável. Um embrião desta iniciativa foi lançado, a partir de um grupo de técnicos que exercem funções em vários órgãos do Estado, durante o Curso promovido pelo Banco Mundial, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN e o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte – IDEMA, “Iniciativa de Ar Limpo nas Cidades da América Latina”, realizado na cidade de Natal em Julho de 2003.

- A região metropolitana de Natal, vem se desenvolvendo rapidamente em níveis populacionais, e conseqüentemente aumentando as pressões sociais quanto à implantação de novas indústrias e incremento na frota veicular da região. Entretanto, as ações preventivas por parte dos órgãos responsáveis pela fiscalização e controle da qualidade do ar, não acompanham o mesmo ritmo de desenvolvimento. Daí a necessidade premente de se implantar um plano de monitoramento da qualidade do ar da Região Metropolitana de Natal-RN, com o objetivo de controlar, monitorar e gerar os resultados, que subsidiarão as iniciativas que busquem a manutenção da qualidade do ar que hoje se respira nesta Região. É preciso, neste instante, se ressaltar a contribuição dada a esta discussão pela dissertação de mestrado da Eng^a Civil, mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN, Ana Paula Costa de Souza Martins - “Estratégias para a elaboração de em plano de Monitoramento da qualidade do ar para a Região Metropolitana de Natal –RN” - 2004.

- Para que as medidas preconizadas pela legislação ambiental que buscam proteger a qualidade do ar se tornem efetivas e eficazes é necessário sistematizar a fiscalização de forma a garantir qualidade nas inspeções realizadas pelos Centros Automotivos credenciados para este fim pelo DETRAN/RN.

- A cidade de Natal, na década de 80 do século passado, foi pioneira na implantação de uma frota de ônibus coletivo movidos a GNV, os então chamados, ônibus verdes. No entanto, hoje, enquanto a frota de veículos automotores particulares convertidos a GNV aumenta, esta frota encontra-se totalmente desativada. Dada a importância das emissões geradas por veículos do ciclo Diesel é muito importante que haja uma substituição gradativa da frota de ônibus coletivo movido a Diesel por GNV na cidade de Natal. Para que isto se torne socialmente possível e economicamente viável, novas tecnologias precisam ser incorporadas, tais como: cilindros de armazenamento de gás com peso mais leve e que garantam maior autonomia; equipamentos que compensem a perda de potência do motor em relação ao Diesel; entre outros.

- Que se implementem campanhas de utilidade pública, mostrando a importância da contribuição individual de cada cidadão, principalmente dirigidas aos condutores de veículos automotores, nas medidas necessárias para mitigar os impactos gerados pelas emissões veiculares.

- Que o DETRAN/RN amplie a obrigatoriedade da inspeção veicular para toda frota de veículos do Estado, com mais de 03 anos de fabricação, quando do licenciamento anual.

6.3- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar as emissões veiculares gerados por veículos de ciclo Diesel;

- Ampliar os estudos para os outros gases gerados por veículos automotores não analisados por este trabalho (NO_x, SO_x, RCHO e fuligem).

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, M. L. Poluição Atmosférica e seu Controle. São Carlos. Disponível em: <<http://www.fisica.cdcc.sc.usp.br>>. Acesso em: 12 dez 2002;

ALONSO, Paulo Sergio Rodrigues. O que o GN. <<http://www.cienciae tecnologia.com/gasbrasil>>. Acesso em: 25 mar. 2005;

AMBIENTE GLOBAL. Disponível em: <<http://www.cade.dir.yahoo.com/ciencia/ecologia>>. Acesso em: 14 Jan. 2003;

AMBIENTE GLOBAL. Disponível em: <<http://www.cade.dir.yahoo.com/ciencia/ecologia>>. Acesso em: 14 Jan. 2005;

ASOCIACIÓN DE GOBERNADORES DEL OESTE DENVER, COLORADO Y EL COMITÉ ASESOR BINACIONAL. Manuales del programa de inventarios de emisiones de México. Volumen II, 1997. Disponível em: <http://info.worldbank.org/etools/vle/cleanair_p/mainpage.cfm>. Acesso em: 15 jan. 2004;

BRAGA, B., HESPANOL, I., CONEJO, J. Et al. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo, SP. Editora Prentice Hall, 2002;

BRAILE, P.M., Dicionário inglês / português de termos técnicos de ciências ambientais. Rio de Janeiro, 1995;

BRAILE, P.M., Dicionário inglês / português de poluição industrial. Rio de Janeiro, Serviço Social da Indústria, 1983;

CARBOCAR. Injeção eletrônica. Disponível em: <<http://www.carbolar.com.br/injeção.htm>>. Acesso em: 25 Ago. 2005.

CARDINALI, R., Catalisadores. Disponível em: <<http://autoesporte.globo.com/edic/ed414/servicoa.htm>>. Acesso em: 25 Ago.2005.

CAVALCANTI, P.M.P.S.; JR, D.Q.L.; KRONENBERGER, G.; MENDES, F.E.; SZWARCFITER, L.; ROVERE, E.L.L. Avaliação do programa de inspeção e manutenção de veículos em uso do Rio de Janeiro 2004. Disponível em: <http://www.cetec.br/seminario_motores>. Acesso em: 06 Ago.2005;

CETESB. Qualidade do ar. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 25 Jan. 2004.

COMISSÃO EUROPÉIA. A UE e a qualidade do ar. Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/environnement/eufocus/clean_air_pt.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2004;

CONAMA, Resolução n°s 007/93. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2005;

CORSINO, J. Estudo comparativo entre tubos fabricados com reaproveitamento de resíduos plásticos e tubos de PVC para esgoto, 2005. Dissertação (Mestrado em recursos hídricos e saneamento ambiental-Universidade Federal do RN);

CTGAS SENAI. DN. O gás natural como combustível industrial; produção, distribuição, transporte e preços. Rio de Janeiro, 2003;

DETRAN/RN. Estatísticas de Trânsito. Disponível em: <<http://www.detranrn.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2005;

DICCIONÁRIO DE LA NATUREZA, Hombre, ecologia, paisaje. Madrid, Espasa-Calpe S.A., 1987;

DUPIN, Eduardo E.V., WENTZ, Jens P.T.G, LIMA, Marcelo M.O.L, BAINO, R., MIRANDA, Virgínio A.R Gasolina. Disponible em: <<http://www.regap.com.br>>. Acesso em: 21 de setembro de 2005;

ECIENCIA. Disponível em: <<http://www.eciencia.usp.br/exposicao/gepeq/image20.jpg>>. Acesso em: 19 Out. 2005;

ECIENCIA. Funcionamento dos motores de combustão interna. Disponível em: <http://www.eciencia.usp.br/estação/conteudo_visitante.htm>. Acesso em: 19 Out. 2005;

EHRlich, P.R. & EHRlich, A.H. População, recursos, ambiente. São Paulo, Polígono e Universidade de São Paulo, 1979;

EPA. Legislação Internacional. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epahome/laws.htm>>. Acesso em: 15 Jan. 2003;

FEAM. Monitoramento da qualidade do Ar. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <www.feam.br>. Acesso em: 15 Jan. 2003;

IBAMA. Proconve. Disponível em:< www.ibama.gov.br/proconve/dius/manual_volume_I >. Acesso em: 15 jun. 2005;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Censo 2000. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 de julho 2005;

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). Dados dos Municípios do RN. Disponível em: <www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 24 de julho 2003;

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). Legislação Ambiental-RN. Disponível em: <www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 24 de julho 2005;

JÚNIOR, C. S; SEZAR, S. Biologia 3. 1.ed. São Paulo,SP, Editora Saraiva,1995;

LACAVA, P.T; SADALLA, M.A; HOTTA, N.M, Modelos de equilíbrio químico didáticos para simulação de motores de combustão interna por centelha. Disponível em:<http://www.cetec.br/seminario_motores>. Acesso em: 06 Ago.2005;

LEMAIRE, F.C. & LEMAIER, E. Dictionnaire de l'environnement. Verviers, Marabout, 1975;

LORA, E. Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energéticos, Industrial e de Transporte. Brasília, DF, ANEEL, 2000;

LUND, H.F. Industrial pollution control handbook. New York, McGraw-Hill, 1971;

MACINTYRE, A. J. Ventilação Industrial e Controle da Poluição. Rio de Janeiro, RJ, Editora Guanabara S. A, 1988;

MANAVELLA, H.J. Análise de emissões no escape. Disponível em: <<http://www.hmautotronica.com.br>>. Acesso em: 26 Ago.2005;

MANUAL DE OPERAÇÃO. Analisador de gases e fumaça, Santa Bárbara d'Oeste, SP, 2003.

MARTINEZ, P. e ROMIEU, I. Introdução ao monitoramento atmosférico. Disponível em: <http://info.worldbank.org/etools/vle/cleanair_p/mainpage.cfm>. Acesso em: 16 Nov.2003;

MARTINS, A.P.C.S. Estratégias para a elaboração de um plano de monitoramento da qualidade do ar para a região metropolitana de Natal-RN, 2004. Dissertação (Mestrado em recursos hídricos e saneamento ambiental-Universidade Federal do RN);

MCT. Cálculo das emissões veiculares. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/default.htm>>. Acesso em: 06 Ago.2005;

MEDEIROS, F.T., Cana, açúcar e álcool, 2004. Disponível em: <<http://www.brasilagro.com.br/mostra>> Acesso em: 16 Ago 2005;

MELO, T.C.C., MACHADO, G.B, SIQUEIRA, A.A., O programa de controle de emissões veiculares no Brasil pode influenciar a frota de veículos leves a GNV?, 2004. Disponível em:<http://www.cetec.br/seminario_motores>. Acesso em: 06 Ago.2005;

MELCHORS, D.J., SANTANA, E.R.R.S., SILVA, I.M.C., et al. Inventário de Emissões Veiculares da Região Metropolitana de Porto Alegre, 2001;

MOREIRA, M.P., BAGNO, R.B., Controle e monitoração da emissão de poluentes nos veículos a gasolina no contexto da normativa OBD, 2004. Disponível em:<http://www.cetec.br/seminario_motores>. Acesso em: 06 Ago.2005;

MOTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 1.Ed. Rio de Janeiro, ABES,1997;

PEÇANHA, F. Indispensável pureza do ar, 2002. disponível em: <<http://www.unimednatal.com.br>>. Acesso em: 25 Nov. 2002;

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA. Disponível em: <<http://autoesporte.globo.com/edic/servicoa.htm>>. Acesso em: 20 Out. 2005;

PROCONVE. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/proconve/dius/manual_volume_i.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2005;

SEWELL, G.H. Administração e Controle da Qualidade Ambiental; tradução FILHO, M.S. São Paulo, SP, Cetesb, 1978;

TAYLOR, C.F. Análise dos motores de combustão interna, Volumes 1 e 2; Edgard Blucher, Ltda, Edgard Blucher, Ltda, Rio de Janeiro, 1995;

THE WORLD BANK. Environmental considerations for the industrial development sector. Washington D.C., The World Bank, 1978;

THE WORLD BANK. Environmental assessment sourcebook. Washington D.C, The World Bank, 1991. 3 vol;

VICENTINI, P.C., Avaliação do uso de álcool hidratado em veículos a gasolina, 2004. Disponível em:<http://www.cetec.br/seminario_motores>. Acesso em: 06 Ago.2005;

ZURITA, M.L.L., TOLFO. A. M. A Qualidade do Ar em Porto Alegre. Porto Alegre, RS. Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2000;

8. ANEXOS

Anexo 1: RESOLUÇÃO CONAMA nº 7, DE 31 DE AGOSTO DE 1993;

Anexo 2: LEGISLAÇÃO FEDERAL EM VIGOR SOBRE CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA VEICULAR.

ANEXO 1

RESOLUÇÃO CONAMA nº 7, DE 31 DE AGOSTO DE 1993

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas Leis nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e nº 8.028, de 12 de abril de 1990, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, considerando o disposto na Lei nº 8.490, de 19 de novembro de 1992, alterada pela Medida Provisória nº 350, de 14 de setembro de 1993, e no Regimento Interno aprovado pela Resolução/conama/nº 025, de 03 de dezembro de 1986,

Considerando que a emissão de poluentes por veículos automotores contribui para a contínua deterioração da qualidade ambiental, especialmente nos centros urbanos;

Considerando que a desregulagem e alteração das características originais dos veículos automotores contribui significativamente para o aumento das emissões de poluentes;

Considerando que, de acordo com a experiência internacional, os Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso contribuem, efetivamente, para o controle da poluição do ar e economia de combustível;

Considerando que a Resolução CONAMA nº 18/86 previu a implantação, pelas administrações estaduais e municipais, de Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso;

Considerando a necessidade de estabelecer padrões de emissão para veículos em uso e uniformizar os procedimentos a serem adotados na implantação dos referidos Programas, resolve:

Definir as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso - I/M.

Art. 1º Ficam estabelecidos como padrões de emissão para veículos em circulação os limites máximos de CO, HC, diluição, velocidade angular do motor e ruído para os veículos com motor do ciclo Otto e opacidade de fumaça preta e ruído para os veículos com motor do ciclo Diesel.

§ 1º Os limites a que se refere este artigo, se destinam à avaliação do estado de manutenção de veículos em circulação, e ao atendimento dos Programas de I/M.

§ 2º Para os veículos leves do ciclo Otto ficam estabelecidos os limites máximos de Co, HC, diluição e velocidade angular do motor do Anexo I.

§ 3º Os demais limites máximos de que trata este artigo serão estabelecidos pelo CONAMA.

§ 4º Os limites máximos estabelecidos poderão ser revistos após o estágio inicial do Programa, tendo em vista a sua adequação operacional, devendo as alterações propostas serem submetidas, previamente à sua adoção, à aprovação do CONAMA.

Art. 2º Os Programas de I/M serão implantados prioritariamente, a critério dos órgãos estaduais e municipais competentes, em regiões que apresentem um comprometimento da qualidade do ar, devido às emissões de poluentes pela frota circulante.

Art. 3º Todos os veículos automotores com motor de combustão interna estão sujeitos à inspeção obrigatória, independentemente do tipo de combustível que utilizarem, observado o disposto no artigo 4º desta Resolução.

Parágrafo único. Os veículos concebidos exclusivamente para aplicações militares, agrícolas, de competição, tratores, máquinas de terraplanagem e pavimentação e outros de aplicação especial, poderão ser dispensados da inspeção obrigatória pelos órgãos estaduais e municipais competentes.

Art. 4º Caberá aos órgãos estaduais e municipais competentes, considerando as necessidades e possibilidades regionais, a definição da frota alvo do Programa, que poderá ser apenas uma parcela da frota licenciada na região de interesse.

§ 1º A frota alvo de que trata este Artigo poderá ser ampliada ou restringida, a critério dos órgãos competentes, em razão da experiência e resultados obtidos com a implantação do Programa e das possibilidades e necessidades regionais.

§ 2º No estágio inicial do Programa deve-se priorizar a inspeção dos veículos ano-modelo 1989 em diante.

§ 3º Os órgãos estaduais e municipais competentes deverão divulgar, permanentemente, as condições de participação da frota alvo no Programa e as informações básicas relacionadas à inspeção.

Art. 5º Os Programas de I/M deverão ser dimensionados, prevendo a construção de linhas de inspeção para veículos leves e pesados, na proporção adequada à frota alvo do Programa.

Art. 6º As inspeções obrigatórias deverão ser realizadas em centros de inspeção distribuídos pela área de abrangência do Programa.

§ 1º Os centros de inspeção deverão apresentar as características constantes do Anexo II desta Resolução, no que se refere à sua implantação e operação.

§ 2º Os órgãos estaduais e municipais competentes poderão instalar ou autorizar a instalação de estações móveis de inspeção para a solução de problemas de abrangência específicos, ou para o atendimento local de grandes frotas cativas.

Art. 7º A periodicidade da inspeção será definida pelos órgãos estaduais e municipais

competentes e deverá ser de, no máximo, uma vez a cada ano, podendo, contudo, ser previsto uma frequência maior, no caso de frotas urbanas de uso intenso.

Art. 8º A vinculação dos Programas de I/M com o sistema de licenciamento anual dos veículos deverá ser estabelecida pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, de forma que os veículos reprovados na inspeção não recebam autorização para circulação.

Parágrafo único. Fica a critério dos órgãos competentes, o estabelecimento de Programas Integrados de I/M, de modo que, além da inspeção obrigatória de itens relacionados com as emissões de poluentes e ruído, sejam também incluídos aqueles relativos à segurança veicular, de acordo com regulamentação específica dos órgãos de trânsito.

Art. 9º Todos os veículos pertencentes à frota alvo definida pelos órgãos competentes deverão ser inspecionados com antecedência máxima de noventa dias da data limite para o seu licenciamento anual.

Parágrafo único. Os veículos que não tiverem sido inspecionados até a data limite do licenciamento poderão ser inspecionados após a mesma, sujeitando-se porém, às normas e sanções decorrentes do licenciamento extemporâneo ou da ausência deste.

Art. 10. O critério de rejeição/aprovação/reprovação dos veículos inspecionados nos Programas de I/M deve ser tal que, se o veículo for reprovado em um único item relativo à inspeção visual, ou aos parâmetros medidos, será rejeitado/reprovado na inspeção.

§ 1º Os procedimentos de inspeção para veículos leves do ciclo Otto deverão atender aos requisitos mínimos estabelecidos no Anexo III desta Resolução.

§ 2º Os procedimentos de inspeção constantes do Anexo III poderão ser revistos após o estágio inicial do Programa, tendo em vista a sua adequação operacional, devendo as alterações propostas serem submetidas, previamente a sua adoção, à aprovação do CONAMA.

Art. 11. Em caso de aprovação, será fornecido o Certificado de Aprovação do Veículo, indicando os itens inspecionados e os respectivos resultados.

Art. 12. Em caso de rejeição/reprovação, será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo com a indicação do(s) item(ns) reprovado(s).

§ 1º Os veículos rejeitados/reprovados deverão sofrer os reparos necessários e retornar para reinspeção, tendo direito, na primeira reinspeção, a isenção do pagamento ou redução do valor dos serviços, quando cobrados, nos prazos e condições estabelecidos pelos órgãos competentes.

§ 2º No estágio inicial do Programa, os órgãos competentes poderão considerar a possibilidade de inspeção mandatória e atendimento voluntário aos limites, com os objetivos

de divulgação da sua sistemática, conscientização do público e ajustes das exigências do Programa.

§ 3º Em caso de haver necessidade de ajustes operacionais no Programa, os órgãos competentes poderão dispensar os veículos rejeitados/reprovados da segunda reinspeção, segundo um critério próprio, previamente estabelecido para o estágio inicial do Programa.

§ 4º Fica a critério dos órgãos competentes estabelecer procedimentos e limites específicos para os veículos que comprovadamente não tenham condições de atender às exigências desta Resolução.

Art. 13. Fica a critério dos órgãos competentes o estabelecimento de procedimentos e limites mais restritivos do que os estabelecidos nesta Resolução, desde que devidamente consubstanciados tecnicamente, respeitadas as características de emissão originais dos veículos e aprovados previamente pelo CONAMA.

Art. 14. Atendida a legislação pertinente e as normas locais, a implantação e a execução dos Programas de I/M poderá ser realizada por empresas com experiência comprovada na área, especialmente credenciadas ou contratadas pelos órgãos competentes ficando, sob a responsabilidade destes, a supervisão, acompanhamento e controle do Programa.

Art. 15. Ficará a critério dos órgãos competentes, nos termos da legislação vigente, o estabelecimento dos valores a serem cobrados para inspeção dos veículos.

Art. 16. Atendidas as condições estabelecidas nesta Resolução, caberá aos órgãos estaduais e municipais competentes, a elaboração dos critérios para implantação e execução dos Programas de I/M e para a certificação de operadores de linha dos centros de inspeção, bem como, o estabelecimento de procedimentos de controle de qualidade, auditorias e normas complementares, tendo em vista as peculiaridades locais.

Art. 17. Os órgãos competentes responsáveis pelos Programas de I/M deverão monitorar a qualidade dos combustíveis na região de interesse e relatar, periodicamente, os resultados aos órgãos competentes pela fiscalização de suas especificações.

Art. 18. Para os fins desta Resolução, são utilizadas as definições constantes do Anexo IV desta Resolução.

Art. 19. Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação.

ANEXO I

LIMITES PARA FINS DE INSPEÇÃO DE VEÍCULOS LEVES DO CICLO OTTO

I.1. Monóxido de Carbono corrigido-CO em Marcha Lenta e 2500 rpm

ANO-MODELO	LIMITE (% vol)	
Até 1979	7,0 (*)	6,0
1980-1988	6,5 (*)	5,0
1989	6,0 (*)	4,0
1990/1991		3,5
1992-1996	5,0 (*)	3,0
a partir de 1997	1,5 (*)	1,0

I.2. Combustível não Queimado não corrigido - HC em Marcha Lenta - 2500 rpm.

Combustível	LIMITE	
	Gasolina/Misturas álcool/gás combustível (ppm)	Álcool/Mistura Ternária (ppm)
Todos	700	1100

I.3. Velocidade angular em regime de Marcha Lenta - rpm 600 a 1200 rpm para todos os veículos

I.4. Diluição mínima - % (CO + CO₂) 6% para todos os veículos

Observações (*) Limites de CO opcionais, válidos somente para o estágio inicial do Programa de I/M.

ANEXO II

CARACTERÍSTICAS DOS CENTROS DE INSPEÇÃO

II.1. Os centros de inspeção deverão ser construídos em locais escolhidos adequadamente para que seu funcionamento não implique em prejuízo do tráfego em suas imediações. Deverão possuir área de estacionamento para funcionários e visitantes, área de circulação e espera dos veículos, área coberta para serviços gerais e administrativos e instalações para guarda de materiais, peças de reposição e gases de calibração.

II.2. Os centros de inspeção deverão ser cobertos, possibilitando o desenvolvimento das atividades de inspeção, independentemente das condições climáticas e dispor de ventilação adequada para permitir a inspeção de veículos com o motor ligado.

II.3. Os centros de inspeção deverão ser adequadamente dimensionados e possuir sistema de múltiplas linhas de inspeção de modo a evitar interrupções das atividades e filas com tempo de espera superior a 30 minutos.

II.4. Os centros de inspeção deverão funcionar em regime de horário que possibilite atendimento adequado aos usuários.

II.5. Todas as atividades de coleta de dados, registro de informações, execução dos procedimentos de inspeção, comparação dos dados de inspeção com os limites estabelecidos e fornecimento de certificados e relatórios, deverão ser realizadas através de sistemas

informatizados.

II.5.1. Os sistemas deverão permitir o acesso em tempo real aos dados de inspeção em cada linha, bem como o controle do movimento diário, pela unidade de supervisão do Programa, que deverá estar permanentemente interligada com os centros de inspeção.

II.5.2. Os sistemas devem ser projetados e operados de modo a impedir que os operadores de linha tenham acesso a controles que permitam a alteração de procedimentos ou critérios de rejeição/aprovação/reprovação.

II.5.3. Somente os operadores certificados poderão ter acesso ao sistema de operação das linhas de inspeção, através de código individual.

II.6. As linhas de inspeção deverão ser operadas por pessoal devidamente treinado e certificado para o desenvolvimento das atividades de inspeção.

II.6.1. É de responsabilidade do órgão ou empresa responsável pela operação do Programa a certificação de operadores de linha dos centros de inspeção.

II.6.2. Os operadores de linha deverão ser certificados periodicamente, para atualização em novas tecnologias empregadas para o controle das emissões de poluentes pelos veículos.

II.7. Nenhum serviço de ajuste ou reparação de veículos poderá ser realizado nos centros de inspeção. Os operadores de linha e o pessoal de apoio e supervisão não poderão recomendar empresas para realização dos serviços.

II.8. Os equipamentos utilizados na inspeção de veículos leves do Ciclo Otto deverão apresentar as seguintes características:

II.8.1. Os analisadores de CO, HC e CO₂ devem ser do tipo infravermelho não dispersivo ou de concepção superior, devem atender as especificações estabelecidas na regulamentação BAR 90, do Bureau of Automotive Repair do Estado da Califórnia, EUA, ou em normas de maior atualização tecnológica, serem adequados aos combustíveis utilizados no território nacional, e aprovados pelo órgão ambiental do Estado.

II.8.2. Os analisadores de gases devem possuir sistema adequado de verificação e eliminação automática de aderência de HC no sistema de amostragem.

II.8.3. Os medidores de nível sonoro utilizados devem atender aos requisitos estabelecidos pela norma NBR-9714 - Ruído Emitido por Veículos Automotores na Condição Parado - Método de Ensaio ou em normas de maior atualização tecnológica.

II.9. Os medidores de velocidade angular do motor devem ter um tempo de resposta máximo de 0,5 segundos e uma exatidão igual ou inferior a ± 50 rpm.

II.10. Os equipamentos utilizados para a medição de CO, HC, CO₂, velocidade angular do motor e nível de ruído, devem estar sempre calibrados, possuir funcionamento automático e

não devem permitir a interferência do operador no registro dos valores medidos.

II.11. Os resultados da inspeção devem ser impressos em formulários próprios indicando os itens inspecionados.

II.11.1. O resultado da emissão de CO deve ser preferencialmente registrado sob as formas de CO medido (não corrigido) e CO corrigido.

II.12. Os centros de inspeção deverão manter equipamentos de reserva calibrados e estoque de peças de reposição, de modo a garantir que eventuais falhas de equipamentos não venham provocar paralisações significativas na operação das linhas de inspeção.

II.13. O órgão ou empresa responsável pela operação do Programa deverá realizar verificações periódicas da calibração e manutenção geral dos equipamentos utilizados nos centros de inspeção, bem como desenvolver programas de auditoria de equipamentos e procedimentos, conforme os critérios estabelecidos pelos órgãos competentes.

ANEXO III

PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO PARA VEÍCULOS LEVES DO CICLO OTTO

III.1. Previamente à inspeção, deverá ser apresentada a documentação de identificação do veículo para registro.

III.2. Os veículos equipados para operar, por opção do usuário, com mais de um tipo de combustível, deverão ser testados com todos os tipos de combustíveis previstos.

III.3. Após o registro dos dados do veículo, os operadores de linha deverão verificar se o veículo apresenta funcionamento irregular do motor, emissão de fumaça visível (exceto de vapor a água), vazamentos aparentes e alterações no sistema de escapamento. Constatados quaisquer desses problemas, o veículo será considerado rejeitado e será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo.

III.4. No caso do veículo não ter sido rejeitado, será submetido a uma inspeção visual dos itens de controle de emissão.

III.5. Após a inspeção visual deverá ser medido o nível de ruído na condição parado nas proximidades do escapamento, conforme procedimentos estabelecidos na Norma NBR-9714 - Ruído Emitido por Veículos Automotores na Condição Parado - Método de Ensaio.

III.6. Previamente à medição dos gases de escapamento, deverá ser realizada a descontaminação do óleo do cárter mediante a aceleração com o veículo parado, em velocidade angular constante, de aproximadamente 2500 rpm, sem carga e sem uso do afogador, durante um período mínimo de 30 segundos.

III.7. Logo após a descontaminação do óleo de cárter, deverão ser realizadas as medições

dos níveis de concentração de CO, HC e diluição dos gases de escapamento do veículo a 2500 rpm \pm 200 rpm sem carga. Em seguida são medidos os valores das concentrações de CO, HC e diluição em marcha lenta e da velocidade angular. Em caso de aprovação, será emitido o certificado de Aprovação do Veículo. Em caso de reprovação em qualquer um dos itens inspecionados, exceto as concentrações de CO e HC, o veículo será reprovado e será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo.

III.8. Se os valores medidos de CO e HC não atenderem aos limites estabelecidos no Anexo I, o veículo será pré-condicionado mediante a aceleração em velocidade angular constante de aproximadamente 2500 rpm sem carga e sem uso de afogador durante 180 segundos e novas medições de CO, HC e diluição a 2500 rpm \pm 200 rpm sem carga e marcha lenta serão realizadas. Se os novos valores medidos atenderem aos limites estabelecidos, o veículo será aprovado e será fornecido o Certificado de Aprovação do Veículo. Em caso de reprovação, será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo.

III.9. Procedimentos alternativos à sistemática de descontaminação do óleo do cárter que evitem ou minimizem a interferência dos gases do cárter nas medições, poderão ser adotados, desde que tecnicamente comprovados e operacionalmente viáveis.

ANEXO IV

DEFINIÇÕES

Alterações no sistema de escapamento: alterações visualmente perceptíveis no sistema de escapamento (estado avançado de deterioração, componentes soltos etc) que impossibilitem ou afetem a medição dos gases de escapamento.

Alterações nos itens de controle de emissão: alterações visualmente perceptíveis (ausência, inoperância e estado avançado de deterioração) de componentes e sistemas de controle de emissão.

Centros de Inspeção: locais construídos e equipados com a finalidade exclusiva de inspecionar a frota de veículos em circulação de modo seriado, quanto à emissão de poluentes, ruído e segurança.

CO: monóxido de carbono contido nos gases de escapamento.

CO e HC corrigido: valores de CO e HC corrigidos conforme a expressão:

$$X_{\text{ corrigido}} = \frac{15}{(\text{CO} + \text{CO}_2)_{\text{ medido}}} \cdot X_{\text{ medido}}$$

onde X = CO ou HC

CO₂: dióxido de carbono contido nos gases de escapamento.

Descontaminação do óleo de cárter: procedimento utilizado para que os gases contaminantes do óleo do cárter sejam recirculados através do sistema de recirculação dos gases do cárter e queimados na câmara de combustão.

Diluição: somatória das concentrações de monóxido de carbono e dióxido de carbono dos gases de escapamento, em porcentagem de volume.

Estágio inicial do programa: período estabelecido pelos órgãos estaduais e municipais competentes, diretamente responsáveis pelo Programa de I/M, para a sua adequação operacional e conscientização do público, caracterizado por um prazo normalmente não superior a 24 meses a partir do início efetivo das inspeções.

Fumaça visível: produtos de combustão, visíveis a olho nú, compostos por partículas de carbono, óleo lubrificante e combustível parcialmente queimado, excetuando-se o vapor de água.

Funcionamento irregular do motor: condição de operação caracterizada por uma nítida instabilidade da rotação de marcha lenta e/ou quando o motor do veículo só opera mediante o acionamento do afogador ou do acelerador.

Gás combustível: combustível gasoso, utilizado em motores de combustão interna, tal como gás natural, gás liquefeito de petróleo ou biogás.

Gás de escapamento: substâncias emitidas para a atmosfera provenientes de qualquer abertura do sistema de escapamento.

HC: combustível não queimado contido nos gases de escapamento, formado pelo total de substâncias orgânicas, incluindo frações de combustível e subprodutos resultantes da combustão presentes no gás de escapamento.

I/M: Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, caracterizados pela inspeção periódica da emissão de poluentes atmosféricos e ruído.

I/M Integrado: Programa de I/M que além de itens relacionados com a emissão de poluentes atmosféricos e ruído, inspeciona também aqueles relacionados com a segurança veicular.

Item de controle de emissão: componente e sistema desenvolvido especificamente para o controle de emissão de poluentes e/ou ruído. Considera-se como tal o conversor catalítico (catalisador), os sistemas de recirculação de gases do cárter e de escapamento, o sistema de controle de emissões evaporativas e outros, a critério do órgão responsável pelo Programa.

Marcha Lenta: regime de trabalho em que a velocidade angular do motor especificada pelo fabricante deve ser mantida durante a operação do motor sem carga e com os controles do sistema de alimentação de combustível, acelerador e afogador, na posição de repouso.

Mistura-ternária: mistura combustível formulada para a substituição do etanol hidratado,

composta de 60% de etanol hidratado, 33% de metanol e 7% de gasolina.

Opacidade: absorção de luz sofrida por um feixe luminoso ao atravessar uma coluna de gás de escapamento, expressa em porcentagem entre os fluxos de luz emergente e incidente.

Vazamentos: vazamentos de fluídos do motor e do sistema de alimentação de combustível.

ANEXO 2

**Tabela 1: LEGISLAÇÃO FEDERAL EM VIGOR SOBRE CONTROLE DA
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA VEICULAR**

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Lei nº 997	1976	Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente
Decreto nº 8468	1976	Aprova o regulamento da Lei 997/76, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente
Decreto nº 79.134	1977	Regulagem de motor a óleo diesel
Resolução CONTRAN nº 510	1977	Circulação e fiscalização de veículos automotores diesel
Portaria do Ministério do Interior nº 100	1980	Emissão de fumaça por veículos movidos a óleo diesel
Lei nº 6.938	1981	dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, mais especificamente nos arts. 3º, III, que conceitua poluição e 8º, VI que estabelece, privativamente, normas e padrões nacionais de controle da poluição por veículos automotores, aeronaves e embarcações, mediante audiência dos Ministérios competentes
Portaria do Ministério do Interior SACT / CPAR nº 001	1981	Orientação aos órgãos estaduais de controle de poluição e as empresas de transporte de cargas e passageiros para atendimento da Portaria Minter 100/80
Resolução CONAMA nº 10	1984	Dispõe sobre medidas destinadas ao controle da Poluição causada por Veículos Automotores.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 18	1986	Institui em caráter nacional o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE.
Resolução CONMETRO nº 001	1987	Aprova o Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores - PROVEM
Portaria do Ministério da Indústria e Comércio nº 164	1988	Transfere para o INMETRO as competências da extinta STI - Secretaria de Tecnologia Industrial
Resolução CONAMA nº 04	1988	Dispõe sobre prazos para controle de emissão de gases do cárter de veículos do ciclo diesel.
Resolução CONAMA nº 06	1988	Dispõe sobre o controle de resíduos industriais, sobre a elaboração e divulgação das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, os sistemas de alimentação de combustível, e ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído
Resolução do Conselho Nacional de Petróleo nº 01	1989	Especificações da gasolina padrão para ensaios de consumo e emissões
Resolução CONAMA nº 03	1989	Dispõe sobre níveis de Emissão de aldeídos no gás e escapamento de veículos automotores.
Resolução CONAMA nº 04	1989	Dispõe sobre níveis de Emissão de Hidrocarbonetos por veículos com motor a álcool. Encaminha ao IBAMA propostas de métodos para determinação do etanol; declaração dos valores típicos de emissão de hidrocarbonetos.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 05	1989	Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR
Portaria IBAMA nº 1937	1990	Normas sobre controle da poluição ambiental para veículos importados para comercialização e uso no território nacional.
Resolução CONAMA nº 03	1990	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.
Resolução CONAMA nº 08	1990	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.
Portaria do Departamento Nacional de Combustíveis nº 23	1992	Fixação do teor de álcool anidro na gasolina "C" em todo o território nacional
Resolução CONAMA nº 06	1993	Estabelece prazo para os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores disporem de procedimentos e infra-estrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído.
Resolução CONAMA nº 07	1993	Define as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 08	1993	Complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
Lei nº 8.723	1993	Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores. Estabelece limites para os níveis de emissão de gases para os veículos novos.
Resolução CONAMA nº 16	1993	Ratifica os limites de emissão, os prazos e demais exigências contidas na Resolução CONAMA nº 018/86, que institui o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores - PROCONVE, complementada pelas Resoluções CONAMA nº 03/89, nº 004/89, nº 06/93, nº 07/93, nº 008/93 e pela Portaria IBAMA nº 1.937/90; torna obrigatório o licenciamento ambiental junto ao IBAMA para as especificações, fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis e sua formulação final para uso em todo o país.
Resolução CONAMA nº 09	1994	Estipula prazo para que os fabricantes de veículos automotores leves e equipados com motores a álcool declarem ao IBAMA e aos órgãos técnicos designados, os valores típicos de emissão de hidrocarbonetos diferenciando os aldeídos e os alcoóis em todas as suas configurações em produção.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 15	1994	Estabelece a obrigatoriedade da elaboração pelos órgãos ambientais estaduais de um Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso - PCPV para a implantação de Programas de I/M
Resolução CONAMA nº 16	1994	Fixa novos prazos para o cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 008/93.
Portaria DNC nº 23	1994	Dispõe sobre o consumo de óleo diesel como combustível nos veículos de passageiros, de carga e de uso misto, nacionais e importados.
Portaria DNC nº 42	1994	Estabelece Método de Ensaio para determinação do teor de álcool etílico anidrocombustível (AEAC) existente na mistura gasolina automotiva tipo "C" e revoga a Portaria CNP/DIRAB No. 209/81
Resolução CONAMA nº 27	1994	Fixa novos prazos para cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
Resolução CONAMA nº 14	1995	Fixa prazo para os fabricantes de veículos automotores leves de passageiros equipados com motor do Ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do Mercosul, apresentarem ao IBAMA um programa trienal para execução de ensaios de durabilidade por agrupamento de motores.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 15	1995	Estabelece nova classificação de veículos automotores, para controle de emissão veicular de gases, material particulado e evaporativa, considerando os veículos importados.
Resolução CONAMA nº 16	1995	Fixa novos prazos para o cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados, determinando homologação e certificação de veículos novos do ciclo Diesel quando ao índice de fumaça em aceleração livre.
Resolução CONAMA nº 18	1995	Determina que a implantação de I/M somente poderá ser feita após a elaboração de um Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso - PCPV, que caracterize, de forma clara e objetiva, as medidas de controle, as regiões priorizadas e os seus embasamentos técnicos e legais, elaborado conjuntamente pelos órgãos ambientais, estaduais e municipais.
Portaria IBAMA nº 86	1996	Regulamenta os procedimentos para importação de veículos automotores e motocicletas quando aos requisitos do PROCONVE.
Resolução CONAMA nº 20	1996	Define os itens de ação indesejável, referente a emissão de ruídos e poluentes atmosféricos.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 226	1997	Estabelece limites máximos de emissão de fuligem de veículos automotores. Confirma a FASE IV prevista na Resolução CONAMA nº 008/93 e de outras providências.
Resolução CONAMA nº 227	1997	Regulamenta a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso I/M.
Resolução CONAMA nº 229	1997	Regulamenta o uso de Substâncias Controladas que destroem a Camada de Ozônio.
Resolução CONAMA nº 230	1997	Proíbe o uso de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de ruído e poluentes.
Portaria IBAMA nº 167	1997	Dispõe sobre procedimentos administrativos do PROCONVE.
Lei nº 9.605	1998	A Lei que trata dos crimes ambientais.
Resolução CONAMA nº 241	1998	Estabelece limites máximos de emissão de poluentes.
Resolução CONAMA nº 242	1998	Estabelece limites máximos de emissão de poluentes. Harmoniza o PROCONVE com o MERCOSUL.
Resolução CONAMA nº 251	1999	Estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para serem utilizados nos Programas de I/M, referentes a veículos do ciclo Diesel.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 252	1999	Estabelece, para os veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso.
Resolução CONAMA nº 256	1999	Estabelece regras e mecanismos para inspeção de veículos quanto às emissões de poluentes e ruídos, regulamentando o Art. 104 do Código Nacional de Trânsito.
Resolução CONAMA nº 267	2000	Proibição de substâncias que destroem a camada de ozônio.
Resolução CONAMA nº 282	2001	Estabelece os requisitos para os conversores catalíticos destinados a reposição, e dá outras providências.
Resolução CONAMA nº 291	2001	Regulamenta os conjuntos para conversão de veículos para o uso do gás natural e dá outras providências.
Resolução CONAMA nº 299	2001	Estabelece os procedimentos para elaboração de relatórios para o controle das emissões dos veículos novos produzidos e/ou importados.
Resolução CONAMA nº 297	2002	Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos.
Resolução CONAMA nº 299	2002	Estabelece procedimentos para elaboração de relatório de valores para o controle das emissões dos veículos novos produzidos e/ou importados.
Resolução CONAMA nº 301	2002	Altera dispositivos da Resolução nº 258/99, que dispõe sobre Pneumáticos.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 315	2002	Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares - PROCONVE.
Resolução CONAMA nº 319	2002	Dá nova redação a dispositivos da Resolução CONAMA nº 273/00, que dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços.
Instrução Normativa IBAMA nº 13	2002	Institui o Termo de Referencia para Habilitação de Agente Técnico para a execução de comprovação de conformidade junto ao PROCONVE.
Instrução Normativa IBAMA nº 15	2002	Dispõem sobre a obtenção da Certificação de Conformidade de Conjunto de Componentes do Sistema de Gás Natural, nacionais e importados, junto ao PROCONVE.
Instrução Normativa IBAMA nº 17	2002	Dispõe sobre a obtenção da Licença para o uso da Configuração de ciclomotores, motocicletas e veículos similares, nacionais ou importados, junto ao PROMOT.
Instrução Normativa IBAMA nº 25	2002	Institui o Selo de Homologação do PROCONVE/PROMOT, para atendimento, pelos fabricantes e importadores de veículos automotores.
Instrução Normativa IBAMA nº 28	2002	Estabelece procedimentos para realização de ensaios de emissão para fins de homologação de veículos movidos a mistura Gasolina/Alcool.
Resolução CONAMA nº 321	2003	Dispõe sobre alteração da Resolução CONAMA nº 226/97, que trata sobre especificações do óleo diesel comercial, bem como das regiões de distribuição.

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 342	2003	Estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, em observância à Resolução CONAMA nº 297/02.
Instrução Normativa IBAMA nº 13	2004	Institui Termo de Referência para Agente Técnico Conveniado para o PROCONVE.
Instrução Normativa IBAMA nº 15	2004	Regulamenta os procedimentos para a utilização de GNV em veículos automotores.
Instrução Normativa IBAMA nº 17	2004	Regulamenta os procedimentos para a implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares – PROMOT.
Instrução Normativa IBAMA nº 25	2004	Institui o Selo de Homologação do PROCONVE/PROMOT e regulamenta os procedimentos para sua utilização. Instrução Normativa IBAMA nº 28 - Regulamenta os procedimentos para a homologação de veículos automotores rodoviários movidos a qualquer percentual da mistura Álcool Etílico Hidratado Carburante (AEHC) e Gasolina "C".
Instrução Normativa IBAMA nº 53	2004	Complementa a Instrução Normativa nº 25 referente à aplicação dos Selos do PROCONVE e PROMOT.
Instrução Normativa IBAMA nº 54	2004	Regulamenta os procedimentos para a medição do poluente NMHC referido na Resolução CONAMA nº 315/02.
Instrução Normativa IBAMA nº 55	2004	Regulamenta o método e procedimentos para a realização dos ensaios ESC e ELR para medição das emissões em veículos pesados dos ciclos Diesel e Otto(usando GNV).

Continuação da Tabela 01

INSTRUMENTO LEGAL	ANO	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 354	2004	Regulamenta os requisitos para adoção de sistemas OBD nos veículos automotores leves objetivando preservar a funcionalidade dos sistemas de controle de emissão
Resolução CONAMA nº 362	2005	Dispõe sobre o Rerrefino de Óleo Lubrificante.