



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Mestrado em Engenharia Ambiental



AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS CAUSADAS POR MOTOCICLETAS  
NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DO USO DE  
TRAÇÃO ELÉTRICA NESTES VEÍCULOS

Daisy Lucid Duarte

Orientador: Luiz Artur Pecorelli Peres, D.Sc.

Co-orientador: Júlio Domingos Nunes Fortes, D.Sc.

Rio de Janeiro

Abril de 2006

AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS CAUSADAS POR MOTOCICLETAS  
NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DO USO DE  
TRAÇÃO ELÉTRICA NESTES VEÍCULOS

Daisy Lucid Duarte

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada por:

---

Prof. Luiz Artur Pecorelli Peres, D.Sc. (PEAMB/UERJ)

---

Prof. Júlio Domingos Nunes Fortes, D.Sc. (PEAMB/UERJ)

---

Prof. Gandhi Giordano , D.Sc. (PEAMB/UERJ)

---

Prof. Ubirajara Alúzio de Oliveira Mattos, D.Sc.  
(PEAMB/UERJ)

---

Prof. Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.  
UFRJ

Rio de Janeiro  
Abril de 2006

DUARTE, DAISY LUCID

Avaliação das Emissões Atmosféricas Causadas por Motocicletas no estado do Rio de Janeiro e Benefícios Ambientais do Uso de Tração Elétricas nestes Veículos.[Rio de Janeiro].2006.

xiv 126 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial, 2006)

Dissertação – Universidade do estado do Rio de Janeiro - UERJ

- 1) Poluição Atmosférica
  - 2) Avaliação das Emissões Atmosféricas
  - 3) Motocicletas Elétricas
  - 4) Veículos a Combustão Interna
- I. FEN/UERJ II. Título (série)

Aos meus Filhos Ranah e Kaleb e meu marido. Pelas longas horas de paciência pela minha ausência que foram impostas durante a realização deste trabalho e o incentivo que me deram quando os obstáculos pareciam difíceis de serem transpostos.

## AGRADECIMENTO

Ao meu orientador, Professor Luiz Artur Pecorelli Peres pela influência fundamental para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos que incentivaram e me ajudaram a chegar ao fim desta caminhada

## RESUMO

Avaliação das Emissões Atmosféricas Causadas por Motocicletas no Estado do Rio de Janeiro e Benefícios Ambientais do Uso de Tração Elétrica nestes Veículos

A poluição atmosférica é um sério problema para os centros urbanos e que vem se agravando ao longo dos anos. No Brasil, as emissões atmosféricas cresceram rapidamente nas regiões metropolitanas, comprometendo a qualidade de vida de seus habitantes. Este cenário é na sua maior parte acentuada em decorrência da presença de veículos automotores a combustão interna. Tendo em vista o aumento crescente do número de motocicletas nestas regiões motivado pelos menores custos e a busca de uma maior mobilidade no tráfego, muitas vezes passa despercebido que por não sendo as mesmas, na sua grande maioria, equipadas com catalisadores, apresentam fatores de emissão maiores do que os veículos leves, representando assim, um grande impacto a ser estudado. O trabalho em pauta teve como objetivo avaliar as emissões destes veículos no Estado do Rio de Janeiro e também estabelecer prognósticos e tendências dos cenários visualizados. Os resultados encontrados indicam a eficácia das regulamentações previstas pelo PROMOT (Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares) no sentido de reverter o processo crescente de emissões a que estaria submetida a população. De maneira complementar, através da metodologia desenvolvida, foi verificado que a introdução de motocicletas elétricas no mercado brasileiro é bem-vinda e propícia, visto que é possível, mediante políticas públicas adequadas de incentivo a esta tecnologia, acelerar a melhoria da qualidade de vida e diminuir os custos dos danos sociais causados pela poluição do ar. Além disto, evidenciaram a necessidade da inclusão das emissões das motocicletas nos cálculos dos inventários pois é significativa a sua influência no que se refere principalmente ao monóxido de carbono.

Palavras Chaves: Poluição Atmosférica, Avaliação das Emissões Atmosféricas, Motocicletas Elétricas, Veículos a Combustão Interna.

## ABSTRACT

Evaluation of the Atmospheric Emissions Caused by Motorcycles in the State of Rio de Janeiro and Ambient Benefits of the Use of Electric Traction in these Vehicles

The atmospheric pollution is a serious problem for the urban centers and it is getting worse throughout the years. In Brazil, the atmospheric emissions had quickly grown in the metropolitan regions, compromising the life quality. This situation is in the main part as a consequence from the great number of existent internal combustion vehicles. In view of the increasing number of motorcycles in those regions in order to get better mobility in the traffic as well smaller costs, it goes unnoticed that the majority of them are not equipped with catalyzers and therefore their emission factors are bigger than for small cars representing an important impact to be studied. The objective of this work is to evaluate the motorcycle emissions in the Rio de Janeiro State and also to establish prognostics and trends for the foreseen scenarios. The results indicate the effectiveness of the regulations imposed by PROMOT (Air Pollution Control Program of Control for Motorcycles and Similar Vehicles) in order to revert the air emissions growth that the population would be submitted. In addition, through the developed methodology, it was verified that the introduction of electric motorcycles in the Brazilian market is welcome and propitious, since is possible by means of adequate public politics and incentive to this technology to speed up the life quality improvement and to diminish the social damages costs caused by the air pollution.

Key words: air pollution, air emissions evaluation, electric motorcycles, internal combustion vehicles.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Gráfico das vendas no Mercado Interno Brasileiro por Faixa de Cilindradas.....	2
Figura 2.1.1 Interação das Fontes de Poluição e Atmosfera.....	9
Figura 2.2.1 Contribuição das Fontes de Poluição.....	16
Figura 2.2.2 Comparação entre Emissões de Poluentes por Fontes Fixas e Móveis.....	17
Figura 2.3.1 Ilustração do Fenômeno de Inversão Térmica.....	20
Figura 2.5.1 Ilustração de um Chassi.....	26
Figura 2.5.2 Ilustração do Sistema de Freios.....	27
Figura 2.5.3 Sistema de Suspensão.....	27
Figura 2.5.4 Motor de Quatro Tempos.....	28
Figura 2.5.5 O Sistema de Transmissão.....	28
Figura 2.5.6 Sistema de Combustível.....	29
Figura 2.5.7 Partida Elétrica.....	30
Figura 2.5.8 Bateria.....	30
Figura 2.5.9 Faróis, Setas.....	30
Figura 2.5.10 Componente Básico dos Motores.....	32
Figura 2.5.11 Ciclo do Motor de Dois Tempos.....	33
Figura 2.5.12 Ciclo do Motor de Quatro Tempos.....	34
Figura 2.5.13 Vendas de Motocicletas de 1979 a 2005.....	36
Figura 3.1.1 Gabarito da Posição do Microfone para avaliação do Nível de Ruído.....	42
Figura 5.3.1 Gráfico das Emissões de CO, HC e CO <sub>2</sub> .....	72
Figura 5.3.2 Inventário das Emissões do NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> e MP dos Anos de 2002, 2003 e 2004 para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro.....	73
Figura 5.3.3 Gráfico de Projeções de Emissões de CO c/FD dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.....	74
Figura 5.3.4 Gráfico de Projeções de Emissões de HC c/FD dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.....	74
Figura 5.3.5 Gráfico de Projeções de Emissões de NO <sub>x</sub> dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.....	74
Figura 5.3.6 Gráfico de Projeções de Emissões de SO <sub>x</sub> dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.....	75



Figura 5.3.7 Gráfico de Projeções de Emissões de MP dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.....	75
Figura 5.3.8 Gráfico de Projeções de Emissões de CO <sub>2</sub> dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.....	75
Figura 5.3.9 Gráfico de Projeções da Frota de Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 2002 a 2010.....	78
Figura 5.3.10 Gráfico do Inventário para CO c/FD, HC c/FD e CO <sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 2002 até o ano de 2010.....	80
Figura 5.3.11 Gráfico do Inventário para o NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> e MP para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 2002 até o Ano de 2010.....	80
Figura 5.3.12 Gráfico de Projeção do CO c/FD e CO <sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 1979 até o Ano de 2010.....	81
Figura 5.3.13 Gráfico de Projeção do HC c/FD para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 1979 até o Ano de 2010.....	81
Figura 5.3.14 Gráfico de Projeção do NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> e MP para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 1979 até o Ano de 2010.....	82
Figura 5.5.1 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o CO c/FD.....	85
Figura 5.5.2 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o HC c/FD.....	85
Figura 5.5.3 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o NO <sub>x</sub> .....	86
Figura 5.5.4 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o SO <sub>x</sub> .....	86
Figura 5.5.5 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o MP.....	87
Figura 5.5.6 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o CO <sub>2</sub> .....	87
Figura 5.7.1 Influência das Emissões dos Motociclos para o CO.....	91
Figura 5.7.2 Influência das Emissões dos Motociclos para o HC.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Fatores de Emissões Típicos (Veículos Leves e Motociclos).....	3
Tabela 2.1.1 Poluentes Monitorados, Origem das Emissões e Efeitos à Saúde.....	7
Tabela 2.1.2 Principais Fontes de Emissões como Poluentes do Ar e Substâncias Consideradas.....	8
Tabela 3.1.1 Limites do PROMOT para Ciclomotores.....	40
Tabela 3.1.2 Limites do PROMOT para Motociclos e Similares Novos.....	40
Tabela 3.1.3 Limites de Ruído para Motociclos e Similares.....	41
Tabela 3.4.1 Padrões de Qualidade do Ar para os Poluentes segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA).....	47
Tabela 3.4.2 Padrões de Qualidade do Ar. Resolução CONAMA nº 03 28/06/1990.....	49
Tabela 3.4.3 Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar – Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990.....	49
Tabela 4.3.1 Relação entre AF(Ano de Fabricação)e DMA(Distância Anual Percorrida).....	58
Tabela 5.1.1 Fatores de Emissão da Frota de Motociclos no Período de 1979 a 1987 em g/km.....	61
Tabela 5.1.2 Fatores de Emissão dos E.U.A e Europa.....	62
Tabela 5.1.3 Fatores de Emissão Adotados para 2004. (PROMOT) .....	62
Tabela 5.2.1 total de vendas e Frota de Referência de Motociclos do Estado do Rio de Janeiro.....	65
Tabela 5.2.2 Fatores de Participação e Frota Avaliada.....	66
Tabela 5.2.3 Fatores de Emissão para CO, HC, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , MP e CO <sub>2</sub> de Acordo com Ano de Fabricação (AF)dos Motociclos em g/km.....	67
Tabela 5.2.4 Inventário para o Ano de 2004 Valores em Toneladas de cada Substância.....	68
Tabela 5.2.5 Fatores de Deterioração Relativos ao CO e HC para o Inventário de 2004.....	70
Tabela 5.2.6 Emissão de CO e HC com Fator de Deterioração até o Ano de 2004.....	71
Tabela 5.3.1 Síntese das Emissões Totais em 2002, 2003 e 2004 Considerando FD para o CO e o HC .....	72

Tabela 5.3.2 Valores Médios dos Fatores de Emissão para a Segunda e Terceiras Fases do PROMOT.....	76
Tabela 5.3.3 Projeções da Frota de Motociclos do estado do rio de Janeiro Período de 1979 a 2010.....	77
Tabela 5.3.4 Fatores de Deterioração de 2005 até o Ano de 2010.....	78
Tabela 5.3.5 Emissões do CO c/FD, do HC c/FD, do NO <sub>x</sub> , do SO <sub>x</sub> , do MP e do CO <sub>2</sub> em Toneladas para os Motociclos do estado do Rio de Janeiro de 2005 até 2010.....	79
Tabela 5.3.6 Emissão do CO c/FD, do HC c/FD,NO <sub>x</sub> , do SO <sub>x</sub> , do MP e do CO <sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 2002 até o Ano de 2010.....	79
Tabela 5.3.7 Estimativas em Toneladas do CO c/FD, do HC c/FD, do NO <sub>x</sub> , do SO <sub>x</sub> , do MP e do CO <sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do Ano de 2002 até o Ano de 2010.....	79
Tabela 5.5.1 Penetração de Motocicletas Elétricas Consideradas a Partir do ano de 2007.....	83
Tabela 5.5.2 Projeções para Inventário das Emissões de Motociclos Convencionais no Estado do Rio de Janeiro do Ano de 2007 a 2010.....	84
Tabela 5.5.3 Projeções para Inventário de Emissões evitadas com a Introdução das Motocicletas Elétricas.....	84
Tabela 5.6.1 Custo da Doença Associada à Poluição Atmosférica Município de São Paulo.....	89
Tabela 5.6.2 Custo do Dano Social das Emissões de NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> e MP .....	89
Tabela 5.6.3 Custo Evitado de danos Sociais com a Penetração de Motocicletas Elétricas.....	90
Tabela 5.7.1 Contribuição das Emissões dos Motociclos nas Emissões por Fontes Móveis.....	91
Tabela 6.1 Tendências das Emissões em 2010 sem PROMOT em Toneladas por Ano (t/ano).....	93
Tabela 6.2 Tendências das Emissões em 2010 com PROMOT.....	93
Tabela 6.3 Tendências das Emissões de 2007 a 2010.....	94

## LISTA DE SÍMBOLOS

**cc** – centímetros cúbicos

**FEM** – fator de emissão

**g/km** – grama por quilômetro

$\lambda$  – Comprimento de onda

$^{\circ}\text{C}$  – Grau Celsius

**km** – quilômetros

$\mu\text{m}$  – micrômetros

$\text{cm}^3$  – centímetros cúbicos

**ppm** – partes por milhão

$\%V$  – porcentagem em volume

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  – micrograma por metro cúbico

**i** – substâncias avaliadas: CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub>

**j** – categoria veicular neste trabalho motocicletas

**kma** – distância acumuladas em quilômetros

**IC** – idade cronológica do veículo em anos

**AA** – ano de avaliação

**AF** – ano da fabricação

**DMA** – distância anual percorrida

**MO** – montante anual de emissões

**NV** – número de veículos

**d** = massa específica de combustível (gasolina) (g/l)  $d = 755 \text{ g/l}$

**S** = porcentagem em peso do enxofre no combustível

**C** = Consumo médio de combustível (km/l)

**M(SO<sub>2</sub>)** = massa molecular do SO<sub>2</sub> (64g)

**M(S)** = massa molecular do enxofre (32g)

**V<sub>AF</sub>** – número de motocicletas vendidas no ano de fabricação AF

**TV<sub>AA</sub>** – total de vendas de motocicletas

**FP** – fator de participação

**FM** – frota de motocicletas em cada ano

**FMR** – frota de motocicletas de referência

**FD** – fator de deterioração

**MA** – montante acumulado em t/ano de uma substância avaliada

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MOTOCICLETAS E AS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	5
2.1 Caracterização das Fontes de Poluição Atmosféricas e das Mudanças Climáticas.....	5
2.1.1 Reações Fotoquímicas na Troposfera.....	9
2.2 Os Principais Poluentes Atmosféricos Avaliados pelos Órgãos Ambientais.....	12
2.2.1 Material Particulado.....	12
2.2.2 Dióxido de Enxofre.....	13
2.2.3 Monóxido de Carbono.....	13
2.2.4 Oxidantes Fotoquímicos.....	13
2.2.5 Óxidos de Nitrogênio( $\text{NO}_x$ ), Ozônio e Compostos Orgânicos Voláteis (COVs).....	14
2.2.6 Hidrocarbonetos.....	15
2.3 Efeitos das Emissões Atmosféricas sobre o Meio ambiente.....	18
2.3.1 Aquecimento Global.....	18
2.3.2 Inversão Térmica.....	19
2.3.3 Chuva Ácida.....	20
2.3.4 A Poluição Atmosférica e Seus Efeitos Adversos Sobre a Saúde.....	21
2.4 Influências do Transporte Rodoviário nas Emissões Atmosféricas.....	24
2.5 O Impacto das Motocicletas e sua Utilização no Brasil.....	25
2.5.1 As Primeiras Motocicletas.....	25
2.5.2 Características Construtivas Básicas.....	26
2.5.3 História da Motocicleta no Brasil.....	30
2.5.4 O Funcionamento Básico da Motocicleta.....	31
2.5.4.1 Princípio da Operação do Motor de Dois Tempos.....	31
2.5.4.2 Motor de Quatro Tempos.....	33
2.5.5 As Tendências da Produção e da Venda de Motocicletas Convencionais no Brasil.....	34
2.5.6 Veículos Elétricos e Tendências.....	34
3. O CONTROLE DAS EMISSÕES E O PLANEJAMENTO DA GESTÃO DA QUALIDADE DO AR .....	39
3.1 Legislação Sobre o Controle de Emissões das Motocicletas e Órgãos Normativos.....	39
3.2 Homologação de Veículos.....	42

3.2.1 Homologação e Certificação de Configuração para Motocicletas.....	42
3.2.2 Dispensa da Licença de Uso de Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares, LCM.....	43
3.2.3 Veículos Modificados.....	44
3.3 O Exercício de Controle e o Papel das Vistorias.....	44
3.4 Planejamento da Gestão da Qualidade do Ar.....	45
4. AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES.....	52
4.1 Metodologias de Quantificação das Emissões Veiculares.....	52
4.2 Discussão sobre os Procedimentos de Obtenção de Inventários.....	54
4.3 Modelagem Matemática.....	56
4.3.1 Fator de Emissão.....	56
4.3.2 Avaliação Anual das Emissões de Forma Aproximada.....	58
5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES PARA A FROTA DE MOTOCICLETAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	60
5.1 Premissas e Hipóteses Consideradas.....	60
5.1.1 Fatores de Emissão.....	61
5.2 Frota Base.....	63
5.2.1 Fatores de Deterioração .....	68
5.3 resultados Encontrados com a Metodologia Proposta.....	71
5.3.1 Inventário de 2002, 2003, 2004 e Tendências.....	71
5.4 Análise e Prognósticos.....	82
5.5 Mudanças de Tendências com a Introdução das Motocicletas Elétricas.....	83
5.6 Custos Relacionados as Emissões Atmosféricas.....	88
5.7 Influências das Emissões das Motocicletas.....	90
CONCLUSÕES.....	93
RECOMENDAÇÕES.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	101

## CAPÍTULO 1

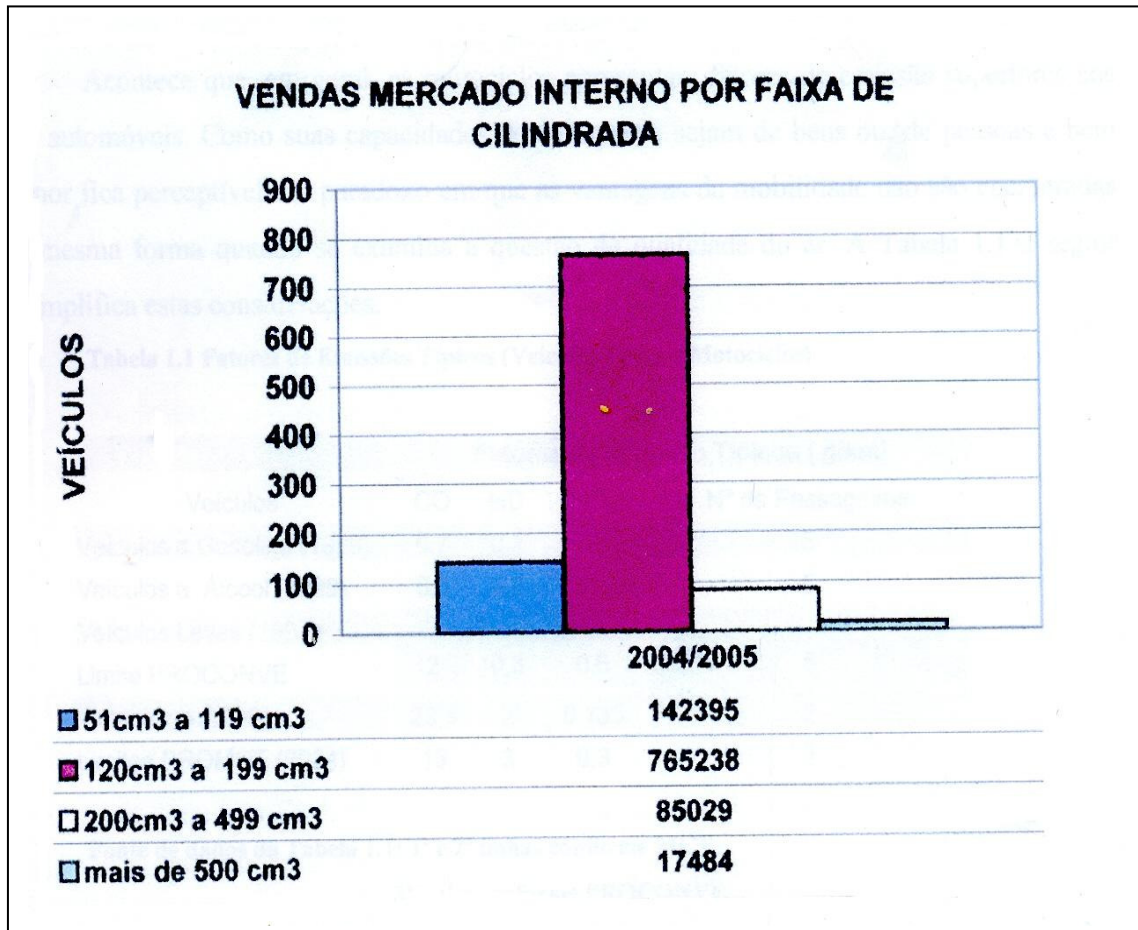
### INTRODUÇÃO

O transporte de bens e pessoas é fundamental para o desenvolvimento econômico, social de uma determinada região. Nos grandes centros urbanos onde a concentração de veículos é muito grande, este problema vem aumentando diariamente, provocando congestionamentos e perdas de horas que diminui, assim, a qualidade de vida. Desta forma, as pessoas são obrigadas a saírem de suas residências cada vez mais cedo para chegarem no horário nos seus destinos. Alia-se a esta situação um transporte público que nem sempre atende a demanda, e assim, tornando, atrativo o uso de motocicletas para que os seus usuários possam adquirir no trânsito uma mobilidade mais satisfatória no trânsito. Uma questão importante que envolve este cenário são as emissões atmosféricas decorrentes da utilização de motocicletas convencionais que funcionam com motores a combustão interna. No Brasil, constata-se com facilidade estes fatores. Todavia, há um outro bastante significativo: a renda de grande parte da população não é suficiente para aquisição do automóvel novo, e em muitos casos dá-se preferência a troca pela motocicleta com a qual os custos são bem menores. É grande a facilidade para a aquisição destes veículos, por meio dos consórcios que possuem prestações dentro da realidade brasileira, determinando que as categorias mais vendidas deste meio de transporte são aquelas da ordem de 125 cc o que corresponde a mais de 80% deste mercado no país. [CARVALHO<sup>1</sup>, 2005]

Segundo [FERNANDES, 2006], a maior quantidade de vendas no mercado interno brasileiro por faixa de cilindradas ocorre entre 120cm<sup>3</sup> a 199cm<sup>3</sup> como ilustrado na Figura 1.1.

Com o crescimento da ordem de 20% anual da frota de motocicletas nos últimos anos e sem que houvesse uma regulamentação específica, foi criado em fevereiro de 2002 o Programa de Controle de Motociclos e Similares – PROMOT que estabeleceu três fases, com a primeira fase iniciando em janeiro de 2003, a segunda fase iniciando em janeiro de 2006 a terceira fase iniciando em janeiro de 2009. Com a legislação vigente, as montadoras passam a introduzir mudanças de tecnologia para se adequar aos limites de emissão pré-estabelecidos

por essas fases, de forma a contribuir para reverter o quadro atual de degradação da qualidade do ar.



**Figura 1.1 - Gráfico das Vendas no Mercado Interno Brasileiro por Faixa de Cilindradas.**

**Fonte: Adaptação da Revista Magazine Motociclismo, 2006**

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia para avaliação das emissões dos motocicletas do Estado do Rio de Janeiro, visando dispor de inventários que possibilitem o estabelecimento de prognósticos. Para isto, foram considerados: o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), o material particulado (MP) e o gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Os efeitos adversos provocados pelas emissões destas substâncias englobam um número significativo de ramos da ciência, como: ecologia, biologia, engenharia, medicina, etc. Assim sendo, diariamente o homem, a



flora e a fauna vêm sendo expostas a uma carga excessiva dessas emissões sem muitas vezes sem se darem conta de que em diversos problemas a poluição do ar é o grande vilão.

Acontece que, em geral, as motocicletas apresentam fatores de emissão superiores aos dos automóveis. Como suas capacidades de transporte, sejam de bens ou de pessoas, é bem menor, fica perceptível um paradoxo em que as vantagens da mobilidade não são encontradas da mesma forma quando se examina a questão da qualidade do ar. A Tabela 1.1 a seguir comprova estas afirmações:

**Tabela 1.1 Fatores de Emissões Típicos (Veículos Leves e Motociclos)**

<b>Fatores de Emissão Típicos (g/km)</b>				
<b>Veículos</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Nº de Passageiros</b>
<b>Veículos a Gasolina (1999)<sup>(1)</sup></b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>5</b>
<b>Veículos a Álcool (1999)<sup>(1)</sup></b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>5</b>
<b>Veículos Leves (1997)</b>				
<b>Limite PROCONVE<sup>(2)</sup></b>	<b>2,0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>5</b>
<b>Motociclos (1999)<sup>(3)</sup></b>	<b>23,5</b>	<b>2,0</b>	<b>0,135</b>	<b>2</b>
<b>Limites PROMOT (2004)<sup>(4)</sup></b>	<b>13,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>

**Nota: (1) conforme MCT**

**(2) conforme PROCONVE**

**(3) conforme IPT**

**(4) conforme PROMOT**

Um outro ponto a ser ressaltado é que o Estado do Rio de Janeiro continua sendo a única unidade da federação que procura atender às resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), desde 1997, através da realização de vistorias, que incluem a análise das emissões do tubo de escape dos veículos. Esta iniciativa foi objeto do convênio então celebrado entre a Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (UERJ) o Departamento de Trânsito, (DETRAN-RJ) e a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA). Ao longo do tempo, diversos postos foram instalados com o objetivo de exercer o controle da poluição veicular. Ao lado destas inspeções há também a necessidade da avaliação dos

montantes das emissões de poluentes e gases de efeito estufa pelos órgãos de meio ambiente em conjunto com os de trânsito. Porém, neste campo encontram-se diversas lacunas uma vez que não há uma metodologia formalizada e, além disto, os motocicletos, em geral, não são abrangidos nos cálculos realizados. Ao mesmo tempo, o número de motocicletas vendido no mercado brasileiro praticamente alcançou o número de automóveis com mais de um milhão de unidades vendidas em 2005. [CARVALHO<sup>1</sup>, 2005]

A região norte do país possui um pólo industrial com um faturamento anual de US\$ 14 bilhões e concentra grande parte das montadoras de motocicletas. Apesar de distante do mercado consumidor, os incentivos fiscais fizeram com que desde a década de setenta se instalassem nesta região diversos fabricantes. As vendas de motocicletos no país nas regiões sul e sudeste respondem por 58,3%, seguidas pelo nordeste com 21,5%, pela região centro-oeste com 10,9% e a própria região norte com 9,3% [CARVALHO<sup>1</sup>, 2005]

O conteúdo do presente trabalho aborda no Capítulo 2 as emissões atmosféricas, em geral, com ênfase no impacto causado pelos motocicletos. No Capítulo 3 são tratadas as questões relativas ao controle das emissões das motocicletas e os aspectos de planejamento para sua gestão. O Capítulo 4 trata das metodologias de avaliação de emissões veiculares onde são discutidos os procedimentos e modelagem matemática. No Capítulo 5 é aplicada uma formulação para obter os inventários das emissões dos motocicletos do Estado do Rio de Janeiro no período de 2003 a 2004. Estes cálculos permitem verificar as tendências alarmantes do aumento das emissões caso nenhuma providência fosse tomada. Com base nas projeções da frota foram obtidos os inventários para o período de 2005 a 2010 levando em conta as prescrições do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT) e verificando-se, então a sua eficácia. Vale mencionar que os resultados obtidos quando confrontados com o estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) para a frota brasileira, utilizando outros critérios metodológicos, atestam a validade dos procedimentos deste trabalho, tendo em vista, a similaridade das conclusões estabelecidas.

Tendo em vista que a partir de 2006 há o ingresso de motocicletas elétricas no mercado brasileiro, foram analisados os benefícios ambientais desta tecnologia constatando-se uma aceleração significativa do processo de declínio das emissões da frota de motocicletos. Estes resultados permitem que no Capítulo 6, onde são apresentadas as considerações finais, seja recomendado o estabelecimento de políticas públicas visando o incentivo para uma maior penetração das motocicletas elétricas nas frotas futuras.

## CAPÍTULO 2

### MOTOCICLETAS E AS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

#### 2.1 Caracterização das Fontes de Poluição Atmosféricas e das Mudanças Climáticas.

A poluição atmosférica nos grandes centros urbanos é um dos problemas mais graves em termos de qualidade de vida. É resultado de fatores geográficos, climáticos e antropogênicos. Com a expansão da urbanização, as fontes multiplicaram-se e concentraram-se. O crescimento da frota motorizada agravou ainda mais o problema, mesmo em áreas não industrializadas.

Segundo a legislação brasileira, a poluição é definida, de um modo geral, pela Lei nº. 6938, de 31 de agosto de 1981, no art. 3º, como “A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente a) prejudiquem a saúde, a segurança, e 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”.

De acordo com a OCDE - "Organisation de Coopération et de Développement Économiques" – a poluição atmosférica pode ser definida como "a introdução, direta ou indiretamente, pelo homem na atmosfera, de substâncias ou energias que ocasionem consequências prejudiciais, de natureza a colocar em perigo a saúde humana, causar danos aos recursos biológicos e aos sistemas ecológicos ou perturbar as outras utilizações legítimas do meio ambiente”.

As fontes de poluentes atmosféricos podem ser classificadas em:

- a) Antropogênicas: Aquelas provocadas pela ação do homem através de atividades como indústria, transporte, geração de energia, etc. [LORA, 2000].
- b) Naturais: Causadas por processos naturais tais com emissões vulcânicas, processos microbiológicos, etc. [LORA, 2000].

Pode-se classificar os poluentes atmosféricos de acordo com sua origem em duas categorias:

- a) Primários: são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão. [CETESB<sup>1</sup>, 2004]
- b) Secundários: São aqueles formados na atmosfera através de reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera [CETESB<sup>1</sup>, 2004].

Assim, por exemplo, ocorre na formação do ozônio troposférico decorrente das reações fotoquímicas entre poluentes primários e luz solar. [LORA, 2000].

A qualidade do ar está restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para o seu acompanhamento. Os principais poluentes escolhidos servem de indicadores da qualidade do ar, e foram adotados universalmente em razão de sua frequência e de seus efeitos adversos, conforme lista a seguir:

- a) Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>).
- b) Partículas totais em suspensão (PTS).
- c) Partículas inaláveis (PI).
- d) Monóxido de carbono (CO).
- e) Oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio (O<sub>3</sub>).
- f) Hidrocarbonetos totais (HC).
- g) Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).

A Tabela 2.1.1 mostra os principais poluentes monitorados pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), órgão ambiental que atua no Estado do Rio de Janeiro, suas origens e efeitos à saúde.

De acordo com a [FEEMA, 2004] as fontes de poluentes são separadas em três grandes classes:

- a) Fontes Estacionárias

Representadas por dois grandes grupos: um abrangendo as atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como queimadas, lavanderias e queima de combustíveis nas padarias, hotéis, hospitais, tidos como fontes de poluição não industriais; e outro formado por

atividades individualmente significativas, em vista da variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição dos processos industriais e de produção de energia.

**b) Fontes Móveis.**

Compostas pelos meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre, em especial os veículos automotores que, pelo número e concentração, passam nas áreas urbanas a constituir fontes de destaque frente às outras. Esta fonte por suas características dispersa apresentam uma maior complexidade para seu controle, bem como para elaboração de inventários e prognósticos das emissões por elas provocadas. [FEEMA, 2004]

**Tabela 2.1.1 Poluentes Monitorados, Origem das Emissões e Efeitos à Saúde**

<b>Poluentes Monitorados</b>	<b>Fontes de Emissão</b>	<b>Efeitos à saúde</b>
<b>Partículas em Suspensão (poeira)</b>	<b>Combustão incompleta originada da indústria, motores à combustão, queimadas e poeiras diversas.</b>	<b>Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.</b>
<b>Partícula Inaláveis (MP10) e fumaça</b>	<b>Processo de Combustão(indústria e veículos automotores), aerossol secundário(formação na atmosfera)</b>	<b>Aumento de atendimentos hospitalares e morte prematura.</b>
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.</b>	<b>Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravando os sintomas da asma e da bronquite</b>

		<b>crônica. Afeta ainda outros órgãos sensoriais.</b>
<b>Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)</b>	<b>Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões, fornos e incineradores.</b>	<b>Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.</b>
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>Combustões incompletas de materiais que contenham carbono, como derivados de petróleo e Carvão.</b>	<b>Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.</b>
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	<b>Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.</b>	<b>Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.</b>

---

**Fonte: Adaptado de FEEMA, 2004.**

**Notas:**

1) Diversas fontes da literatura técnica consideram além do SO<sub>2</sub> outros óxidos de enxofre. Neste caso a denominação fica sendo SO<sub>x</sub>.

2) Os hidrocarbonetos totais em diversas fontes da literatura técnica são separados em metano (CH<sub>4</sub>) e os demais hidrocarbonetos, descontando-se o metano, denominados de HC (não metano).

3) Também vale comentar que algumas fontes da literatura técnica colocam os hidrocarbonetos numa denominação mais abrangente, COVs, isto é, Compostos Orgânicos Voláteis.

c) Fontes Naturais.

São os processos naturais de emissão caracterizados pela atividade de vulcões, do mar, da poeira cósmica, do arraste eólico, etc. [FEEMA, 2004].

A Tabela 2.1.2 mostra um resumo das Fontes de Emissões e suas Principais Substâncias Consideradas como Poluentes, para exemplificar o conteúdo descrito no texto.

**Tabela 2.1.2 Principais Fontes de Emissões como Poluentes do Ar e Substâncias Consideradas**

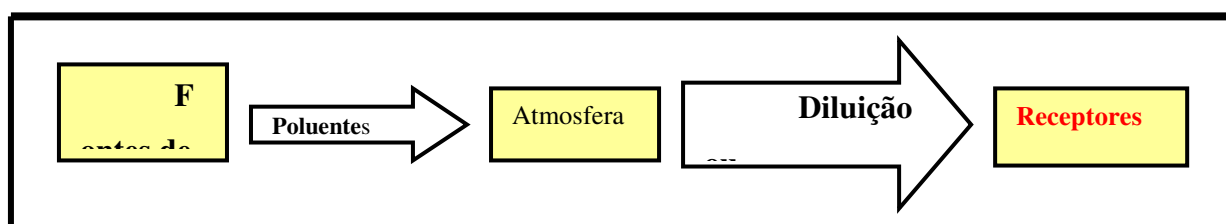
<b>Fontes</b>	<b>Poluentes</b>
<b>Combustão</b>	<b>Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.</b>
<b>Processo Industrial</b>	<b>Material particulado (fumos, poeiras e névoas), gases SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl, Hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H<sub>2</sub>S, NO<sub>x</sub>.</b>
<b>Queima de Resíduo sólido</b>	<b>Material particulado, gases- SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl, NO<sub>x</sub></b>
<b>Outros</b>	

**Fontes Estacionárias**

**Fontes Móveis****Veículos Gasolina/Diesel/Álcool****Aviões, Motocicletas, Barcos, Automóveis,****Caminhões, Etc.****Hidrocarbonetos e material particulado****Fontes Naturais****Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos.****Reações Químicas na Atmosfera****Ex: Hidrocarbonetos + Óxidos de Nitrogênio****(luz solar)****Material particulado - poeiras Gases – SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, NO, NO<sub>2</sub>, hidrocarbonetos****Poluentes Secundários – O<sub>3</sub>, aldeídos, ácidos orgânicos, Aerossóis fotoquímicos, etc.****Fonte: Adaptado FEEMA, 2004**

A interação das fontes de poluição e a atmosfera vão definir o nível de qualidade do ar. Para se medir a concentração de um poluente na atmosfera é necessário quantificar a exposição ao determinado poluente em relação aos agentes receptores (fauna, flora e materiais).

Sendo a atmosfera um local onde ocorrem reações químicas permanentemente, a concentração real dos poluentes no ar, depende tanto dos mecanismos de dispersão que variam com a topografia local como das condições meteorológicas. Estas características definem a qualidade do ar. A figura 2.1.1 abaixo ilustra estas interações.





---

Figura 2.1.1 Interação das Fontes de Poluição e Atmosfera

**Fonte: Adaptado de FEEMA, 2004.**

### 2.1.1 Reações Fotoquímicas na Troposfera.

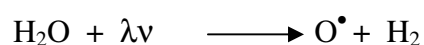
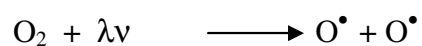
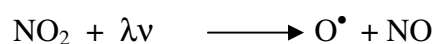
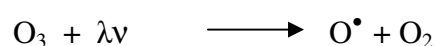
Sendo a troposfera urbana um reator onde ocorrem inúmeras reações fotoquímicas pode-se esperar que o comportamento dos poluentes atmosféricos se altere nas principais reações com a radiação solar. Estas reações são chamadas de fotólise e dependem na realidade da frequência e intensidade da radiação. As principais funções das reações fotoquímicas são produzir radicais livres, os quais iniciam outras reações. A relevância das reações fotoquímicas para a poluição é porque envolve o oxigênio, ozônio, alguns óxidos de nitrogênio e alguns aldeídos.

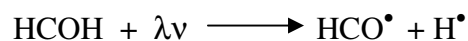
Radicais livres são fragmentos moleculares que iniciam as reações atmosféricas. Estes radicais livres são combinações de átomos ou compostos fragmentados, nos quais há um elétron livre para fazer a ligação. Alguns radicais de importância na poluição do ar: [HEINSOHN e KABEL, 1999].

- a)  $\text{OH}^\bullet$  (hidroxil)
- b)  $\text{HO}_2^\bullet$  (hidroxiperoxil)
- c)  $\text{CH}_3^\bullet$  (metil)
- d)  $\text{O}({}^1\text{D})^\bullet$  (oxigênio atômico)
- e)  $\text{H}^\bullet$  (hidrogênio atômico)

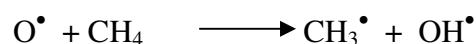
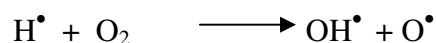
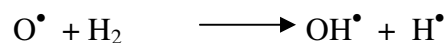
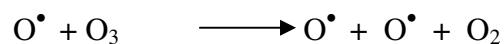
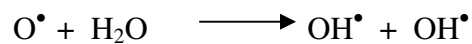
As reações iniciais na atmosfera são geralmente fotoquímicas. Elas dependem da altitude, temperatura e radiação (determinada pelo comprimento de onda). A seguir são apresentados um conjunto de reações que ocorrem na atmosfera:

1- Reações iniciais para formação de radicais (fotólise)



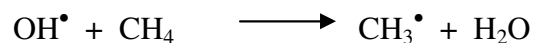
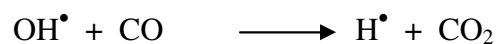
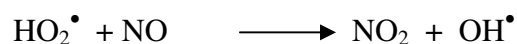
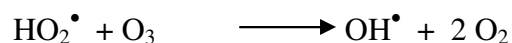
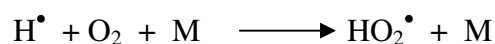
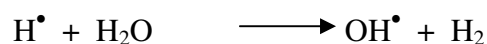
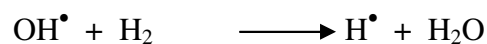


2- Reações de propagação consomem um radical livre e produzem dois radicais.

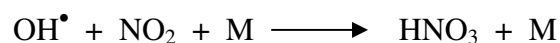
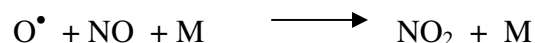
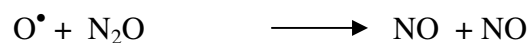
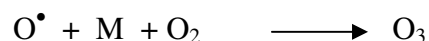
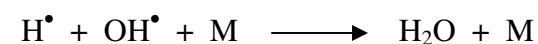


3- Reações ramificadas que consomem um radical e produzem outro radical.

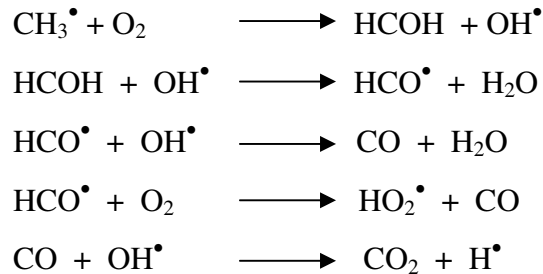
Nas reações a seguir M (é uma espécie molecular que participa na reação, mas não reage quimicamente).



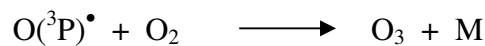
4- Reações finais que consomem radicais.



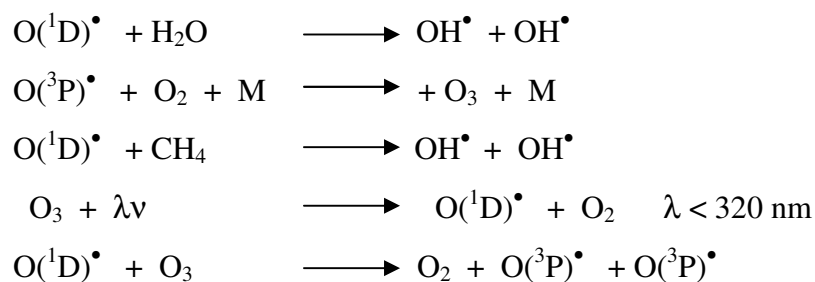
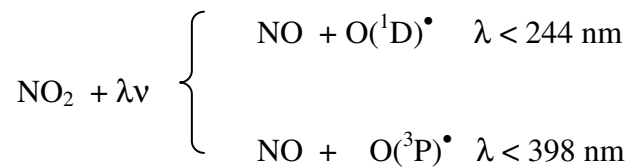
O radical metil ( $\text{CH}_3^\bullet$ ) reage com inúmeras espécies gerando o formaldeído ( $\text{HCOH}$ ), radical formil ( $\text{HCO}^\bullet$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):



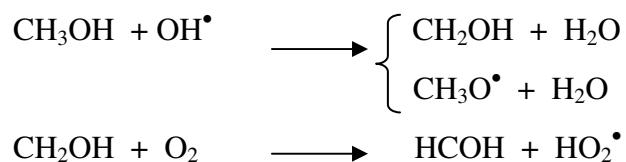
Na Troposfera a atmosfera é um reator onde o ozônio é formado primeiramente por reações fotolíticas do  $\text{NO}_2$ . O radical oxigênio reage com o  $\text{O}_2$ .

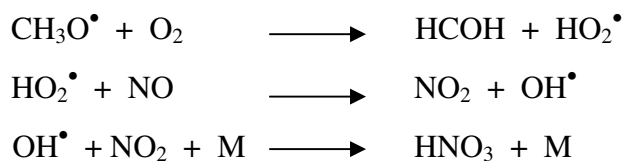


O radical  $\text{O}({}^1\text{D})^\bullet$  reage com o vapor d'água produzindo os radicais hidroxil ou com metano para formar o radical metil e radicais hidroxil.



O radical oxigênio  $\text{O}({}^1\text{D})^\bullet$  produzem radicais  $\text{OH}^\bullet$  os quais reagem com hidrocarbonetos na troposfera resultando na produção de  $\text{HNO}_3$ .





Estas reações na troposfera provocam o agravamento da qualidade do ar, principalmente, nos grandes centros urbanos.

## 2.2 Os Principais Poluentes Atmosféricos Avaliados pelos Órgãos Ambientais.

### 2.2.1 Material Particulado

Este poluente é formado por poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que fica suspenso na atmosfera, devido ao seu pequeno tamanho. São resultantes da queima incompleta de combustíveis e de seus aditivos, processos industriais e do desgaste de pneus e freios. Ocorre nas emissões provocadas por veículos a combustão interna, processo de industrialização e de produção de energia. De acordo com a [CETESB<sup>2</sup>, 2004], os efeitos dessas partículas podem variar muito em função de sua natureza química e de suas dimensões. Partículas grossas (>10µm) são retidas nas vias superiores do aparelho respiratório enquanto que as partículas menores podem atingir os alvéolos pulmonares. Algumas podem ainda se acumular nos pulmões, ocasionando doenças pulmonares causadas pela inalação de poeiras (pneumoconiose).

A presença de material particulado na atmosfera urbana diminui a radiação solar, aumenta a concentração de núcleos de condensação, que intensificam as precipitações, provoca o “smog” fotoquímico, que reduz a visibilidade, além de provocar sujeira nas superfícies de casas e edifícios, móveis e objetos e, muitas vezes, sua corrosão. Também serve de transporte para poluentes, como hidrocarbonetos(HC), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e metais, que se agregam às partículas. [CETESB<sup>2</sup>, 2004]

### 2.2.2 Dióxido de Enxofre.

Um dos componentes dos óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) é um gás incolor, de odor forte, que pode ser transformado em trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ). Este, reagindo com vapor de água, gera ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). É também precursor de sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis (as de diâmetro menor que  $10\ \mu\text{m}$ , que penetram mais profundamente no aparelho respiratório e que apresentam efetivamente mais riscos à saúde). São gerados principalmente por processos de queima de óleo combustível, refinarias de petróleo, veículos a diesel e a gasolina, indústria de papel e celulose. Causam desconforto e doenças respiratórias, agravando as enfermidades cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma ou doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao  $\text{SO}_2$ , que causa, também chuva ácida, corrosão em materiais e alvenaria, bem como, danos à vegetação natural e às colheitas [CETESB<sup>2</sup>, 2004].

### **2.2.3 Monóxido de Carbono**

É um gás incolor que resulta da queima incompleta de combustíveis. Os efeitos da exposição de seres humanos ao monóxido de carbono competem com o oxigênio no sangue. O monóxido de carbono compete com o oxigênio na combinação com a hemoglobina no sangue, uma vez que sua afinidade com este gás é 210 vezes maior do que oxigênio. Os sintomas de intoxicação são: desconforto físico, náuseas, dor de cabeça, tontura, perda de concentração. Dependendo da intensidade da exposição pode levar à morte em poucas horas ou minutos. [CETESB<sup>2</sup>, 2004].

### **2.2.4 Oxidantes Fotoquímicos**

É a denominação dada a mistura de determinados poluentes que, combinados com o oxigênio e forte incidência de luz solar, sofrem uma reação fotoquímica e produzem poluentes secundários. Os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, na presença de forte luz solar, podem formar o ozônio, principal poluente secundário, utilizado como parâmetros indicadores da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera, que a seguir são melhores detalhados.

### **2.2.5 Óxidos de Nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) , Ozônio e Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)**

O termo  $\text{NO}_x$  representa a combinação de monóxido e dióxido de nitrogênio,  $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ , respectivamente gases de exaustão resultantes da queima de combustíveis fósseis constituem-se, principalmente, de  $\text{NO}$ , que representa de 90 a 95% do total de  $\text{NO}_x$ , dadas às limitações cinéticas na oxidação do  $\text{NO}_2$ . A formação dos  $\text{NO}_x$  ocorre por três diferentes mecanismos fundamentais: (a) dissociação térmica e subsequente reação do nitrogênio e oxigênio moleculares presentes no ar de combustão (*thermal*  $\text{NO}_x$ ) em altas temperaturas; (b) evolução e reação do nitrogênio ligado ao combustível com oxigênio (*fuel*  $\text{NO}_x$ ) e (c) formação intermediária de ácido cianídrico ( $\text{HCN}$ ), seguido de sua oxidação para  $\text{NO}$  (*prompt*  $\text{NO}_x$ ). Carvão e óleos residuais possuem altos níveis de nitrogênio ligado ao combustível, formando o  $\text{NO}_x$  por todos os mecanismos. [LUCON, 2003].

O dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) é um gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos que por reações químicas contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera e compostos orgânicos tóxicos. É gerado por processos de combustão e relacionados com os veículos automotores, processos de termelétrica e a incineração. Causa um aumento da predisposição à asma e a bronquite e reduz a resistência a infecções, respiratórias. Leva, também, à formação da chuva ácida e danos à vegetação e colheitas. É produzido pela reação da radiação solar e compostos orgânicos voláteis (COVs), sendo precursor da formação do ozônio ( $\text{O}_3$ ) troposférico, que é um gás incolor, o principal componente da névoa fotoquímica, resultando na irritação dos olhos e vias respiratórias, com diminuição da capacidade pulmonar. O ozônio é associado ao aumento das internações hospitalares e a danos na vegetação [CETESB<sup>2</sup>, 2004].

Os COVs são emitidos através de processos evaporativos, da queima incompleta de combustíveis automotivos e em processos industriais. A formação do ozônio na troposfera depende da velocidade de fotólise do  $\text{NO}_2$  e da razão  $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ . Assim, se nenhum outro processo convertesse  $\text{NO}$  em  $\text{NO}_2$ , a concentração de ozônio não aumentaria significativamente. No entanto, na presença dos compostos orgânicos voláteis, as concentrações de ozônio aumentam, uma vez que o  $\text{NO}$  é convertido em  $\text{NO}_2$ , via formação de radicais livres, como descrita no item 2.1.1. A velocidade de formação do ozônio depende da quantidade e da reatividade de cada um desses compostos. Muitas reações químicas estão associadas a presença dos COVs na atmosfera. Além da complexidade do sistema de reações químicas, fatores meteorológicos e topográficos fazem com que os gases precursores emitidos sejam transportados a vários locais, às vezes distantes das fontes, resultando em níveis altos de ozônio em locais distintos da área onde ocorreram as emissões. A formação do ozônio

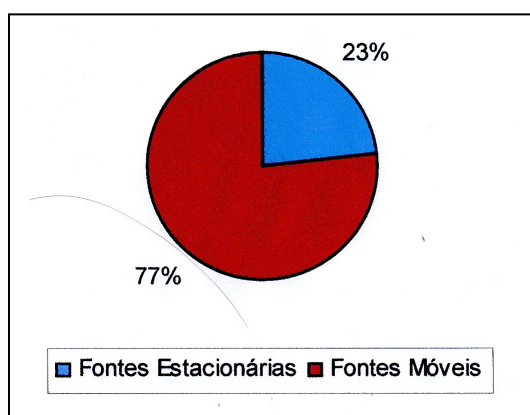
ocorre também, com menor velocidade de reação, devido à oxidação do monóxido de carbono, CO, na presença de óxidos de nitrogênio. De maneira geral, a formação do ozônio é limitada pelas concentrações de COVs e, ou, NO<sub>x</sub> presentes na atmosfera de uma região. O aumento da temperatura e da radiação solar incidente favorece a formação do ozônio na atmosfera, o que explica a mínima ocorrência de episódios críticos de poluição do ar nos meses mais frios do ano. Dias quentes, sem nuvens e secos, favorecem a formação do ozônio. No estado de São Paulo em relação à distribuição dos episódios durante os dias da semana, não há diferenças significativas entre dias úteis e finais de semana. Quanto aos COVs, o valor máximo de hidrocarbonetos não-metano (HCNM) coincide com os picos de tráfego associado à estabilidade atmosférica [CETESB<sup>2</sup>, 2004].

### 2.2.6 Hidrocarbonetos

São gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos voláteis. Diversos hidrocarbonetos como, por exemplo, o benzeno é um poluente que tem potencial cancerígeno e mutagênicos não havendo concentração ambiente totalmente segura. Participam ativamente das reações de formação do “smog” fotoquímico que, além da geração de oxidantes, como o ozônio, reduz a visibilidade ambiente. São irritantes: dos olhos, nariz, pele e trato respiratório. [CETESB<sup>2</sup>, 2004].

Os poluentes descritos nos itens anteriores são encontrados nos grandes centros urbanos e segundo os órgãos estaduais de meio ambiente na sua maioria são quantificados por meio de inventários que não levam em consideração as emissões naturais e nem as vias de tráfego não pavimentadas, cuja emissão de material particulado é significativa. Sendo assim, esta poluição é gerada unicamente por fontes móveis e fontes fixas. Levantamentos efetuados pela FEEMA indicam o percentual de cada uma dessas fontes monitoradas na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro conforme apresentado na Figura 2.2.1, onde se percebe a grande predominância da contribuição das fontes móveis que alcançaram 77%.

A partir dos resultados encontrados no trabalho em pauta constatou-se que esta avaliação pode ser considerada otimista uma vez que a emissão das frotas de motocicletas do estado do Rio de Janeiro não é desprezível e não foi considerada.



Janeiro não é desprezível

### Figura 2.2.1 Contribuição das Fontes de Poluição.

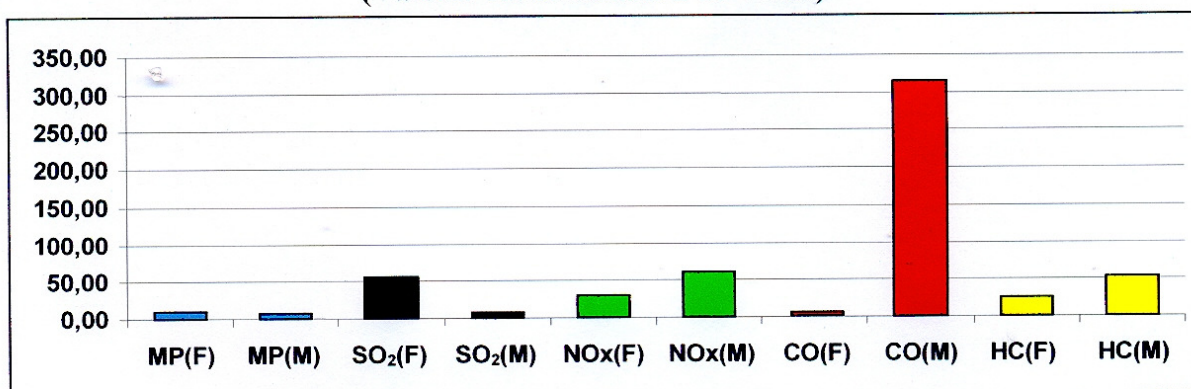
Fonte: FEEMA

De acordo com a comparação feita no inventário da FEEMA, no ano de 2004 sobre as duas fontes de poluentes analisadas, pode-se notar que 98% do monóxido de carbono emitido é provenientes das vias de tráfego, enquanto que o dióxido de enxofre, na sua maioria é emitido por fontes fixas com cerca de 88%. Com relação ao material particulado nota-se um equilíbrio entre as fontes de emissão, já que estes poluentes são característicos da queima de combustíveis fósseis mais pesados utilizados nas fontes fixas (óleos combustíveis) e pelas fontes móveis (diesel).

Já os óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos são provenientes da queima de combustíveis fósseis, porém a maior parte é devido a fontes móveis e mais precisamente os veículos leves, pelo seu grande número em circulação. A Figura 2.2.2 mostra a comparação entre as fontes móveis e as fontes fixas para os poluentes acima mencionados.

Há fortes indícios de que o crescente aumento de emissão na atmosfera, vem também gerando desequilíbrios que estão afetando o clima do planeta. Encontra-se nesta categoria a depleção da camada de ozônio e o aquecimento global. Entre os problemas que podem ser desencadeados citam-se catástrofes de alcance planetário que podem levar o planeta a se tornar inóspito ao homem. [MATTOS, 2001]

(Valores em toneladas x 10<sup>3</sup> / ano)

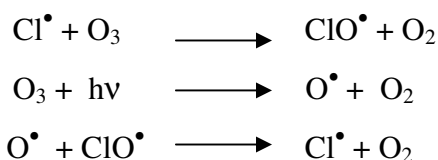
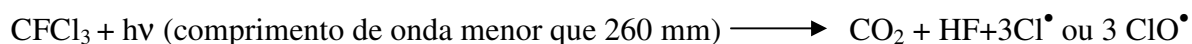




### Figura 2.2.2 Emissões por Tipo de Fonte de Acordo com a FEEMA/2004

Fonte: *Elaboração própria com base relatório da FEEMA/2004*

A depleção na camada de ozônio estratosférico vem sendo objeto de estudo desde meados da década de 70 do século passado quando Mario Molina e Sherwood Roland propuseram que os CFCs (Clorofluorcarbonos) substâncias produzidas pelo homem e utilizadas como elemento refrigerante, (por exemplo, em aparelhos de ar refrigerado) reagem quimicamente com o ozônio estratosférico destruindo-o. As reações de destruição do ozônio estratosférico podem ser observadas a seguir:



Os CFCs não são destruídos na troposfera por reações com radical hidroxila ( $\text{OH}^\bullet$ ) ou qualquer outro oxidante presente nesta camada da atmosfera. Somente acima de 25 km de altura da superfície da Terra onde existe radiação solar com potencial para destruir as moléculas de CFCs, conforme a primeira reação do conjunto anterior, essa reação de quebra libera átomos de cloro ( $\text{Cl}^\bullet$ ) e radicais de monóxido de cloro ( $\text{ClO}^\bullet$ ) que são poderosos catalisadores na destruição da camada de ozônio. O ciclo se completa com as demais reações do conjunto anterior. Essa depleção na camada de ozônio está causando graves problemas ambientais, como uma incidência maior dos raios ultravioleta causando problemas para o homem como câncer de pele ou queima da retina ocular entre outros problemas. [MATTOS,

2001]. Note que a formação de ozônio troposférico devido as emissões e a queima de combustíveis, é nociva ao meio ambiente, mas sua destruição em nível estratosférico pelos CFC's é também um impacto a ser evitado.

## **2.3 Efeitos das Emissões Atmosféricas Sobre o Meio Ambiente**

### **2.3.1 Aquecimento Global.**

É importante esclarecer a diferença entre Efeito Estufa (EE) e Gases de Efeito Estufa (GEE) que estão intimamente ligados entre si. O aquecimento global é o aumento potencial da temperatura média global resultante do aumento na concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, relacionados com as emissões antropogênicas, devido à queima de combustíveis fósseis, como carvão, gás natural, petróleo, queima da biomassa das florestas, o desmatamento, etc.

Já o efeito estufa é o aquecimento da superfície da Terra e da atmosfera devido à presença de gases que possuem propriedades de reter o calor permitindo a passagem da radiação solar, mas evita a liberação da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra. O efeito estufa natural que não foi desequilibrado por atividades antropogênicas, mantém a temperatura média na Terra em torno de 15°C. Se não houvesse este efeito estufa natural a temperatura média da Terra seria em torno de -18°C, o que impossibilitaria a água no estado líquido restringindo inúmeras formas de vida. [MATTOS, 2001].

### **2.3.2 Inversão Térmica.**

Trata-se de um fenômeno em que a ação dos poluentes do ar pode ser bastante agravada.

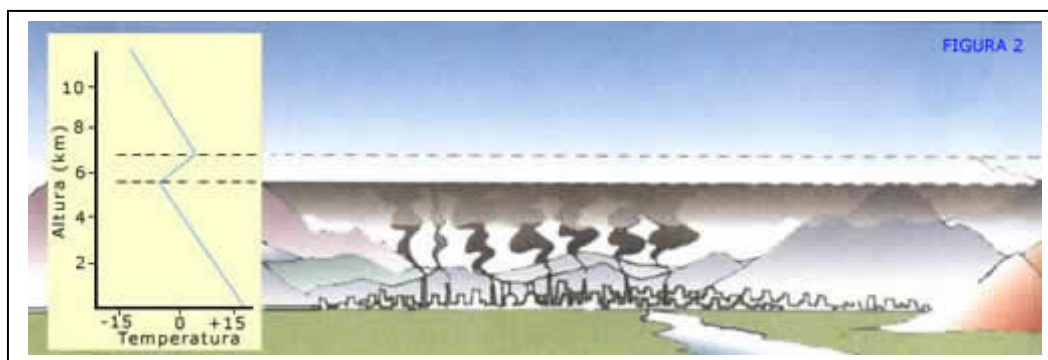
Em condições normais o ar próximo à superfície do solo está em constante movimento vertical, devido ao processo convectivo (correntes de convecção). A radiação solar aquece a superfície do solo e este, por sua vez, aquece o ar que o circunda; este ar quente é menos denso que o ar frio, desse modo, o mesmo sobe (movimento vertical ascendente) e o ar frio, mais denso, desce (movimento vertical descendente). O ar frio no que toca a superfície do solo recebe calor do mesmo, esquenta, fica menos denso, e então sobe, dando lugar a um novo

movimento descendente de ar frio. Este o ciclo se repete. O normal, portanto, é que se tenha ar quente numa camada próxima ao solo, ar frio numa camada logo acima desta e ar ainda mais frio em camadas mais altas, porém, em constantes trocas por correntes de convecção. Esta situação, colabora com a dispersão da poluição local.

Na inversão térmica, condições desfavoráveis podem, entretanto, provocar uma alteração na disposição das camadas na atmosfera. Geralmente, no inverno, pode ocorrer um rápido resfriamento do solo ou um rápido aquecimento das camadas atmosféricas superiores. Quando isso ocorre, o ar quente fica por cima da camada de ar frio, passando a funcionar como um bloqueio, não permitindo os movimentos verticais de convecção: o ar frio próximo ao solo não sobe porque é o mais denso e o ar quente que lhe está por cima não desce, porque é o menos denso. Acontecendo isso, as fumaças e os gases produzidos pelas chaminés e pelos veículos não se dispersam pelas correntes verticais. A cidade fica envolta numa “neblina” e conseqüentemente a concentração de substâncias tóxicas aumenta muito. O fenômeno é comum no inverno em grandes centros urbanos e merece uma atenção especial devido a elevada concentração de poluentes tóxicos diariamente despejados na atmosfera destas áreas.[TORRES e MARTINS, 2005]

Em conseqüência, aumentam os problemas de saúde [CETESB<sup>3</sup>, 2005]. Na Figura 2.3.1 pode-se observar como ocorre este fenômeno natural.





**Figura 2.3.1 Ilustração do Fenômeno de Inversão Térmica.**

**Fonte CETESB<sup>3</sup>, 2004**

### **2.3.3 Chuva Ácida.**

A chuva ácida é uma forma de poluição na qual poluentes principalmente o  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$  produzidos pela combustão de combustíveis fósseis são transportados a grandes distâncias na atmosfera, transformando-os em ácidos pelo contato com a água e depositados por precipitação em ecossistemas vulneráveis. Tais problemas adquirem características fronteiriças, as quais se estenderam mais tarde a outras substâncias poluentes regionais que participam no complexo conjunto de transformações químicas atmosféricas, como COVs,  $\text{O}_3$  e metais pesado. [LUCON, 2003]

De grande importância, vale mencionar a realização na cidade do Rio de Janeiro de um estudo sobre o comprometimento da atmosfera urbana desta cidade, em relação a poluentes primários como secundários, que foi desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal Fluminense (UFF) através de contrato com a Prefeitura Municipal de Meio Ambiente – SMAC, durante os anos de 2003 e 2004. Foi feito um monitoramento sistemático, semanal, durante um ano, das águas das chuvas na Cidade do Rio de Janeiro. Que consistia na preocupação do surgimento das chamadas chuvas ácidas, devido às inúmeras fontes de emissão de  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$ , na cidade do Rio de Janeiro e municípios vizinhos. A questão mereceu atenção por não se ter conhecimento de qualquer tipo de monitoramento prévio que pudesse esclarecer quanto aos níveis de qualidade do ar, bem como, se ocorrem ou não chuvas contaminadas por ácido sulfúrico e/ou ácido nítrico na cidade do Rio de Janeiro.

O objetivo do estudo foi o de esclarecer tais dúvidas e colher elementos para ações ambientais futuras. Sendo assim, ocorreu uma investigação sistemática do grau de acidez e condutividade das águas das chuvas coletadas neste período, além, das análises químicas dos seguintes parâmetros: amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). [MAIA e MELLO, 2004]

Um outro trabalho elaborado, também, com base em medições no Parque Estadual da Pedra Branca sobre a ocorrência de chuvas ácidas verificou-se que tal evento está relacionado aos processos de combustão e que o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) possui maior contribuição para acidificação das chuvas do que o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) neste local. [ABREU, 2005]

### **2.3.4 A Poluição Atmosférica e seus Efeitos Adversos sobre a Saúde.**

A partir da primeira metade do século XX, a poluição do ar passou a ser um grave problema nos centros urbanos industrializados, com a presença cada vez maior de automóveis que vieram somar com as indústrias, as fontes de poluição. Episódios de poluição excessiva levaram ao aumento do número de mortes em algumas cidades dos Estados Unidos e Europa. Um dos primeiros casos relatados ocorreu em 1930, no vale de Meuse, Bélgica, entre as cidades de Huy e Liège, uma região com grande concentração de indústrias, sendo siderúrgicas, metalúrgicas, centrais térmicas de produção de energia elétrica, minas de carvão entre outras indústrias, numa faixa de aproximadamente 20 quilômetros de comprimento. Nos cinco primeiros dias do mês de dezembro, condições meteorológicas desfavoráveis, com ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, que permaneceram estacionados sobre a região. Imediatamente, foi registrado um aumento do número de doenças respiratórias e um excesso de mortes (sessenta mortes) até dois dias após o início do episódio. [BRAGA, PEREIRA e SALDIVA, 2000]

Alguns anos após, ocorreu um episódio semelhante durante os cinco dias do mês de outubro de 1948 na cidade de Donora, Pensilvânia. Os produtos da combustão das indústrias locais permaneceram sobre a cidade devido à ocorrência de inversões térmicas, que impediram a dispersão dos poluentes, levando a morte de vinte pessoas.

O episódio mais clássico e grave acerca dos efeitos deletérios dos poluentes do ar foi em Londres. Durante o inverno de 1952, a inversão térmica impediu a dispersão dos poluentes devido à queima de carvão pelas indústrias e pelos aquecedores domiciliares. Em

consequência, uma nuvem de material particulado e enxofre com concentrações de até nove vezes maiores que a média de ambos ficou estacionada sobre a cidade por cerca de três dias levando a um aumento de quatro mil óbitos em relação a media em períodos semelhantes.

Depois destes desastres, estudos foram realizados e houve a preocupação dos governos dos países desenvolvidos em criar órgãos ambientais para estabelecerem normas e padrões sobre a poluição do ar e a saúde, desenvolvendo medidas para monitoramento e controle dos principais poluentes do ar. Hoje a poluição e a saúde são uma preocupação de todos os países. [BRAGA, PEREIRA e SALDIVA, 2000]

As principais fontes poluidoras do ar, que são os veículos automotivos e as indústrias estão presentes em todos os grandes centros urbanos. Nos últimos trinta anos, o melhor conhecimento das origens, composições comportamentos, interações, mecanismos de ação desses inimigos da saúde pública têm mobilizado esforços bem como diversos recursos tecnológicos e financeiros. Constata-se que aos carros de passeio, furgões, ônibus e caminhões juntaram-se as motocicletas, com grande concentração em centros urbanos, motivando o trabalho em pauta uma vez que os órgãos de meio ambiente ainda não contabilizam as emissões oriundas deste segmento.

Os estudos realizados mostraram efeitos significativos de morbidade e mortalidade associados aos poluentes do ar. Através das análises procedidas em diversos centros urbanos foi constatado:

1. as concentrações de poluentes atmosféricos em grandes cidades acarretam afecções agudas e crônicas no trato respiratório, mesmo em concentrações abaixo do padrão de qualidade do ar. A maior incidência de patologias tais como asma e bronquite, está associada com aumentos das concentrações de vários poluentes atmosféricos.
2. a mortalidade por patologia do sistema respiratório apresenta uma forte correlação com a poluição atmosférica.
3. as populações mais vulneráveis são as crianças, idosos, grávidas e aquelas que apresentam doenças respiratórias.
4. o material particulado inalável, com dimensão inferior a  $10\mu\text{m}$  e mais recentemente  $2,5\mu\text{m}$ , é apontado como o poluente mais freqüentemente relacionado com danos à saúde.
5. vários estudos demonstraram ocorrência de efeitos mórbidos em concentrações abaixo dos padrões de qualidade do ar.

6. a mortalidade por doenças cardiovasculares também tem sido relacionada à poluição atmosférica urbana, sendo novamente o material particulado inalável, o poluente freqüentemente associado. [BRAGA, SALDIVA e PEREIRA; 2000]

Na cidade do Rio de Janeiro segundo [DUCHIADE, 1992] a pesquisa realizada em 1979, revelou a existência de sintomas respiratórios em dois grupos de mulheres sadias residentes na Penha, bairro poluído principalmente, por intenso fluxo de veículos, e em Campo Grande, área na época, semi-rural, encontrando diferenças que atestam um efeito da poluição nas vias respiratórias, apesar do pequeno tamanho da amostra analisada (menos de 100 mulheres ao todo) [DUCHIADE, 1992]

No trabalho desenvolvido pela autora desta dissertação, sobre efeitos adversos da poluição na saúde pública, com título de: “Avaliação de BTEX em um CIEP na Baixada Fluminense e suas Implicações na Saúde e Meio Ambiente” foi analisado o ar de uma escola situada na Bacia Aérea III, onde a dispersão de poluentes é bastante deficiente e associada a uma grande ocupação urbano-industrial [FEEMA, 2004]. Devido à localização próxima às vias de intenso tráfego urbano foi constatado que o ar interior é o mesmo que o ar exterior de modo que a poluição gerada pelos veículos e a grande circulação e recirculação de material particulado são as principais fontes de poluição. Em relação aos COVs analisados que foram o benzeno, o etilbenzeno, o tolueno e os xilenos, as concentrações não estavam fora dos limites, com exceção do benzeno. Estas análises refletem as queixas de dor de cabeça, problemas respiratórios, e alergias.[DUARTE, 2004].

Uma das preocupações do governo são os custos sociais decorrentes dos danos da poluição atmosférica, pois se verifica que são enormes os prejuízos. Estudos realizados pelo Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pelo pesquisador Antonio Ponce de Leon, no qual o pesquisador chegou a conclusão que o número de internações ou mortes por problemas respiratórios no Rio de Janeiro aumenta até 40% devido a poluição atmosférica. Outro estudo conduzido pelo pesquisador da Universidade de São Paulo, Paulo Saldiva, estima que os gastos com enfermidades provocadas pelas emissões atmosféricas, em que a participação dos veículos convencionais é cerca de 80%, incluindo remédios, tratamentos, dias parados, etc., totalizando despesas para a sociedade superior a US\$ 300 milhões de dólares. [PECORELLI, PERES<sup>2</sup>; 2003]

#### **2.4 Influências do Transporte Rodoviário nas Emissões Atmosféricas.**

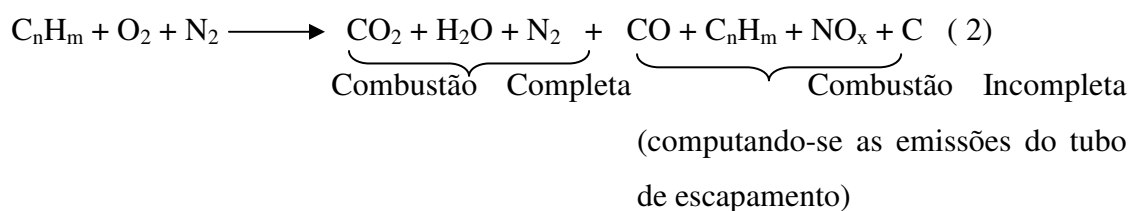
Os motores a combustão interna automotiva geram mais poluentes por unidade de combustível queimado que as fontes fixas. [LORA, 2000]

A reação de combustão completa, ideal, possui uma relação estequiométrica de consumo de ar-combustível onde haveria liberação de energia e consumo de oxigênio produzindo gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O).



Na combustão incompleta que representa melhor às condições reais a relação combustível-ar não é estequiométrica o que ocasiona uma queima incompleta com geração de poluentes. [DETRAN e FEEMA, 2001]

#### Combustão Incompleta



Os principais poluentes lançados pelas fontes móveis são provenientes da combustão incompleta, sendo em geral, quantificadas as emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC ou C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>), óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e material particulado. [FEEMA, 2004]

De acordo com a Agência Internacional de energia, cerca de 56% de todo o petróleo consumido no mundo destinam-se ao setor de transporte, o que faz deste o maior poluidor atmosférico e o principal responsável pelo aumento do efeito estufa. Os gases de exaustão emitidos pelos veículos automotores são considerados poluentes, a exceção do CO<sub>2</sub>. Entretanto, é considerado o principal gás agravante do aquecimento global. Como referência, de 1990 até o ano de 1998 as emissões de CO<sub>2</sub> pelo setor de transporte cresceram cerca de 17%, chegando, então a ser responsável por 23,7% das emissões mundiais deste gás. No setor de transporte no Brasil no ano de 1998 foi responsável pela emissão de 126,8 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, o que equivale à cerca de 55% do total emitido. [FRÓES, 2004].



Tendo em vista a importância da influência das emissões sobre o efeito estufa, devem ser computados também o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e o CH<sub>4</sub> (metano), sendo este subtraído dos hidrocarbonetos totais. Cada um desses poluentes é emitido em maior ou menor quantidade em função da regulagem do motor, da composição do combustível, do modo de pilotar e da manutenção feita pelo proprietário. Este trabalho aborda estes poluentes tendo em vista que as motocicletas, no Brasil em geral, utilizam gasolina, misturada com etanol anidro, em motores que operam de acordo com o ciclo Otto. Atualmente o teor de álcool na gasolina é de 25% de álcool anidro em todo país, de acordo com a Resolução CIMA (Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool) de 15 de maio de 2003.

## **2.5 O Impacto das Motocicletas e a sua Utilização no Brasil**

### **2.5.1 As Primeiras Motocicletas**

A partir do momento que a roda foi inventada, os veículos foram introduzidos como meio de locomoção e de carga com uma, duas, três, quatro e mais rodas.

A colocação de uma roda diante de outra roda e no meio delas um pedal e na roda dianteira uma manivela, deu origem a bicicleta, que teve uma aceitação imediata por dispensar a tração animal, além de ser leve e prática.

Ao se acrescentar a este conjunto um motor a combustão interna, a ele adaptado, surgiu então o primeiro protótipo de uma motocicleta.

As primeiras motocicletas funcionavam a vapor. Sua fabricação foi iniciada em 1885 por Gottlieb Daimler. Em 1900 nos Estados Unidos surgiram as motocicletas da marca “Indian” e “Thor” e em 1903 Harley e Davidson produziram a sua primeira motocicleta dando origem a lendária marca. [LEAR e MOSHER, 1977]

As motocicletas foram utilizadas na 1ª Guerra Mundial. Foi introduzido um acessório constituído por um reboque lateral designado como “sidecar” que permitia conduzir um passageiro sentado. Uma outra designação era “garupa dura”, pois não era equipada com suspensão traseira e, às vezes, nem a suspensão dianteira, tão somente grandes molas em espiral o assento era equipado com molas bastante grandes para melhorar o conforto do condutor. [LEAR e MOSHER, 1977]

Nas décadas de trinta e quarenta do século XX as motocicletas receberam poucas modificações. Na década de cinquenta foram introduzidos garfos telescópicos dianteiros e os

balancins traseiros receberam amortecimento hidráulico. Na década de sessenta chegaram no mercado às motocicletas japonesas com motor de dois e quatro tempos. [LEAR e MOSHER, 1977]

Outras inovações foram utilizadas para melhorar o desempenho e mobilidade das motocicletas nas décadas subseqüente como: partida elétrica, catalisadores e injeção eletrônica.

### 2.5.2 Características Construtivas Básicas.

O chassi é formado por uma só peça que pode ser de tubos de aço ou alumínio ou de outras ligas. [LEAR e MOSHER, 1977], mostrado na Figura 2.5.1.



**Figura 2.5.1 Ilustração de um Chassi**

Já as rodas e os freios das motocicletas são de raios, o que as tornam mais baratas, mais leves e razoavelmente sólidas. Outros materiais são empregados como o magnésio. O sistema de freios é do tipo tambor de dilatação ou então de disco, que é mais eficiente. Eles são acionados por meio de um sistema de alavanca e de cabos. Essa articulação pode ser mecânica de barras, ou ainda com sistema hidráulico que utiliza fluido sob pressão para acionar o freio. [LEAR e MOSHER, 1977]. A Figura 2.5.2, apresenta um exemplo deste sistema de freios.



**Figura 2.5.2 Ilustração do Sistema de Freios.**

Em relação à suspensão tem-se: a suspensão dianteira que é a de garfos telescópicos e que fazem uma combinação de tubos corrediços, molas internas e amortecimento hidráulico. Quanto a suspensão traseira, consta de balancim, que é a ligação do chassi com a roda traseira. No balancim é fixado o amortecedor de molas helicoidais que são presas em algum ponto rígido do chassi. [LEAR e MOSHER, 1977]. Isto pode ser melhor observado, através da Figura 2.5.3.



**Figura 2.5.3 Sistema de suspensão**

Quanto aos motores são de dois tempos e de quatro tempos. Operam sob o ciclo Otto e atualmente dá-se preferência aos motores de quatro tempos, tendo em vista, a diminuição de emissões e do nível de ruído. [LEAR e MOSHER, 1977] A Figura 2.5.4 apresenta uma ilustração de um motor de quatro tempos empregado em motocicleta.



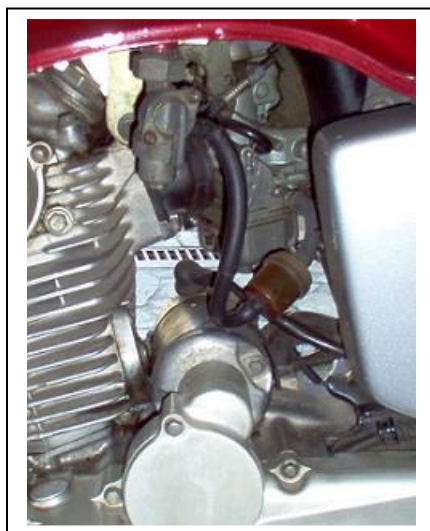
**Figura 2.5.4 Motor de Quatro Tempos**

A transmissão é constituída por elementos mecânicos que ligam o motor à roda traseira. Na maioria das motocicletas a transmissão é um dispositivo de redução de engrenagem ou de corrente entre o virabrequim e a embreagem. A função deste dispositivo é a redução de engrenagem, que permite a ampliação do torque mecânico e conseqüente mudança de velocidade. Outro dispositivo da transmissão é a embreagem que tem por finalidade permitir as mudanças de marchas de acordo com o terreno em que a motocicleta se encontra e com a velocidade desejada pelo usuário. [LEAR e MOSHER, 1977]. Na Figura 2.5.5 é exemplificado o sistema de transmissão de motocicleta.



### **Figura 2.5.5 O Sistema de Transmissão.**

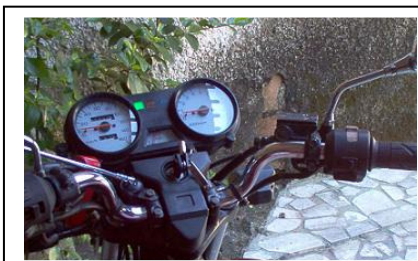
Há também o sistema de combustível onde se encontram os elementos para o seu armazenamento e regulação. A parte estrutural é formada pelo receptáculo de abastecimento até à câmara de compressão da mistura no cilindro, cujos elementos principais são: tanque com a tampa, a válvula de fechamento, os tubos de passagem do combustível, os filtros, o carburador, o filtro de ar e a tubulação de admissão do carburador ao motor. [LEAR e MOSHER, 1977]. As motocicletas atuais podem dispensar o carburador sendo este substituído por dispositivos eletrônicos. A Figura 2.5.6 ilustra este sistema.



**Figura 2.5.6 Sistema de Combustível**

A condição para iniciar a queima do combustível, e fazer o pistão descer e acionar a motocicleta é conseguido pela faísca que sai da abertura da vela para dentro do cilindro. O sistema de ignição gera a alta tensão que faz a faísca acender-se no momento preciso, milhares de vezes por minuto. [LEAR e MOSHER, 1977]. Este sistema atualmente passou também, a utilizar dispositivos eletrônicos visando uma maior eficiência e, portanto menor emissão de poluentes atmosféricos. Além das peças necessárias ao sistema de ignição, a motocicleta possui diversos componentes elétricos para segurança e comodidade. Neste conjunto podem ser identificados: os faróis dianteiros e traseiros, as lanternas de freios, as lanternas de advertência e lanternas indicadoras de direção (setas para direita ou para

esquerda), a buzina, a partida elétrica e outros componentes introduzidos pelos fabricantes no intuito de apresentarem diferenciais mercadológicos. [LEAR e MOSHER, 1977]. As Figuras 2.5.7, 2.5.8 e 2.5.9 Ilustram parte deste sistema.



**Figura 2.5.7 Partida elétrica**



**Figura 2.5.8 bateria.**



Figura

2.5.9 Faróis, setas.

O sistema de injeção eletrônica substitui o emprego do carburador e agrega o dispositivo de catálise dos gases de combustão conhecida como catalisador. Já existe no Brasil a motocicleta “verde”, assim denominada, pois atende a segunda fase do PROMOT de tal forma que as emissões máximas sejam: 0,3 g/km de NO<sub>x</sub>, 5,5 g/km de CO e 1,0 g/km HC. Um modelo deste tipo está sendo comercializado desde fevereiro de 2005. [MACHADO, 2005]. Todavia o preço destes equipamentos não é ainda acessível a grande maioria dos usuários. [MACHADO, 2005]

### **2.5.3 História da Motocicleta no Brasil.**

A entrada das motocicletas no Brasil deu-se no início do século passado com a importação das motos européias e algumas de fabricação americana. No final da década de 10, já existiam cerca de 19 marcas transitando pelo Brasil entre elas as marcas americanas Indian e Haley-Davidson, a belga FN com quatro cilindros, a inglesa Henderson e a alemã NSU. Nesta época houve o aparecimento de diversos clubes e de competições entre os estados do Rio de Janeiro e de São Paulo.

Na década de trinta chegaram ao Brasil as primeiras motocicletas japonesas, da marca Asahi. Com o início da Segunda Guerra Mundial as importações de motocicletas foram

suspensas no país. Todavia, ao final deste conflito elas retornaram com força total ao cenário brasileiro. Chegaram ao país motocicletas dos seguintes fabricantes: NSU, a BMW, a Zündapp (alemã), a Triumph, a Norton, a Vincent, a Royal-Enfield, a Matchless (inglesa), a Indian, a famosa Harley-Davidson, a Guzzi (italiana), a Jawa (Tcheca), entre outras.

A primeira motocicleta fabricada no Brasil com motor inglês BSA de 125cm<sup>3</sup> foi a Monark em 1951. Mais tarde a fábrica lançou três modelos maiores com propulsores CZ e Jawa, da Tchécoslováquia, bem como um ciclomotor (monareta) equipado com motor NSU alemão. Ainda na década de 50 em São Paulo apareceram as motonetas Lambreta, Saci e Mosquito e no Estado do Rio de Janeiro começou a se fabricar a Iso, que vinha equipada com um motor italiano de 150 cm<sup>3</sup>, a Vespa e o Gulliver, um ciclomotor.

Com o crescimento da indústria automobilística na década de 60, houve uma paralisação na fabricação das motocicletas no país. Ao final da década de 70 o motociclismo ressurgiu com força, verificando-se a importação de motocicletas japonesas (Honda, Yamaha, Suzuki) e italianas. Surgiram também as brasileiras FBM e a AVL. Nesta época e já na década de 80 surgiram várias montadoras, como a Honda, Yamaha, Piaggio, Brumana, Motovi (nome utilizada pela Harley-Davidson no Brasil), e outras. Nos anos 80 houve uma outra contração do mercado de motocicletas, quando várias montadoras faliram, em decorrência da crise econômica no país. Nesta época surgiu a maior motocicleta do mundo, a Amazonas, que tinha um motor Volkswagen de 1600 cm<sup>3</sup>. Atualmente as montadoras Honda e a Yamaha dominam o mercado brasileiro. [LIMA, 2005] Vale notar que estas duas montadoras, já possuem laboratórios de análises de poluentes, para atender a 2ª e 3ª fases do PROMOT. [MACHADO, 2005].

Complementando este breve histórico considerou-se importante mencionar a mostra de motocicletas promovida pelo Conselho regional de Engenharia e Arquitetura (CREA) na cidade do Rio de Janeiro, sob o título de “Evolução Tecnológica sobre Duas Rodas”. Nesta ocasião motocicletas antigas foram expostas no espaço cultural desta entidade. A visita por parte da autora deste trabalho ocorreu no dia 03 de maio de 2005. Maiores detalhes sobre esta mostra podem ser consultados no Anexo deste trabalho.

#### **2.5.4 O Funcionamento Básico da Motocicleta**



### 2.5.4.1 Princípios da Operação do Motor de Dois Tempos.

Tanto os motores de dois tempos como os de quatro tempos, apresentam componentes básicos que estão apresentados na Figura 2.5.10, conforme [FLORES, 1995]

A → Cabeçote

B → Cilindro

C → Êmbolo (pistão)

D → Biela

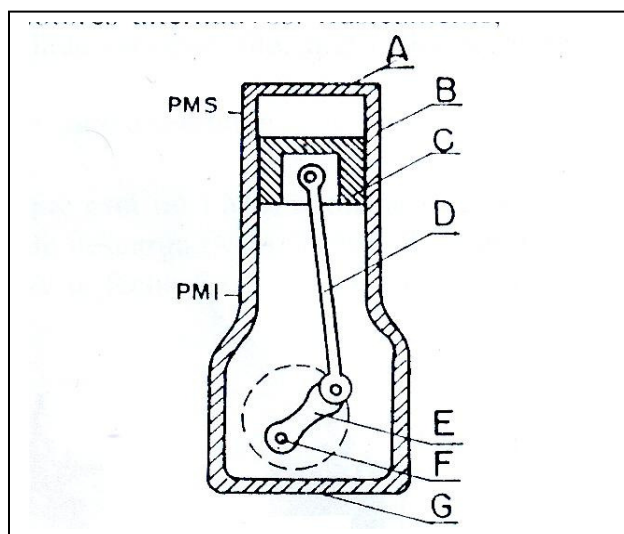
E → Manivela

F → Árvore de manivelas (virabrequim)

G → Carter

PMI – ponto morto inferior

PMS – ponto morto superior



**Figuras 2.5.10 Componentes básicos dos motores**

**Fonte: FLORES, 1995**

O motor de dois tempos, em geral, não possui válvulas, ou seja, os gases são admitidos e posteriormente expulsos dos cilindros através de janelas de admissão e escape que são controladas pelo pistão em seu movimento alternativo, que abre e fecha as janelas ao descobri-las ou cobri-las. Este tipo de motor mistura combustível e óleo para ocorrer a



queima, constituindo em um motor muito poluente. Atualmente são pouco utilizados. As fases de funcionamento são destacadas a seguir: [FLÔRES, 1995]

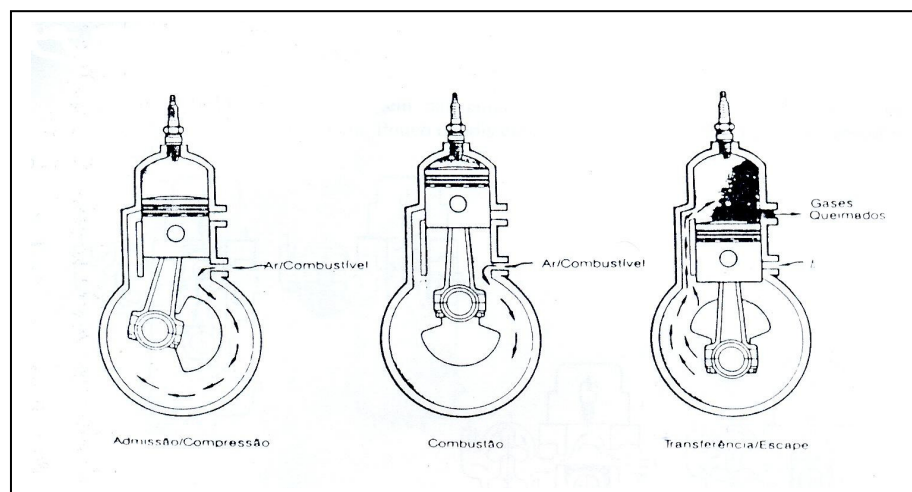
### **Primeiro tempo (Curso de admissão-compressão)**

O êmbolo dirige-se ao PMS, comprimindo a mistura combustível. As janelas “D” e “C” estão fechadas pela parede do êmbolo, a janela de admissão (A) está aberta e a mistura entra no cárter.

### **Segundo tempo (curso de trabalho)**

Durante o curso de trabalho o êmbolo passa pela janela de descarga antes de chegar ao PMI. Os gases produtos da combustão escapam e ao mesmo tempo, pela janela de carga (C), entra no cilindro a mistura ar-combustível, a qual esteve pré-comprimida no cárter pela parte inferior do pistão em seu movimento descendente. Esta mistura combustível limpa o cilindro dos gases queimados, obrigando-os a sair e carrega o cilindro para o próximo ciclo.

No PMS produz-se na vela uma centelha que leva o êmbolo até o ponto morto inferior. A Figura 2.5.11 mostra o ciclo deste tipo de motor.



**Figura 2.5.11 Mostra o ciclo deste tipo de Motor**

*Fonte: FLORES, 1995*

### **2.5.4.2 Motor de Quatro Tempos.**

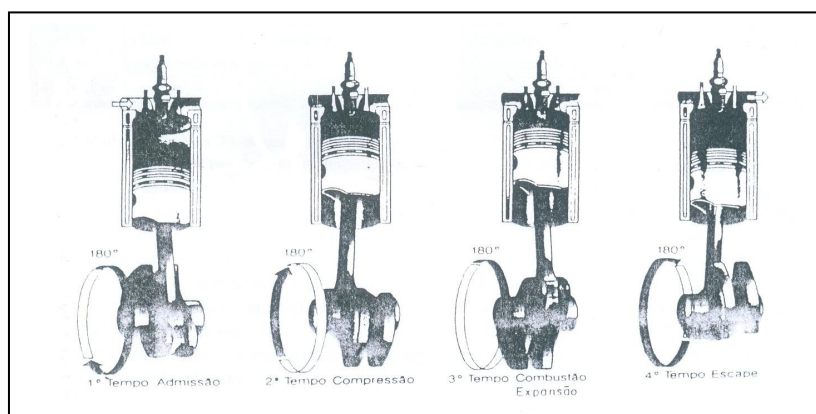
Neste tipo de motor o ciclo mecânico é completado em duas voltas da árvore de manivelas ou em quatro cursos do êmbolo de onde vem a denominação de quatro tempos. São os mais usados, devido ao seu sistema de funcionamento que permite um maior rendimento e uma faixa de durabilidade bastante alta.

**Primeiro tempo:** Curso de admissão, onde o pistão que está no PMS (mostrado na Figura 2.5.12), começa a descer estando aberta a válvula de admissão (VA) e fechada a de descarga (VD). O êmbolo aspira em todo o curso da descida até atingir o PMI quando se fecha. Este tempo ocorre com meia volta no eixo de manivela ( $180^\circ$ ).

**Segundo tempo:** curso de compressão, estando VA e VD fechadas, a medida que o pistão desloca-se para o PMS, comprime a carga do cilindro, aumentando sua temperatura. O eixo de manivelas executa outra meia volta ( $180^\circ$ ) completando o primeiro giro (volta completas -  $360^\circ$ ).

**Terceiro tempo:** curso de combustão e expansão, onde pouco antes do pistão atingiu o PMS a mistura ar-combustível será queimada e a energia liberada nesta combustão dá origem a uma força no êmbolo deslocando-o do PMS ao PMI. Esta força é transmitida do pistão, através da biela, à árvore de manivelas girando-a, isto é, tem-se nesta fase a produção de energia. As duas válvulas estão fechadas e o eixo de manivelas efetuou outra volta.

**Quarto tempo:** curso de escape, onde o êmbolo, ao deslocar-se do PMI para o PMS, expulsa os gases produtos de combustão, estando aberta apenas à válvula de descarga. O eixo de manivelas executa outra meia volta, completando o ciclo, isto é,  $720^\circ$ . Quando o êmbolo chega ao PMS a válvula VD se fecha, iniciando um novo ciclo. [FLÔRES, 1995]



**Figura 2.5.12 Ciclos do Motor de Quatro Tempos.**

**Fonte: FLORES, 1995**

### **2.5.5 As Tendências da Produção e da Venda de Motocicletas Convencionais no Brasil.**

A partir da década de 90, a venda de motocicletas e ciclomotores vêm crescendo no Brasil. A quantidade de veículos de duas rodas registrada em 2002 foi de 5.375.699 unidades segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN)

No Estado do Rio de Janeiro, o número de motocicletas e ciclomotores são crescentes. No período de 2002 a 2005, houve um aumento de 20% na quantidade de registros de motocicletas e Ciclomotores de acordo com o DETRAN-RJ.

É interessante notar que as motocicletas e ciclomotores já representam uma porcentagem de 18% (7.348.241) do total da frota de veículos do país que é de 39.858.241. No Estado do Rio de Janeiro onde circulam 3.681.060 milhões de veículos, as motocicletas e ciclomotores representam 8,46% (311.552) dos registros.

Em 2001, eram 182.951 motocicletas cadastradas no Estado. Em 2002, o número subiu para 210.268. Em 2003, para 244.628, passando para 280.936, em 2004. [Revista do Detran-RJ, 2005]

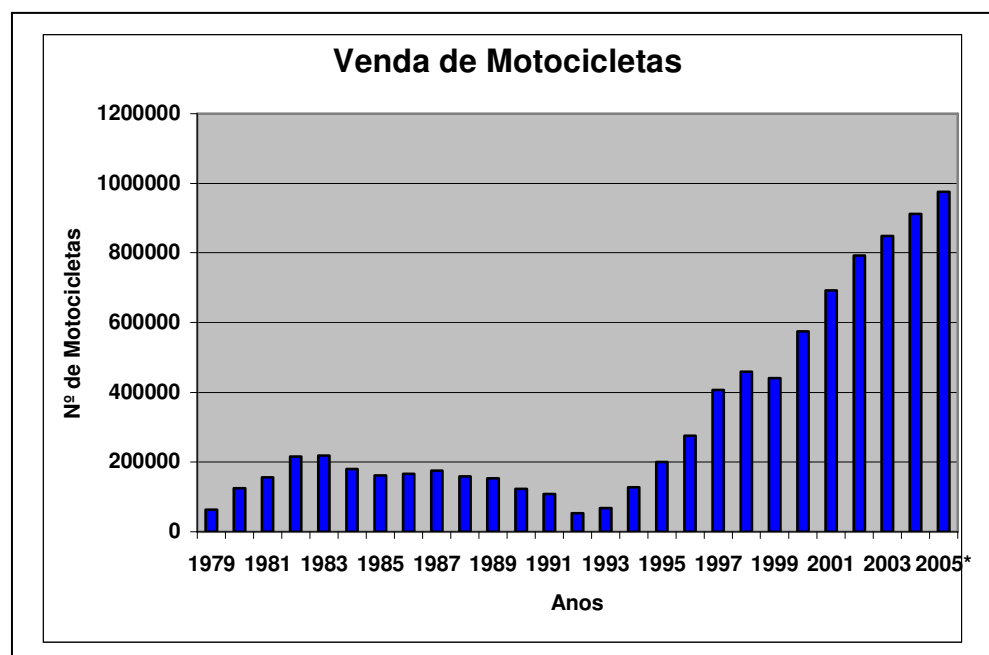
Segundo a Associação Brasileira de Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO), no ano de 2004 foram vendidas 911.717 unidades, cerca de 4,5% (41mil) delas no Estado do Rio de Janeiro. [Revista do DETRAN-RJ, 2005]

O presidente desta entidade (Paulo Takeuchi) apresenta como os motivos para o aumento das vendas o seguinte: preço acessível, o crescimento dos congestionamentos e a utilização do veículo para uso profissional. Todavia, para o professor de Engenharia de Transportes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), José de Oliveira Guerra, a opção pelas motocicletas se explica por outros motivos: "O sistema de transporte coletivo estagnou e as pessoas passaram a buscar novas opções de locomoção". De acordo com esta mesma publicação assinala os usuários que a manutenção é pelo menos cinco vezes menos dispendiosa. Além disso, o baixo consumo de combustível, a agilidade no trânsito, a ineficiência dos transportes coletivos, a oportunidade de um serviço informal para quem não tem qualificação profissional, prestando serviço como "motoboy" ou "mototáxi" são fatores

de grande procura por este meio de locomoção. Observa-se que a criação do trabalho informal de “motoboy”, “mototáxi”, “motoexpress”, “motocorreio”, etc, surgiu a partir da década de 90 e no Estado do Rio de Janeiro existem 50 mil “motoboys” e 11 mil “mototaxistas”, mas este número pode ser maior, já que, muitos trabalham como autônomos, segundo o Sindicato de Empregados Motociclistas. [Revista do DETRAN-RJ, 2005]

É comum na Cidade do Rio de Janeiro os “mototáxis” se fixarem nas subidas dos morros para prestarem serviços a comunidade destes locais, já que podem cruzar áreas carentes em poucos minutos e por este serviço cobram R\$ 1,00. A Rocinha reúne o maior grupo de “mototaxistas” em torno de 600, onde muitos deles nem possuem a carteira nacional de habilitação (CNH). [Revista do DETRAN-RJ, 2005].

O gráfico da Figura 2.5.13 mostra o crescimento das vendas de motocicletas no mercado interno desde 1979 até 2005.



**Figura 2.5.13 Vendas de Motocicletas de 1979 a 2005**

**Fonte: ABRACICLO**

## 2.5.6 Veículos Elétricos e Tendências

O termo engloba uma vasta gama de tipos e subtipos bem diferentes entre si e que também se encontram em estágios distintos de desenvolvimento. Costuma-se incluir, entre os veículos elétricos os que podem funcionar exclusivamente a bateria e os chamados híbridos.

A designação híbrida traz unidades adicionais de combustão interna ou células a combustível. Nos primeiros geradores ou motores à combustão interna permitem aumentar a autonomia de percurso e a potencia do veículo, sem precisar, em geral recarregar as baterias quando em repouso. Como assinalado; no Brasil, já estão sendo fabricados ônibus deste tipo. Apesar de não anular completamente a emissão de gases poluentes, representa uma opção viável devido à redução no consumo de combustível e emissões atmosféricas.

Os veículos elétricos que funcionam com uma única fonte de energia, as baterias secundárias, além de silenciosos, já estão disponíveis modelos de passeio que atendem a classificação “ZEV” (zero emission vehicles). Esta designação encontrada na literatura técnica refere-se a ausência de tubo de escapamento e portanto, a inexistência de queima de combustíveis e as respectivas emissões. A autonomia e os desempenhos são compatíveis com as necessidades urbanas diárias, devido à utilização de baterias avançadas, que possuem alta potência e energia, das quais pode ser citada a de NiMH (hidreto-níquel metálico).[PECORELLI PERES<sup>2</sup>; 2001] A grande percentagem de energia elétrica proveniente de usinas hidráulicas, se enquadra na matriz energética brasileira como potencialmente viável para a utilização desta modalidade veicular. [PECORELLI PERES<sup>2</sup>; 2001]

Os primeiros veículos elétricos surgiram ainda no século XIX e precederam à invenção do motor a combustão interna por Daimler e Benz, na Alemanha em 1885. Antes que esta tecnologia se impusesse até os nossos dias, eram relativamente prósperas as manufaturas de veículos elétricos e, até mesmo, linhas de ônibus elétricos ganharam espaço nas ruas de Londres por volta de 1886. Estes progressos se tornaram possíveis às custas das pesquisas de G. Trouvé, na França, 1881, que vieram permitir a recarga das baterias. Em 1899 o engenheiro belga Camille Jenatzy construiu o “Jamais Contenté” que era um carro elétrico que alcançava a incrível velocidade de 100 km/h. No Brasil na Cidade do Rio de Janeiro em 1918 foi inaugurada a linha de ônibus elétrico pela antiga *Light and Power Co. Ltd.*

O que limitou a ascensão do carro elétrico foi sem dúvida, o tempo de recarga e autonomia diante do lançamento do carro à combustão interna o que levou ao desenvolvimento das companhias de petróleo, para dar suporte a esta inovação.

Foi na década de sessenta, na cidade de Phoenix – EUA que teve início a história moderna dos veículos elétricos. Nesta época, já eram conhecidos os problemas causados pela poluição do ar nos grandes centros urbanos. Com a Crise do Petróleo na década de setenta e com os problemas relativos à poluição atmosférica, isto levou a propagação do veículo elétrico. Uma nova geração de carros elétricos foi desenvolvida em diversos países, inclusive no Brasil, com o lançamento do ITAIPU ELÉTRICO, fabricado pela extinta indústria nacional GURGEL S.A.

Na década de noventa inúmeras questões ambientais e de ordem energética tiveram uma repercussão global, quando passaram a fazer parte da preocupação dos países desenvolvidos, as mudanças climáticas e o agravamento das doenças respiratórias devido aos poluentes atmosféricos liberados pelos veículos automotores. Uma comissão do congresso dos EUA, estimou que o dano causado pela poluição do ar, somente pelo setor de transporte em 1992, alcançou a cifra de 256 bilhões de dólares. [PECORELLI, PERES<sup>2</sup>; 2001]

Mas recentemente, os veículos elétricos, de maneira gradativa começaram a penetrar no mercado e os veículos elétricos híbridos nos EUA. Apresenta uma enorme aceitação do público com preços idênticos aos similares a combustão interna. Desde 1997, o Brasil fabrica e exporta ônibus elétricos híbridos. Atualmente conta com duas montadoras uma em São Paulo e outra no Rio Grande do Sul. Além disso, é crescente a utilização de veículos elétricos para áreas restritas, como parques, centros comerciais, hotéis aeroportos áreas de lazer, indústrias, etc. A inauguração no Brasil de uma fábrica de motocicletas elétricas em 2005 e o lançamento de diversos modelos, já em comercialização em 2006, serve de indícios significativos da penetração desta tecnologia no contexto dos transportes no Brasil.

## **CAPÍTULO 3**

### **O CONTROLE DAS EMISSÕES E O PLANEJAMENTO DA GESTÃO DE QUALIDADE DO AR.**

#### **3.1 Legislação sobre o Controle de Emissões das Motocicletas e Órgãos Normativos.**

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA em 26 de fevereiro de 2002, publicou no Diário Oficial da União a Resolução Nº 297. Que “*estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos*”. [CONAMA, 2002]

Reconhecendo que o crescente aumento da frota de ciclomotores, motocicletas e veículos similares nos grandes centros urbanos do país e que tais veículos são fontes relevantes de emissão de poluentes e que contribuem para a constante degradação da qualidade do ar e deterioração da qualidade de vida, ainda reconhecendo que no País existe tecnologia adequada para o controle de emissões dessa frota, foi instituída em 01 de janeiro de 2003. Para isto, criou-se o PROMOT Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similar. Este programa estabelece o método de ensaio de medição de poluentes no tubo de escapamento e as prescrições dos Anexos I e II da Diretiva da Comunidade Européia nº 97/24/EC, para os ciclomotores e para os motocicletas e similares.

A partir desta data a frota de motocicletos e ciclomotores e similares comercializadas no território nacional terão que possuir a LCM, Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares que estabelece limites de emissão de poluentes para cada categoria estabelecida pelo PROMOT, que possui três fases:

### **Ciclomotores Novos:**

1. 1ª fase iniciada em 01 Janeiro de 2003.
2. 2ª em 01 de Janeiro de 2005.
3. 3ª

<b>Limites de Emissão para Ciclomotores Novos</b>		
<b>Ano</b>	<b>CO (g/km)</b>	<b>HC + NOx (g/km)</b>
<b>Jan/03</b>	<b>6,0</b>	<b>3,0</b>
<b>Jan/05</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>
<b>Jan/06</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>

fase será em 01 de Janeiro de 2009.

### **Motociclos e Similares Novos:**

1. 1ª fase iniciada em 01 de Janeiro de 2003.
2. 2ª fase iniciada em 01 de Janeiro de 2005.
3. 3ª fase será em 01 de Janeiro de 2009.

Segue os quadros 3.1 e 3.2 com os limites máximos de emissão de gases de escapamento para Ciclomotores, Motociclos e Similares.

**Tabela 3.1.1 Limites do PROMOT para Ciclomotores**

**Fonte: Resolução CONAMA.**



**Tabela 3.1.2 Limites do PROMOT para Motociclos e Similares Novos.**

Ano	Motor(cm <sup>3</sup> )	CO (g/km)	HC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	Teor de CO
					Marcha lenta (%)
Jan/03	Todos	13,0	3,0	0,30	6,0 <sup>1</sup> ou 4,0 <sup>2</sup>
Jan05	<150	5,5	1,2	0,30	Não
Jan06 <sup>3</sup>	≥ 150	5,5	1,0	0,30	Especificado
Jan/09	< 150	2,0	0,8	0,15	Não
	≥ 150	2,0	0,3	0,15	Especificado

Notas:

1 – Para deslocamento volumétrico ≤ 250 cm<sup>3</sup>

2 – Para deslocamento volumétrico > 250 cm<sup>3</sup>

3 – Para veículos derivados de três e quatro rodas há limites específicos nesta fase, a saber:

CO = 7,0 g/km, HC = 1,5 g/km e NO<sub>x</sub> = 0,4 g/km

**Fonte: Resolução CONAMA 297 e Minuta Resolução 297 CONAMA.**

A promulgação da LCM (Licença para Uso de Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares) é elaborada pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis). Os ensaios de emissão para que seja emitida a certificação deverá ser feito em laboratórios credenciados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Portaria Conjunta DETRAN-RJ/FEEMA nº 001, de 01.10.99, estabelece limites de emissão para os motociclos, para fins de inspeção de motocicletas equipadas com motor de quatro tempos.

Quanto à emissão de ruído por veículos, inclusive motocicletas, foi objeto de estudos por parte da CETESB que estabeleceu as bases do Programa Nacional de Controle de Ruído Veicular. Este Programa foi lançado a partir das Resoluções: CONAMA 01 e 02 de 1993, que estabelecem limites máximos de ruído com veículos em aceleração e na condição parado, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos

assemelhados, nacionais ou importados As Resoluções CONAMA 252 e 256 de 1999 de caráter mais amplo, estabelecem limites de emissão para o controle da poluição sonora veicular. [FEEMA, 2004]

O controle do ruído dos veículos novos é realizado a partir da análise dos relatórios dos testes executados conforme a norma “NBR ISO 362 – Acústica – Medição de ruídos emitidos por veículos rodoviários automotores em aceleração – Método de engenharia”. Os resultados são analisados pelo IBAMA, agência ambiental do governo brasileiro que é responsável pelo licenciamento de veículos. Estando abaixo dos limites estabelecidos, o órgão autoriza a comercialização. [CETESB<sup>4</sup>, 2004] Na tabela 3.1.3 são mostrados, os limites de ruído para motocicletas e similares:

**Tabela 3.1.3 Limites de Ruído para Motocicletas e Similares**

<b>Categoria</b>	<b>Nível de Ruído decibéis ( dB)</b>
<b>Até 80cm<sup>3</sup></b>	<b>75</b>
<b>81cm<sup>3</sup> a 125 cm<sup>3</sup></b>	<b>77</b>
<b>126 cm<sup>3</sup> a 175 cm<sup>3</sup></b>	<b>77</b>
<b>176 cm<sup>3</sup> a 350 cm<sup>3</sup></b>	<b>80</b>
<b>Acima de 350 cm<sup>3</sup></b>	<b>80</b>

**Fonte: CETESB, 2004**

Na Figura 3.1.1, observa-se o modelo do gabarito que é recomendado pela norma para o correto posicionamento do microfone e uma motocicleta sendo avaliada conforme este procedimento.



**Figura 3.1.1 Gabarito da Posição do Microfone para Avaliação do Nível Ruído.**

de

**Foto: CETESB, 2004**

### **3.2 Homologação de Veículos.**

Segundo a legislação brasileira todos os modelos de veículos automotores, nacionais ou importados necessitam da Licença para Uso da Configuração do Veículo ou Motor - LCVM emitida pelo Instituto Brasileiro de meio Ambiente e Recursos Renováveis IBAMA, para sua comercialização no Brasil.

No caso da LCVM os ensaios são executados em laboratórios escolhidos pelos interessados e credenciados pelo Instituto Nacional de Metrologia e Normalização Industrial – INMETRO, que terá acompanhamento dos testes por técnicos da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB e do IBAMA. [MMA, 2004]

Cumpridas todas as exigências a CETESB emite Parecer Técnico ao IBAMA em Brasília, que emitirá a LCMV ao requerente que pode ser um fabricante ou importador.

Todos os custos do processo de obtenção da LCVM são de responsabilidade do requerente. Parte destes custos é pago a CETESB e a outra parte é paga ao IBAMA para emissão da LCVM.

#### **3.2.1 Homologação e Certificação de Configuração para Motocicletas.**

De acordo com a CETESB os interessados devem apresentar ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis IBAMA um requerimento da Licença para Uso de Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares – LCM.

Para cada LCM emitida será cobrado o mesmo valor constante da Tabela de Preços de Serviços do IBAMA referente à emissão da Licença para Uso de Configuração de Veículo ou Motor – LCVM.

Como dito anteriormente, estes ensaios de emissão para fins de certificação deverão ser realizados no Brasil, e em laboratórios credenciados pelo Instituto de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. Pode ser do próprio interessado ou de terceiros, estes testes serão acompanhados pelo IBAMA ou pelo agente técnico conveniado quando julgarem necessário.

Os fabricantes ou importadores terão que informar ao IBAMA com uma antecedência de no mínimo de 30 dias, a data de disponibilidade dos veículos/motores para realização dos ensaios.

Se houver falta comprovada de condições locais e exigirem a realização destes ensaios no exterior, o IBAMA terá que aprovar o cronograma de ensaios, local e veículos a serem ensaiados, que terá uma equipe de técnicos com no máximo três. Os custos de quaisquer ensaios dentro ou fora do País correrão por conta do fabricante ou importador. Deverá ser enviado semestralmente ao IBAMA e ao agente técnico conveniado. [MMA, 2004]

No anexo 1 deste trabalho, consta o documento específico para solicitação da LCM que deverá ser preenchido e pago a taxa aprovada pela tabela de preço do IBAMA, pela lei nº. 9.960 de 28 de Janeiro de 2000 que é a mesma da LCVM.

Nos itens seguintes é apresentado, o processo para a obtenção de Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares – LCM.

### **3.2.2 Dispensa da Licença de Uso de Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares, LCM.**

Estão dispensados da LCM, os veículos ou motores importados para serem utilizados como protótipo para ensaios de emissão e testes de adaptação. Testes de viabilidade econômica, adaptados para uso de deficientes físicos, objetos de doação a entidades de caráter filantrópico, também uso de titular de privilégio e imunidade diplomática ou consular e veículos antigos de coleção. Para todos os veículos acima citados só poderão ser comercializados após a obtenção da LCM com exceção os de uso de titular de privilégios e imunidade diplomática ou consular, de acordo com a Convenção de Viena sobre Relações Diplomáticas e Consulares.

### **3.2.3 Veículos Modificados.**

Para obtenção da LCM de um veículo modificado a partir de configuração original homologada, o responsável pela modificação terá que apresentar ao IBAMA um requerimento devidamente preenchido disponível no anexo 2 deste trabalho. Essas modificações podem ser feitas, desde que não comprometam os componentes, bem como,

sistemas que influenciem nos valores de emissão de gases, material particulado, fumaça e ruído, já declarados e homologados por seus fabricantes ou importadores originais.

Modificações destes itens obrigarão o requerente a fazer todas as homologações que forem objeto de mudança. A empresa, e o responsável técnico pela modificação de configurações de veículos homologados perante o PROMOT, serão responsáveis pelo desempenho do veículo modificado de acordo com as exigências das legislações específicas dos programas de inspeção e manutenção (I/M) para veículos em uso. (Instrução Normativa nº. 17 de 28 de agosto de 2002). [MMA, 2004]

### **3.3 O Exercício de Controle e o Papel das Vistorias.**

Conforme [PINTO, 2005] as vistorias abrangem três aspectos principais:

- os aspectos visuais de segurança;
- a legitimidade da propriedade;
- os ensaios de emissões;

Os aspectos visuais de segurança prevêm a vistoria dos seguintes itens:

- Sistema Elétrico;

Exame da bateria, cabos, fiação e conexões, verificando o estado geral e fixação.

- Sistema de Iluminação.

Faróis principais (Anexo IV a Resolução 680/87, Art. 92 RCNT)

Exame do estado geral, regulagem, posicionamento, comutação e cor da luz emitida.

- Sistema de Sinalização

Exames das lanternas de freio (Resolução 680/87, Art. 92 RCNT)

- Sistema de Sinalização

Exames das lanternas de freio (Resolução 680/87, Art. 92 RCNT)

Exame do estado geral, regulagem, posicionamento, funcionamento e cor da luz emitida.

➤ Sistema e componentes complementares

Exame da transmissão, estrutura de freio, sistema de alimentação de combustível, retrovisor.

➤ Equipamento obrigatório:

Existência de espelho retrovisor, capacete para o condutor e passageiro (quando presente) e buzina.

➤ Pneus são vistoriados por meio de gabarito

A Legitimidade da propriedade: resulta da vistoria do número do chassi, principal objeto de análise no que se refere à integridade, sendo qualquer caso de adulteração motivo de impedimento para circulação até apuração final. Os documentos de porte obrigatório são também verificados, como: CRV (certificado de Registro do Veículo), documento para transferência de propriedade que é emitido uma única vez, e o CRLV (Certificado de Registro e Licenciamento de Veículos), este de emissão anual e que acompanha o veículo, sendo prova de que o mesmo foi aprovado na vistoria.

Somente em 2002 foi criada uma Legislação para frota de motocicletas no Brasil o PROMOT (Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares).

### **3.4 Planejamento da Gestão da Qualidade do Ar.**

A preocupação com os poluentes atmosféricos já vem de longa data e os episódios que ocorreram em alguns lugares dos Estados Unidos e Europa levaram a uma preocupação no controle e prevenção das emissões veiculares.

Nos postos de vistoria feita pelo DETRAN para o controle dos motocicletos, são utilizadas as mesmas máquinas para ensaio das Emissões de Gases. Utiliza-se espectrofotômetro na faixa do infravermelho não dispersivo, em metodologia de teste preconizada na legislação e aferindo as concentrações de HC (ppm), CO (%V) e diluição percentual (CO+CO<sub>2</sub>).

Todavia, em relação aos dados analisados para o controle dos motocicletos pelo DETRAN nas vistorias desses veículos, somente são analisados a % de CO em marcha lenta como único poluente para controle. Outros itens como diluição (CO + CO<sub>2</sub>) e emissão de HC não são avaliados no anexo 3, constam exemplos de laudos de vistoria de emissões do programa de vistoria anual de motocicletos feitos pelo DETRAN-RJ.

No caso dos Estados Unidos, em 1955 o congresso norte-americano liberou cinco milhões de dólares para a realização de estudos sobre o impacto da poluição atmosférica sobre a saúde e a economia. Ações de controle ambiental não era a pauta de discussão até aquele momento. Só a partir do início da década de 60, foi criado um programa federal de poluição atmosférica, ligada ao Departamento de Saúde, Educação e Bem Estar Social dos Estados Unidos da América. Esse programa delegou a responsabilidade do controle da emissão dos diversos poluentes atmosféricos aos Estados da Federação, ficando a cargo do Governo Federal somente o estabelecimento das diretrizes necessárias para efetuar e viabilizar esse controle. Contudo, tal medida mostrou-se ineficaz, já que vários estados não estavam preparados e estruturados para realização dessas ações controladoras. Porém em 1966 episódios de poluição atmosférica em Nova York levaram a oito óbitos. Isto levou este país a estabelecer padrões de qualidade do ar, onde seis poluentes atmosféricos seriam controlados: partículas totais, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>) e chumbo (Pb). A fim de tornar efetivo esse controle, foi criada a Agencia de Proteção Ambiental norte-americana (EPA). Várias medidas de controle foram então implantadas visando não só atingir as fontes de emissão móveis, mas também as fontes fixas. Foram conferidos a EPA em 1990 poderes para determinar os critérios técnicos de controle das substâncias tóxicas, com relação aos seus efeitos sobre a saúde. [BRAGA, PEREIRA e SALDIVA, 2000]. A Tabela 3.4.1 mostra os poluentes controlados pela EPA.

**Tabela 3.4.1 Padrões da Qualidade do Ar para os Poluentes segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. EPA.**

<b>Poluentes</b>	<b>Padrões Primários</b>	<b>Tempo Médio</b>
<b>Partículas Inaláveis</b>	<b>50<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Média aritmética anual</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>150<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Nível limite para 24 horas</b>
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	<b>0,12 ppm (235<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Média de 1 hora máxima diária</b>
<b>Dióxido de</b>	<b>0,03 ppm (80<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Média aritmética anual</b>
<b>Enxôfre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>0,14 ppm (365<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nível Máximo em 24 horas</b>
<b>Monóxido de Carbono</b>	<b>9 ppm (10<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Média máxima em 8 horas</b>
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>35 ppm (40<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nível máximo em 1 hora</b>
<b>Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>0,053 ppm (100<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Média aritmética anual</b>

**Fonte: BRAGA, PEREIRA e SALDIVA, Faculdade de medicina USP, 2000**

Na Europa, o desenvolvimento de ações controladoras também foi bastante influenciado pelo episódio em 1952 na cidade de Londres, já mencionado neste trabalho. O Parlamento Inglês, em 1956 atribuiu às autoridades locais o controle das áreas de maior risco da ocorrência de acúmulo de fumaça preta emitida pelas chaminés das residências, obrigando a troca do sistema a carvão por eletricidade, gás ou diesel. Para esta mudança, o governo forneceu os subsídios necessários para mudança dos sistemas de calefação para estes tipos de combustíveis.

Os “Clean Air Acts” de 1956 e 1968 também ampliaram os controles das emissões de poluentes atmosféricos industriais, regulamentando as emissões de óxidos de enxofre e fumaça preta. Houve uma grande resistência por parte do setor industrial em cumprir as metas de adequação e diminuição da quantidade de emissão desses poluentes.



A Comunidade Européia, já no início dos anos 70, demonstrou através de propostas e discussões de medidas de controle, estar suficientemente convencida da existência de danos à saúde causados pelas altas concentrações de poluentes atmosféricos. Isto foi fundamental para que a Inglaterra, com a sua inserção junto à Comunidade Européia em 1973, fosse obrigada a adequar-se à legislação no aspecto ambiental.

Uma comissão de países europeus (*Comission of the European Communités - CEC*), em 1976 estabeleceu padrões de qualidade do ar para SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, materiais particulados e oxidantes fotoquímicos. Ao longo dos anos esses padrões foram sendo aprimorados, auxiliando a legislação dos diversos países europeus. [BRAGA, PEREIRA e SALDIVA, 2000]

No Brasil, a preocupação relativa à poluição atmosférica intensificou-se no início da década de 70, período de forte crescimento econômico e industrial. Problemas de grave poluição do ar em São Paulo, Cubatão, Porto Alegre, etc., evidenciaram a necessidade de se adotar políticas públicas sobre o tema.

A medida mais importante desta época foi a Portaria do Ministério do Interior de número 231, de 27 de abril de 1976, que visava estabelecer padrões nacionais de qualidade do ar para material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos.

Na década de 80, com o crescimento da frota automobilística no Brasil, o governo federal propôs o estabelecimento de um programa de controle de poluição veicular, pela Resolução CONAMA nº 18 de 6 de maio de 1986. Tornou-se necessário também à criação no país do controle dos poluentes das fontes fixas por meio da Resolução do CONAMA de nº 05, de 15 de junho de 1989, foi criado o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) com a intenção de promover a orientação e controle da poluição atmosférica no país, com estratégias de caráter normativo. Como o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a projeção de uma política de prevenção da deterioração da qualidade do ar, a execução da rede nacional de monitoramento do ar e o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários, torna-se, a preocupação dos legisladores e especialistas desde estes passos iniciais, quanto aos estudos necessários para o planejamento, controle e gestão da qualidade do ar. Neste sentido, o PRONAR, tendo como estratégia básica estabelecer limites nacionais para as emissões, por tipologia de fontes e poluentes prioritários, estabelece diretrizes de curto, médio e longo prazo essas ações.

Como medidas de curto prazo foram estabelecidas: a definição dos limites de emissão para fontes poluidoras prioritárias; a definição dos padrões de qualidade do ar; o enquadramento das áreas na classificação de usos pretendidos; o apoio à formulação dos programas estaduais de controle de poluição do ar; a capacitação laboratorial e a capacitação de recursos humanos.

O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a Resolução do CONAMA de nº 03 de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os novos padrões nacionais de qualidade do ar em substituição aos fixados pela Portaria Minter nº 231/76. Além de estender o número de parâmetros regulamentados de quatro para sete (partículas totais, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio troposférico), foi introduzida na legislação a figura dos padrões secundários de qualidade do ar, mais restritivos que os primários, constituindo-se seu atendimento em meta de longo prazo. [MCT, 2004]

**Tabela 3.4.2 Padrões de Qualidade do Ar. Resolução CONAMA nº 03  
28/06/1990.**

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Padrão Primário <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Padrão Secundário <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Método de Medição</b>
<b>Partículas Totais em Suspensão (PTS)</b>	<b>24 horas*</b> <b>MGA**</b>	<b>240</b> <b>80</b>	<b>150</b> <b>60</b>	<b>Amostrador de grandes volumes</b>
<b>Fumaça</b>	<b>24 horas*</b> <b>MMA***</b>	<b>150</b> <b>60</b>	<b>100</b> <b>40</b>	<b>Refletância</b>
<b>Partículas Inaláveis</b>	<b>24 horas*</b> <b>MMA</b>	<b>150</b> <b>50</b>	<b>150</b> <b>50</b>	<b>Separação inercial/filtração</b>
<b>Dióxido de Enxofre</b>	<b>24 horas*</b> <b>MMA</b>	<b>365</b> <b>80</b>	<b>100</b> <b>40</b>	<b>Parasalínica</b>
<b>Monóxido de Carbono</b>	<b>1 hora*</b> <b>8 horas*</b>	<b>40.000(35ppm)</b> <b>10.000(9 ppm)</b>	<b>40.000(35ppm)</b> <b>10.000(9 ppm)</b>	<b>Infravermelho não-dispersivo</b>
<b>Ozônio</b>	<b>1 hora*</b>	<b>160</b>	<b>160</b>	<b>Quimiluminescência</b>
<b>Dióxido de Nitrogênio</b>	<b>1 hora</b> <b>MMA</b>	<b>320</b> <b>100</b>	<b>190</b> <b>100</b>	<b>Quimiluminescência</b>

**Fonte: MCT, 2004**

**\*Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano**

**\*\* Média Geométrica Anual**

**\*\*\* Média Aritmética Anual**

Outro avanço dessa resolução foi o estabelecimento em nível nacional dos critérios para elaboração de plano de emergência para episódios agudos de poluição do ar, antes existentes apenas no Estado de São Paulo, mostrado na Tabela 3.4.3.

Em 06 de dezembro de 1990, foi aprovada a resolução CONAMA nº 08, que estabeleceu o primeiro conjunto de limites máximos de emissão, padrões nacionais, para o processo de combustão externa em novas fontes fixas. [MCT, 2004]

**Tabela 3.4.3 Critérios para episódios agudos de poluição do ar - Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/90.**

Parâmetros	Níveis		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNC IA
Partículas Totais em suspensão (g/m <sup>3</sup> ) 24 horas	375	625	875
fumaça (μ g/m <sup>3</sup> ) - 24 h.	250	420	500
Partículas Inaláveis (μ g/m <sup>3</sup> ) - 24 h	250	420	500
Dióxido de enxofre (μ g/m <sup>3</sup> ) - 24 h.	800	1.600	2.100
Monóxido de carbono (ppm) - 8 h.	15	30	40
Ozônio (μ g/m <sup>3</sup> ) - 1 h.	400	800	1.000
Dióxido de nitrogênio (μ g/m <sup>3</sup> ) - 1 h.	1.130	2.260	3.000
SO <sub>2</sub> X PTS (μ g/m <sup>3</sup> )x(μ g/m <sup>3</sup> ) - 24 h	65.000		393.000
		261.000	

**Fonte: MCT, 2004**

Segundo a FEEMA, no Estado do Rio de Janeiro a qualidade do ar é tratada desde 1967, quando foram instaladas as primeiras estações de monitoramento. Desde essa época foram desenvolvidas e implantadas ações para minimizar a poluição do ar tais como: eliminação de incineradores domésticos, substituição do combustível usado nas padarias e indústrias, controle, inclusive a desativação, de várias pedreiras situadas na região metropolitana, restrição de passagem de veículos pesados nos túneis da cidade, controle da poluição veicular e supervisão para que os veículos sejam mantidos regulados. A FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) e o DETRAN-RJ assinaram um acordo de cooperação técnica e implantaram em 1997, um programa de inspeção e manutenção dos veículos em uso, para medir os gases poluentes emitidos pelos veículos automotores por ocasião de sua vistoria anual. [FEEMA, 2004]

No Estado do Rio de Janeiro o órgão responsável pelo gerenciamento do monitoramento da qualidade do ar é a FEEMA que com suas redes de monitoramento emitem boletins da qualidade do ar, para que os poluentes se mantenham dentro dos padrões nacionais estabelecidos pelo CONAMA.

Alguns trabalhos têm sido feitos para se detectar alguns poluentes incluídos na legislação e outros poluentes que não são regulamentados pelos órgãos ambientais, mas que são de extrema importância para a qualidade do ar e que por consequência vão influenciar diretamente a saúde pública e o meio ambiente. Em estudo do impacto do uso de combustíveis oxigenados na qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro onde neste trabalho foram realizados estudos cinéticos da química atmosférica da cidade de Rio de Janeiro procurando relacionar a composição dos combustíveis oxigenados mais usados em veículos leves no Brasil com a qualidade do ar nas cidades. Combustíveis tais como: formaldeído e acetaldeído, compostos aromáticos como benzeno, tolueno, xilenos, além dos poluentes regulamentados. A maior fonte destes compostos na atmosfera é, sem dúvida, a queima de gasolina e seus aditivos e de óleo diesel, nas cidades, ou mesmo a evaporação destas substâncias. As outras fontes são o refino do petróleo que, em geral produz cerca de 50 derivados para os mais diversos fins, a produção de gás, o transporte destes produtos de refino entre outras fontes menores. [MACHADO, MARTINS, CORRÊA, ARBILLA, 2000]

Pode-se tomar, como exemplo, as conclusões do trabalho desenvolvido por [CORRÊA, 2003] onde ele conclui que a cidade do Rio de Janeiro apresenta altos teores de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etil benzeno, Xilenos) comparados com outras cidades brasileiras, estando os demais COVs (Compostos Orgânicos Voláteis) em níveis equivalentes. Os valores de etanol estão comparáveis com medições realizados em Salvador e Porto Alegre e bem abaixo se comparados com São Paulo. O resultado mais interessante é um grande aumento encontrado nos teores de formaldeído nos últimos dois anos. Uma análise preliminar indicou que a provável fonte deste composto seja o uso intensivo do GNV (Gás Natural veicular) pela frota veículo, em especial, de táxis do Rio de Janeiro. [CORRÊA, 2003]

## **CAPÍTULO 4**

### **AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES**

#### **4.1 Metodologias de Quantificação das Emissões Veiculares**

A quantificação das emissões gerada pelas fontes móveis realizadas no Brasil é escassa devido principalmente, às dificuldades de recursos tanto financeiros como materiais com que os órgãos governamentais de meio ambiente se deparam. Decorrem, assim, lacunas e deficiências no estabelecimento de um processo uniforme e continuado de avaliação dos impactos das emissões atmosféricas. De maneira geral, os resultados quando apresentados não constam de referências mais detalhadas, pois não há ainda uma metodologia pré-estabelecida para estas análises, em especial para o inventário e prognósticos das emissões de motocicletas. Estas considerações permitem avaliar as dificuldades para elaboração deste trabalho.

Contrastando com esta situação, os países desenvolvidos, União Européia e Estados Unidos, já contam com metodologias definidas e publicadas para a geração dos inventários de emissões atmosféricas de forma a ser consultados e averiguados.

O modelo dos Estados Unidos para quantificar a poluição, fica a cargo da *Environmental Protection Agency* (EPA) que elaborou um Manual das Estratégias Ambientais Integradas (IES) com o qual irão subsidiar o planejamento e o desenvolvimento das ações necessárias. Este programa de estudos estabelece as estratégias que podem ser eventualmente utilizadas em outros países, e consiste em técnicas de análise para melhorar a qualidade do ar e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). [EPA, 2003].

A elaboração de um bom inventário dependerá da sua abrangência, do nível de degradação do ar em nível espacial, temporal e tipológica, bem como, da qualidade e procedência dos fatores de emissão, que podem ser pontuais (processos industriais), lineares (distâncias percorridas pelos veículos), ou de áreas, como é o caso de queimadas. Está claro, portanto, que o inventário será tanto mais sofisticados quantos forem às pesquisas, levantamentos e recursos financeiros e materiais colocados à disposição.

O inventário de emissões é uma ferramenta básica para o estabelecimento de políticas ambientais e energéticas, em especial no que se refere a processos de combustão.

Inventários adequados possibilitam conhecer quem polui o que emitiu, onde, quando e quanto. São essenciais para análises ambientais em escalas global, regional e local.

A literatura técnica sugere concepções sob duas abordagens distintas para se fazerem estimativas de emissões – uma “de cima para baixo” (*top-down*) e a outra “de baixo para cima” (*bottom-up*), [EPA, 2003].

A abordagem *bottom-up* significa o desenvolvimento de estimativas de emissões baseadas nas fontes individuais e na soma de todas as fontes para obtenção do inventário. Esta metodologia é muito usada para o inventário de fontes pontuais e fontes móveis através da coleta de dados necessários de cada fonte, o que requer maior volume de recursos para obtenção dos mesmos. Os resultados obtidos são mais precisos que os obtidos com a abordagem *top-down*.

As estimativas de emissões baseada na metodologia *top-down* são mais indicadas para avaliação de impactos globais, como os gases associados do efeito estufa, mas mostra-se inapropriada para avaliação de impactos locais e regionais, que depende de maior precisão das

estimativas das emissões das fontes fixa ou móvel, além das características locais e condições meteorológicas.

A ferramenta operacional de cálculo utilizada pela EPA consiste em dois grandes programas computacionais para estimar a poluição gerada. Para fontes móveis é utilizado o MOBILE e para fontes fixas o HORUS.

Observa-se que poderia parecer simples a tentativa de utilização destes sistemas para qualquer situação. Em princípio, não seria plausível em países menos desenvolvidos tendo em vista a sofisticação e o grau de detalhe que estes processamentos exigem no relatório da EPA, por exemplo, é possível identificar diversos os tipos de emissões tais como: evaporativa, de exaustão, diurnas, de infiltração e de reabastecimento. Mostram em detalhes as taxas de sucateamento, quilometragem utilizada pelas motocicletas de acordo com ano-modelo e permitem fazer um prognóstico das medidas para redução de até 50% de HC e NO<sub>x</sub>, em anos vindouros. [EPA, 2003]

O desejável é a construção de modelos próprios, de acordo, com a realidade, peculiaridades, e recursos disponíveis, aprimorando passo a passo os métodos com base nas experiências adquiridas. Este caminho tem se mostrado mais eficaz ao se analisar os progressos de cada país.

Na Europa é utilizada a metodologia CORINAIR (*Core Inventory of Air Emissions*), desenvolvida no âmbito da Agência Européia de Ambiente (EEA – *European Environment Agency*) sendo, portanto, o padrão utilizado na União Européia para inventário e informação no âmbito de acordos internacionais. A segunda edição da publicação “EMEP Corinair Atmospheric Emission Inventory Guidebook” (EMEP/Corinair, 2000) e EMEP (Programa Comum de Vigilância e Avaliação do Transporte a Longa Distância dos Poluentes Atmosféricos na Europa) apresentou as diretrizes para construção de inventários do tipo CORINAIR. [LAGES, 2001] Alguns poluentes que a metodologia CORINAIR permite avaliar no inventário de emissões são descritos a seguir:

- poluentes acidificantes, precursores do ozônio e gases de efeito estufa: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), COVs não metano, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonetos (HFC).
- metais pesados.
- poluentes orgânicos persistentes.



## 4.2 Discussão sobre os Procedimentos de Obtenção de Inventários.

Apesar do inventário de emissões ser uma ferramenta básica para o estabelecimento de políticas ambientais e energéticas, em especial no que se refere a processos de combustão, não se consegue estabelecê-lo em curto prazo.

São necessários anos de maturação e estudo com base em propostas iniciais. Sua construção adequada depende de um esforço organizacional, contínuo envolvendo políticas públicas, setores governamentais, privados e recursos de informação, financeiros, humanos, computacionais, institucionais e instrumental apropriada.

Parte do inventário de emissões consiste no levantamento e listagem de fontes de emissões de um ou mais poluentes, com uma descrição qualitativa e quantitativa dessas descargas para atmosfera. Os inventários de emissões apresentam tipicamente as seguintes funções [LAGES, 2001]:

- desenvolvimento de medidas técnicas e regulamentares para reduzir as emissões.
- monitoramento de medidas já concretizadas.
- estudos científicos de poluição local, regional e global.
- análise das relações entre emissões e fatores econômicos.
- fornecimento de informação completa, inclusive metodologia ao público em geral.

Um inventário de emissões deve possuir as seguintes propriedades [LAGES, 2001]:

- desenvolvimento de medidas técnicas e regulamentares para reduzir as emissões.
- monitoramento de medidas já concretizadas.
- estudos científicos de poluição local, regional e global.
- análise das relações entre emissões e fatores econômicos.

- fornecimento de informação completa, inclusive metodologia ao público em geral.

Um inventário de emissões deve possuir as seguintes propriedades [LAGES, 2001]:

- exaustividade: Todas as fontes devem ser consideradas, bem como suas emissões.
- consistência: as séries de dados obtidas ao longo do tempo devem usar métodos e dados homogêneos.
- comparabilidade: um inventário deve ser concebido utilizando uma metodologia reconhecida e documentada para garantir a comparação dos resultados.
- transparência: a informação fornecida deve ser detalhada o suficiente para permitir a reconstrução das emissões por uma terceira parte.

Para a emissão de cada poluente em cada fonte é necessário dispor de algumas condições para construir o inventário de emissões:

- caracterização da atividade
- localização
- poluentes emitidos.

Para atingir estes objetivos podem ser utilizadas as abordagens “*top-down*” e “*bottom-up*” já discutidas.

A elaboração deste trabalho cujo tema é Avaliação das Emissões Atmosféricas Causadas Por Motocicletas no Estado do Rio de Janeiro e Benefícios Ambientais do Uso de Tração Elétrica nestes Veículos segue uma abordagem *bottom-up* construída com este fim e se baseia em diversas referências nacionais e internacionais, tendo em vista servir de contribuição para o estabelecimento de uma metodologia eficaz.

O controle da emissão dos gases poluentes por Motociclos e Ciclomotores e Similares na Legislação Brasileira é o PROMOT, (criado em 26 de fevereiro de 2002) pela Resolução CONAMA N°. 297, que por sua vez, foi elaborado com base na Legislação da Diretiva Européia.

### 4.3 Modelagem Matemática

Neste item é descrita a modelagem matemática de referência para elaboração do inventário de emissões dos motocicletos.

#### 4.3.1 Fator de Emissão

Em geral, é expresso em g/km ou g/kWh, e procura representar o valor médio das emissões ao longo de um ciclo padronizado de percurso. Os veículos passam por testes de norma em dinamômetros especiais que além de determinar em condições de eficiência relacionadas às curvas de torque e velocidade, permitem também obter as medidas das emissões. Estes testes procuram simular as condições típicas de funcionamento do veículo.

Os veículos a combustão interna apresentam deterioração das suas características de emissão que guardam, em geral, um relacionamento com a distância acumulada, conhecida como quilometragem, ao longo da sua utilização. Este fato é significativo no que se refere ao CO, monóxido de carbono e ao HC hidrocarbonetos. Os fatores de emissão são dependentes da distancia acumulada e as substâncias que são mais afetadas por este parâmetro. Sendo assim tem-se para os veículos do ciclo Otto que: [PECORELLI PERES, ROSSO e PINTO, 2003]

$$\mathbf{FEM (i, j) = f_1(kma)} \quad (4.1)$$

**Onde:**

**FEM (i,j)** – fator de emissão relativo à substância (i), correspondente à categoria veicular (j) em g/km. No caso do presente estudo considera-se como categoria apenas os motocicletos tal que as cilindradas sejam maiores ou iguais a 100 cc portanto  $j=1$

**$f_1(kma)$**  – é a função que relaciona o fator de emissão com a distância acumulada percorrida.

**kma** – distância acumulada em km.

Em relação à equação (4.1) **kma** define a *idade de uso do veículo* e que pode ser relacionado como *idade cronológica*, representando esta última, simplesmente, o número de anos de um veículo referido, em geral ao ano de fabricação. Uma das maneiras de estimar **kma** é por meio da relação (4.2):

$$\mathbf{kma} = \mathbf{f}_2(\mathbf{IC}) \quad (4.2)$$

**Onde:**

**IC** – idade cronológica do veículo em anos

**f<sub>2</sub> (IC)** – função representativa de **kma** em relação à **IC**

Para efeito de avaliação pode-se definir **IC** da seguinte maneira:

$$\mathbf{IC} = \mathbf{AA} - \mathbf{AF} \quad (4.3)$$

Onde:

**AA** – ano de avaliação

**AF** – ano da fabricação

A distancia acumulada **kma = f<sub>2</sub> (IC)** pode ser calculada para cada categoria veicular (j) pela soma das estimativas das distâncias anuais percorridas desde o ano de fabricação “AF” até o ano de avaliação AA a fim de que se possam determinar os fatores de emissão “FEM” correspondentes ao CO e HC.

A obtenção das estimativas das distâncias médias anuais percorridas pode ser relacionada conforme segue:

**DMA (AF,AA)** – estimativas das distâncias médias percorridas em km no ano de avaliação, referente aos veículos de ano de fabricação **AF**.

$$\mathbf{DMA (AF,AA)} = \mathbf{0} \text{ para } \mathbf{AA} < \mathbf{AF}$$

Cada **DMA (AF,AA)** é então visualizada como um elemento de uma matriz representativa das distâncias percorridas a cada ano, cujas linhas indiquem os AF, anos de

fabricação e as colunas os **AA**, anos de avaliação.[PECORELLI PERES, ROSSO et PINTO, 2003].

A tabela 4.3.1 mostra a “**kma**” e a “**DMA**” de acordo com o ano de fabricação.

**Tabela 4.3.1 Relação entre AF (Ano de Fabricação) e DMA (Distância Anual Percorrida)**

<b>AF (Ano de Fabricação)</b>	<b>DMA (km)</b>
<b>Até 1979</b>	<b>8.000</b>
<b>1980 a 1988</b>	<b>10.000</b>
<b>1989 a 1991</b>	<b>13.500</b>
<b>1992 a 1996</b>	<b>15.800</b>
<b>1997 em diante</b>	<b>22.000</b>

**Fonte: PECORELLI PERES, ROSSO et PINTO, 2004.**

Na equação (4.1) a variável (**i**), refere-se às substâncias emitidas consideradas no inventário, podendo-se adotar o seguinte:

**i = 1 → CO**

**i = 2 → HC**

**i = 3 → NO<sub>x</sub>**

**i = 4 → SO<sub>x</sub>**

**i = 5 → MP**

**i = 6 → CO<sub>2</sub>**

#### **4.3.2 Avaliação Anual das Emissões de Forma Aproximada**

Considerando-se uma substância (**i**) e os veículos de fabricação **AF** de uma categoria veicular (**j**), o montante de emissões no ano de avaliação **AA** é dado por [PECORELLE PERES, ROSSO et PINTO; 2003]

$$\mathbf{MO (i, j) = [FEM (i, j) * DMA (AF, AA) * NV (AF, j)] * 10^{-6}} \quad (4.4)$$

**Onde:**

**MO (i,j)** = montante anual de emissões da substância **(i)** no ano **AA** relativa aos veículos de ano fabricação **AF**, da categoria veicular **(j)** em toneladas

**FEM (i,j)** – fator de emissão relativo à substância **(i)** relativo à categoria veicular **(j)** em g/km

**DMA (AF,AA)** – estimativa da distância média anual dos veículos da categoria veicular **(j)** de ano de fabricação **AF** no ano de avaliação **AA**, em quilômetros.

**NV(j)** – número de veículos de ano de fabricação **AF** da categoria **(j)**

Aplicando-se as quatro equações acima citadas é possível estimar o montante de poluição gerada pelos motociclos no Estado do Rio de Janeiro.

## **CAPÍTULO 5**

### **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES PARA A FROTA DE MOTOCICLOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.**

#### **5.1 Premissas e Hipóteses Consideradas**

Uma das ferramentas mais úteis para se avaliar a contribuição dos motocicletos nas emissões atmosféricas e qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro é o estabelecimento de um inventário, segundo uma metodologia adequada, que possa ser utilizada como base para planejamento de ações de caráter preventivo e corretivo, bem como indicador de eficácia das ações desenvolvidas no âmbito do programa de controle da poluição do ar por motocicletos e ciclomotores e similares – PROMOT.

Neste trabalho, as substâncias avaliadas foram: o CO (monóxido de carbono), os HC (hidrocarbonetos), os NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio), os SO<sub>x</sub> (óxidos de enxofre), o MP (material particulado), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

Para se estimar as emissões provocadas pela frota de motocicletos do Estado do Rio de Janeiro utilizou-se os seguintes dados: tamanho da frota de cada ano-modelo, fatores de emissão e distâncias médias anuais percorridas. Foram levadas em consideração somente as emissões expelidas pelo tubo de escapamento dos motocicletos admitindo-se implicitamente que o programa de inspeção na sua forma atual não consegue exercer o controle sobre as frotas de tal maneira que estejam dentro dos padrões esperados e de acordo com o ano e modelo de cada veículo, isto é, leva-se em conta nos fatores de emissão, os motocicletos desregulados. Acrescente-se que apenas os motocicletos de quatro tempos, que incluem as motocicletas e motonetas do Estado do Rio de Janeiro, estejam incluídos nas avaliações, pois constituem a grande maioria da frota existente.

Para inventariar as emissões dos motocicletos na porção da frota escolhida foi elaborado um modelo que teve como referências principais. [PECORELLI PERES, ROSSO e PINTO; 2003] conforma descrito no item 4.3 o estudo realizado pelo IPT, Instituto de Pesquisa

Tecnológica [IPT, 2001] que tomou por base a metodologia empregada pela Agência Ambiental Americana (EPA) e o trabalho elaborado por [MURGEL, *et. al*, 1987].

Esta metodologia adota uma abordagem “*bottom-up*”, estimando o total das emissões a partir de fatores de emissão médios para cada ano-modelo.

Com relação à quilometragem média anual percorrida, tendo em vista, a ausência de estatística mais apurada, tomou-se como hipótese os levantamentos existentes para veículos leves, pois se admitiu, conforme informações disponíveis [REVISTA DETRAN, 2005] que a maioria dos usuários utilizam os motocicletos para substituir estes veículos. Sendo assim tomou-se o valor da Tabela 4.3.1 Relação entre AF (Ano de Fabricação) e DMA (Distância Média Anual Percorrida).

Além da Distância média anual percorrida, outros dados importantes são fatores de emissão e os fatores de deterioração devido aos poluentes HC e CO [PECORELLI PEREZ, ROSSO E PINTO, 2003].

### 5.1.1 Fatores de Emissão

De forma a levar em conta a evolução tecnológica dos motocicletos ao longo do período do inventário, isto é, de 1979 a 2004, separou-se os fatores de emissão em três grandes grupos. O primeiro vai de 1979 a 1987 e o segundo de 1988 à 2003 e a partir de 2004 considerou-se os fatores de emissão inseridos pelo PROMOT. Os fatores de emissão do primeiro período foram baseados em [MURGEL *et al*; 1987] e a Tabela 5.1.1 ilustra estes dados:

**Tabela 5.1.1 Fatores de Emissão da Frota de Motociclo no Período de 1979 a 1987 em g/km.**

<b>Fatores de Emissão da Frota (g/km)</b>				
<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>
<b>19,8</b>	<b>3,83</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>

Fonte: MURGEL et al, 1987



A partir de 1988 até 2003 foram utilizados os fatores de emissão adotados nos Estados Unidos para motocicletas nos quais não é exercido o controle de emissões conforme dados utilizados e disponíveis pelo [IPT, 2001] e que constituiu um cenário mais otimista se comparado com o europeu conforme Tabela 5.1.2 onde é feita esta comparação.

**Tabela 5.1.2 Fatores Emissão dos E.U.A. e Europa**

	CO(g/km)	HC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
<b>E.U.A</b>	<b>23,5</b>	<b>2,0</b>	<b>0,135</b>
<b>EURO</b>	<b>40</b>	<b>5,9</b>	<b>0,2</b>

**Fonte: IPT, 2001.**

Para o ano de 2004 os fatores de emissão foram utilizados do atual regulamentação brasileira, conforme o PROMOT. A tabela 5.1.3 mostra estes valores.

**Tabela 5.1.3 Fatores de Emissão adotados para 2004. (PROMOT)**

	Poluentes		
<b>PROMOT</b>	<b>CO (g/km)</b>	<b>HC (g/km)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (g/km)</b>
<b>2004</b>	<b>13,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,3</b>

*Fonte:*

*MMA*

Com relação ao cálculo do fator de emissão referente ao SO<sub>x</sub>, foi utilizada a equação 5.1 conforme [MURGEL *et al*, 1987] para os três períodos. Todavia, adaptações foram introduzidas nesta expressão no que se refere ao consumo médio de combustível que passou a ser 13,42 km/l. Também houve uma variação no percentual de enxofre na gasolina pois antes da década de 90 o petróleo em grande parte importado continha 0,08% teor de enxofre e passou para 0,1% nos anos 90. Isto se deve a utilização de uma maior quantidade do petróleo brasileiro que é rico em enxofre aumentando, assim este percentual [ANP, 2004]. O anexo 4 apresenta uma tabela de especificação da gasolina onde consta o teor de enxofre.

A equação 5.1 utilizada vem expressa a seguir:

$$FE(SO_x) = (M(SO_2) * d * S) / (M(S) * 100 * C) \quad (5.1)$$

**Onde:**

**FE** = Fator de Emissão

**d** = massa específica de combustível (gasolina) (g/l)  $d = 755 \text{ g/l}$

**S** = porcentagem em peso do enxofre no combustível

**C** = Consumo médio de combustível (km/l)

**M(SO<sub>2</sub>)** = massa molecular do SO<sub>2</sub> (64g)

**M(S)** = massa molecular do enxofre (32g)

Aplicando-se à equação 5.1 a porcentagem de  $S = 0,1\%$  e o consumo  $C = 13,42 \text{ km/l}$  encontrando-se o valor de  $0,112 \text{ g/km}$  de SO<sub>x</sub> o qual é utilizado neste trabalho para o cálculo de inventário.

As idades cronológicas dos motocicletos estudados correspondem a um período máximo de 25 anos, caracterizando a vida útil destes veículos. Assim, os anos-modelos, procuram cobrir o período já mencionado de 1979 a 2004.

Para efeito de estimativas das frotas tomou-se como base de cálculos a produção de motocicletos destinada ao mercado interno, conforme as indicações nos itens que se seguem:

Quanto ao fator de emissão de CO<sub>2</sub>, tomou-se como referência  $15 \text{ g/km}$  citado por [CARVALHO<sup>2</sup>, 2005], engenheiro da CETESB.

## 5.2 Frota Base

Entende-se por frota base os somatórios de motocicletos de cada ano-modelo considerado no período de inventário, isto é, de 1979 a 2004. Com isto, se for tomado, por exemplo, o ano, de 1991, a frota analisada é constituída pelo somatório de motocicletos dos anos modelos existentes desde 1979 a 1991.

Para isto, foram utilizados os dados do DENATRAN com o objetivo de desenvolver os cálculos do inventário das emissões para os anos de 2002, 2003, 2004, bem como, dados de produção e vendas internas de motocicletos conforme a ABRACICLO (Associação Brasileira

dos Fabricantes de Motocicletas e Ciclomotores Motonetas Bicicletas e Similares). De posse destes dados foi possível estimar as frotas de motocicletas do período analisado, de acordo com as seguintes equações:

Seja  $TV_{AA}$  o total de vendas de motocicletas desde o AF= 1979 até o ano sob avaliação AA expresso pela equação 5.2.

$$TV_{AA} = \sum_{AF=1979}^{AA} V_{AF} \quad (5.2)$$

**Onde:**

**AA** – ano avaliado

**AF** – ano de fabricação

**$V_{AF}$**  – número de motocicletas vendidas no ano de fabricação AF

De modo a se estimar o número de motocicletas da frota de cada ano-modelo, admitiu-se como hipótese plausível a sua relação com o fator de participação das motocicletas no mercado interno. Para isto, considerou-se a seguinte equação:

$$FP(AF, AA) = V_{AF} / TV_{AA} \quad (5.3)$$

**Onde:**

**$FP(AF, AA)$**  – Fator de participação de motocicletas do ano AF em relação às vendas acumuladas até o ano AA.

**$V_{AF}$**  – número de motocicletas vendidas no ano AF, conforme ABRACICLO.

**$TV_{AA}$**  – Total de vendas até o ano AA.

Para o cálculo do número de motocicletas de um determinado ano-modelo de fabricação AF existente num ano de avaliação AA, com base no fator de participação da frota foi estabelecida à equação 5.4.

$$\mathbf{FM (AF, AA) = FP (AF, AA) * FMR (AA)} \quad \mathbf{(5.4)}$$

**Onde:**

**FM (AF, AA)** – Frota de motocicletas existente no ano-modelo AF com referência ao ano de avaliação AA.

**FMR (AA)** – Frota de motocicletas de referência informada pelo DENATRAN correspondente ao ano de avaliação.

Na Tabela 5.2.1 são apresentados os resultados da utilização da equação 5.2 dos motocicletas produzidos dos anos de 1979 a 2004 informados pela ABRACICLO e a frota base informada pelo DENATRAN

**Tabela 5.2.1 Total de Vendas e Frota de Referência de Motocicletas do Estado do Rio de Janeiro.**

<b>Ano</b>	<b>TV<sub>AA</sub></b>	<b>FMR (AA)</b>
<b>2002</b>	<b>5307186</b>	<b>210268</b>
<b>2003</b>	<b>6947987</b>	<b>244628</b>
<b>2004</b>	<b>7859704</b>	<b>280936</b>

**Fontes: TV (ABRACICLO)**

**FMR (DENATRAN)**

Através da aplicação da equação 5.2 obteve-se o total de vendas do ano de avaliação e na equação 5.3 os fatores de participação, estes resultados obtidos foram substituídos na equação 5.4 para que o número de motocicletas de cada ano fosse determinado e as frotas

determinadas do ano de 1979 ao ano de 2004. A Tabela 5.2.2 ilustra os resultados da aplicação destas fórmulas para que se possa calcular as frotas deste período de tempo.

**Tabela 5.2.2 Fatores de Participação e Frota Avaliada.**

Ano	Vendas ( $V_{AF}$ )	Fator de	Nº Motos	
		Participação FP (AF, AA)	Dez/04 FM (AF, AA)	
1979	63636	0,031099	2194	2194
1980	125000	0,015840	4309	6503
1981	155572	0,012734	5363	11866
1982	215767	0,009186	7438	19304
1983	219000	0,009055	7549	26853
1984	180000	0,011022	6205	33058
1985	161378	0,012300	5563	38622
1986	166160	0,011952	5728	44349
1987	175613	0,011315	6054	50403
1988	158671	0,012529	5470	55873
1989	153617	0,012948	5296	61169
1990	123169	0,016157	4246	65414
1991	109168	0,018238	3763	69178
1992	53450	0,037268	1843	71020
1993	67997	0,02931	2344	73364
1994	127395	0,015652	4392	77756
1995	200592	0,009946	6915	84671
1996	275668	0,007241	9503	94174
1997	407430	0,004901	14045	108219
1998	441536	0,004525	15221	123440
1999	460122	0,004344	15861	139301

<b>2000</b>	<b>574149</b>	<b>0,003483</b>	<b>19792</b>	<b>159093</b>
<b>2001</b>	<b>692096</b>	<b>0,002891</b>	<b>23858</b>	<b>182952</b>
<b>2002</b>	<b>792424</b>	<b>0,002526</b>	<b>27317</b>	<b>210268</b>
<b>2003</b>			<b>34360</b>	<b>244628</b>
<b>2004</b>			<b>36308</b>	<b>280936</b>

**Observação:**

a) AF – 1979 a 2004;

b) AA – 2004;

c) A obtenção do número de motocicletas para os anos de 2003 e 2004 considerou-se as motos acrescentadas à frota, Isto é, para o ano de 2003 tomou-se a diferença entre 244628 e 210268 e para o ano de 2004 a diferença entre 280936 e 244628.

Para cálculo das emissões a metodologia considera para cada ano de fabricação AF, o número de motocicletas as distâncias médias anuais, **DMA** e os fatores de emissão de cada substância, **i**.

Desta forma, a emissão total de uma determinada substância, em um ano específico, pode ser expressa pela equação 4.4 adaptada para o estudo em pauta no qual a categoria se refere exclusivamente aos motocicletas:

$$MA (i) = FEM (i) * DMA (AF, AA) * NV (AF) * 10^{-6} \quad (5.5)$$

A Tabela 5.2.3 apresenta os fatores de emissão considerados para cada ano-modelo ou ano de fabricação AF. A Tabela 5.2.4 foi obtida através dos cálculos do inventário do ano de 2004 aplicando-se a equação 5.5 aos dados da Tabela 5.2.3.

**Tabela 5.2.3 Fatores de Emissão para CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub> de Acordo Anos de Fabricação, AF dos Motociclos em g/km.**

<b>Fatores de Emissão (g/km)</b>								
<b>NºMoto Km/an</b>								
<b>Anos</b>	<b>s</b>	<b>o</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>

1979	2194	8000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1980	4309	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1981	5363	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1982	7438	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1983	7549	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1984	6205	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1985	5563	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1986	5728	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1987	6054	10000	19,8	3,83	0,130	0,090	0,07	15,0
1988	5470	10000	23,5	2,00	0,135	0,090	0,07	15,0
1989	5296	13500	23,5	2,00	0,135	0,090	0,07	15,0
1990	4246	13500	23,5	2,00	0,135	0,090	0,07	15,0
1991	3763	13500	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1992	1843	15800	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1993	2344	15800	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1994	4392	15800	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1995	6915	15800	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1996	9503	15800	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1997	14045	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1998	15221	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
1999	15861	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
2000	19792	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
2001	23858	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
2002	27317	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
2003	34360	22000	23,5	2,00	0,135	0,112	0,07	15,0
2004	36308	22000	13,0	3,00	0,300	0,112	0,07	15,0

**Tabela 5.2.4 Inventário para o Ano de 2004 Valores em Toneladas de cada Substância.**

Ano	km/ano	Nº de Motos	Emissão em Toneladas por ano (t/ano)					
			CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
1979	8000	2194	347	67	2	2	1	263
1980	10000	4309	853	165	6	4	3	646

1981	10000	5363	1062	205	7	5	4	804
1982	10000	7438	1473	285	10	7	5	1116
1983	10000	7549	1495	289	10	7	5	1132
1984	10000	6205	1229	238	8	6	4	931
1985	10000	5563	1101	213	7	5	4	834
1986	10000	5728	1134	219	7	5	4	859
1987	10000	6054	1199	232	8	5	4	908
1988	10000	5470	1285	109	7	5	4	820
1989	13500	5296	1680	143	10	6	5	1072
1990	13500	4246	1347	115	8	5	4	860
1991	13500	3763	1194	102	7	6	4	762
1992	15800	1843	684	58	4	3	2	437
1993	15800	2344	870	74	5	4	3	556
1994	15800	4392	1631	139	9	8	5	1041
1995	15800	6915	2567	219	15	12	8	1639
1996	15800	9503	3528	300	20	17	11	2252
1997	22000	14045	7261	618	42	35	22	4635
1998	22000	15221	7869	670	45	38	23	5023
1999	22000	15861	8200	698	47	39	24	5234
2000	22000	19792	10233	871	59	49	30	6531
2001	22000	23858	12335	1050	71	59	37	7873
2002	22000	27317	14123	1202	81	67	42	9015
2003	22000	34360	17764	1512	102	85	53	11339
2004	22000	36308	10384	2396	240	89	56	11982
Total		280936	112849	12188	836	572	367	78565

### 5.2.1 Fatores de Deterioração

Devido ao uso do veículo de combustão interna o desgaste de peças e de componentes afeta as características de emissão do motor, aumentando especialmente a emissão de CO e HC. [MURGEL *et al*,1987], mesmo que sob manutenção adequada. Os fatores de emissão



para veículos usados são obtidos levando em conta os fatores de deterioração (FD). Desta forma, o fator de emissão passa a ser indicado de acordo com a equação 5.6.

$$\mathbf{FEM = FE * FD} \quad (5.6)$$

**Onde:**

**FEM** = Fator de Emissão Modificado

**FE** = Fator de emissão para  $k_{ma} = 0$ , isto é, são valores dos testes de homologação do veículo.

**FD** = fator de deterioração

Para levar em consideração os fatores de deterioração, do CO e HC podem ser utilizadas as relações empíricas da Environmental Protection Agency (EPA) para veículos fabricados a partir de 1977, conforme [MURGEL *et al*, 1987]

$$\mathbf{FD_{CO} = [(56,34) + (2,55 * Y)] / (56,34)} \quad (5.7)$$

$$\mathbf{FD_{HC} = [(4,43) + (0,25 * Y)] / (4,43)} \quad (5.8)$$

**Onde:**

$$\mathbf{Y = k_{ma} / (1,61 * 10^4)} \quad (5.9)$$

Observe que na equação 4.2,  $k_{ma}$  é a distância acumulada em km. O valor para FD é limitado quando Y atinge 6,27 admitindo-se que o veículo após percorrer 100000 km tenha estabilizado a degradação das emissões.

Para as demais substâncias, considerou-se o fator de deterioração igual a 1 no caso do  $NO_x$  que existe uma tendência à diminuição da emissão deste gás em consequência do desgaste dos anéis dos pistões e a consequente diminuição da pressão dentro dos cilindros e da temperatura dos gases. Portanto as equações 5.10 e 5.11 expressam o montante anual de emissões do monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC), levando em conta os fatores de deterioração.

$$MA (CO) = FEM (CO) * DMA (AF, AA) * NV * FD_{CO} * 10^{-6} \quad (5.10)$$

$$MA (HC) = FEM (HC) * DMA (AF, AA) * NV * FD_{HC} * 10^{-6} \quad (5.11)$$

Com a introdução do fator de deterioração aos inventários de 2002, 2003 e 2004 obtém-se os novos valores para as emissões do CO e HC. Para obtenção destes resultados foram calculados os fatores de deterioração para cada ano de fabricação AF dos motociclos a distância acumulada, kma, e com isto, determinar as emissões correspondentes no ano avaliado. A Tabela 5.2.5 apresenta os fatores de deterioração para o CO e HC relativos aos inventários dos anos de 2002, 2003 e 2004 respectivamente:

**Tabela 5.2.5 Fatores de Deterioração relativos ao CO e HC para o Inventário de 2004.**

Ano	kma	Y	FD <sub>CO</sub>	FD <sub>HC</sub>
1979	393500	6,27	1,28	1,35
1980	385500	6,27	1,28	1,35
1981	375500	6,27	1,28	1,35
1982	365500	6,27	1,28	1,35
1983	355500	6,27	1,28	1,35
1984	345500	6,27	1,28	1,35
1985	335500	6,27	1,28	1,35
1986	325500	6,27	1,28	1,35
1987	315500	6,27	1,28	1,35
1988	305500	6,27	1,28	1,35
1989	295500	6,27	1,28	1,35
1990	282000	6,27	1,28	1,35
1991	268500	6,27	1,28	1,35
1992	255000	6,27	1,28	1,35
1993	239200	6,27	1,28	1,35
1994	223400	6,27	1,28	1,35

<b>1995</b>	<b>207600</b>	<b>6,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>
<b>1996</b>	<b>191800</b>	<b>6,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>
<b>1997</b>	<b>176000</b>	<b>6,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>
<b>1998</b>	<b>154000</b>	<b>6,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>
<b>1999</b>	<b>132000</b>	<b>6,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>
<b>2000</b>	<b>110000</b>	<b>6,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>
<b>2001</b>	<b>88000</b>	<b>5,47</b>	<b>1,25</b>	<b>1,31</b>
<b>2002</b>	<b>66000</b>	<b>4,10</b>	<b>1,19</b>	<b>1,23</b>
<b>2003</b>	<b>44000</b>	<b>2,73</b>	<b>1,12</b>	<b>1,15</b>
<b>2004</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

A Tabela 5.2.6 apresenta as emissões do CO e HC levando em conta os fatores de deterioração correspondente para o inventário até 2004 respectivamente.

**Tabela 5.2.6 Emissão de CO e HC com Fator de Deterioração até Ano de 2004.**

	Ano	FE c/FD(g/km)		Emissões c/FD (t/ano)			
		CO	HC	CO	HC		
	1979	25,42	5,19	446	91		
	1980	25,42	5,19	1095	223		
	1981	25,42	5,19	1363	278		
	1982	25,42	5,19	1891	386		
	1983	25,42	5,19	1919	391		
	1984	25,42	5,19	1577	322		
	1985	25,42	5,19	1414	288		
	1986	25,42	5,19	1456	297		
	1987	25,42	5,19	1539	314		
	1988	30,17	2,71	1650	148		
	1989	30,17	2,71	2157	194		
	1990	30,17	2,71	1729	155		
	1991	30,17	2,71	1533	138		
	1992	30,17	2,71	878	79		
	1993	30,17	2,71	1117	100		
	1994	30,17	2,71	2093	188		
	1995	30,17	2,71	3296	296		
	1996	30,17	2,71	4530	407		
	1997	30,17	2,71	9322	837		
5.3	1998	30,17	2,71	10102	907		Resultados
Encontrados	1999	30,17	2,71	10528	945	com	a
Metodologia	2000	30,17	2,71	13136	1179	Proposta.	
	2001	29,31	2,62	15386	1374		
	2002	27,86	2,46	16743	1480		
5.3.1	2003	26,41	2,31	19961	1745	Inventário	de
2002, 2003 e	2004	13,00	3,00	10384	2396	2004	e
Tendências.	Total			137247	15157		

Este item apresenta a síntese dos resultados relativos das emissões das substâncias consideradas para os anos de 2002, 2003 e 2004. A Tabela 5.3.1, apresenta os inventários

referentes aos anos , 2002, 2003 e 2004 levando em conta os fatores de deterioração do CO e HC.

**Tabela 5.3.1 Síntese das Emissões Totais em 2002, 2003 e 2004 Considerando FD para o CO e o HC.**

Ano	Substâncias Analisadas					CO <sub>2</sub> (t)
	CO		NO <sub>x</sub>		MP	
	c/FD(t)	HC c/FD (t)	(t)	(t)	(t)	
2002	106900	11017	495	399	258	55243
2003	126861	12766	597	484	311	66582
2004	137247	15157	836	572	367	78565

Na Figura 5.3.1 é apresentado o gráfico do inventário de emissão de CO, HC e CO<sub>2</sub> dos anos de 2002, 2003 e 2004 para os motocicletos do Estado do Rio de Janeiro considerando FD para o CO e HC.

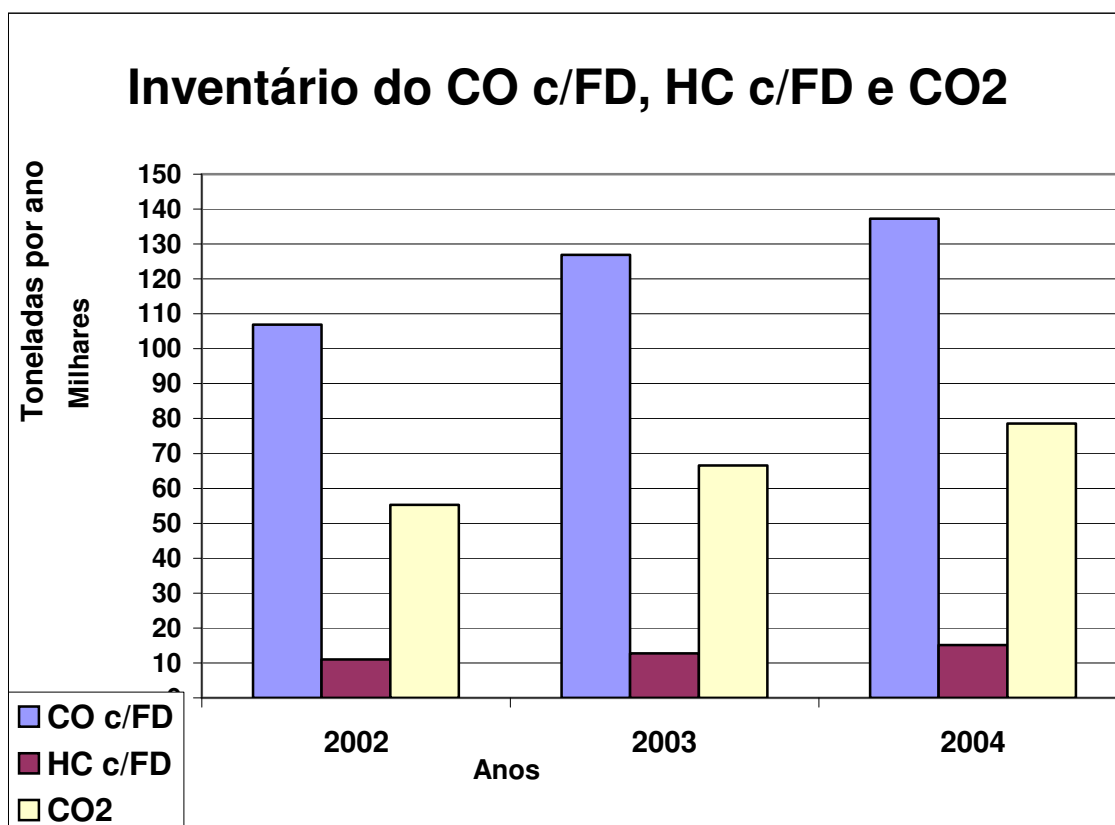
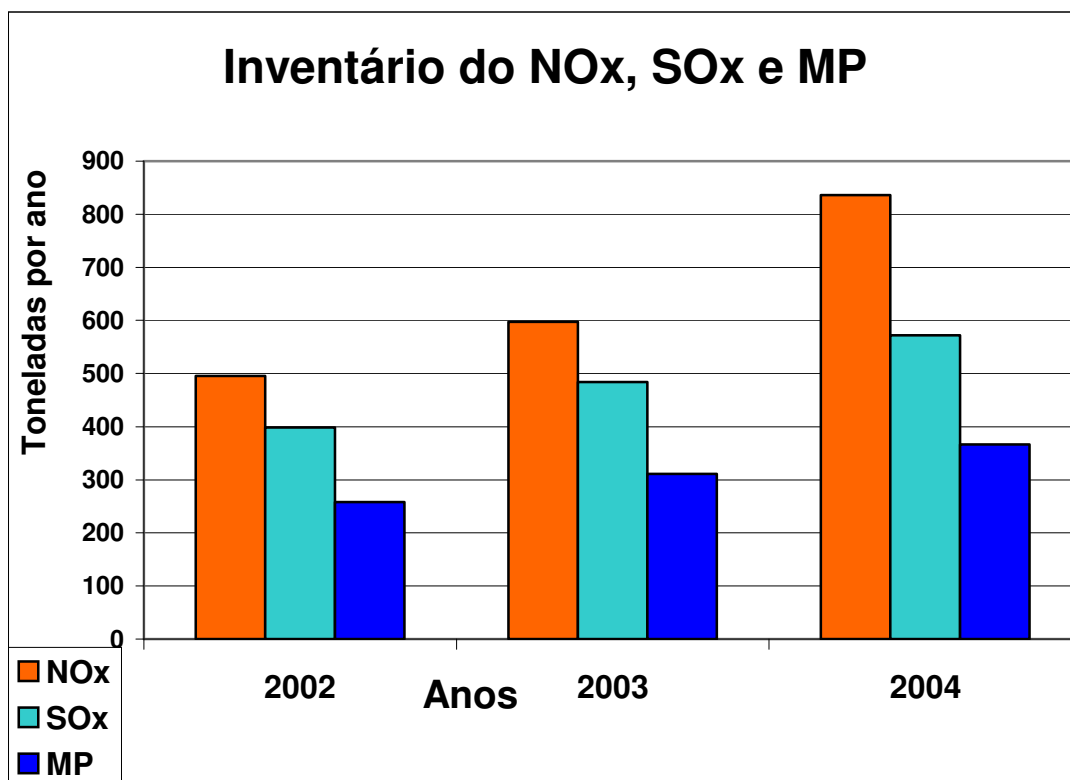


Figura 5.3.1 Gráfico do Inventário das Emissões de CO, HC e CO<sub>2</sub> dos Anos de 2002, 2003 e 2004.

Na Figura 5.3.2 é apresentado um gráfico de inventário das emissões do NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e MP dos anos de 2002, 2003 e 2004 para os motocicletas do Estado do Rio de Janeiro.

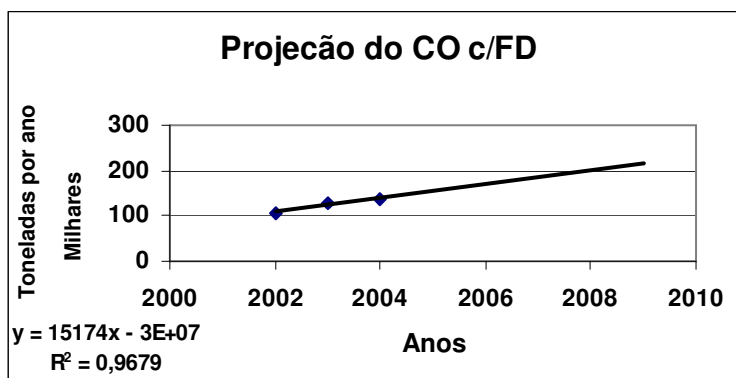


**Figura 5.3.2 Inventário das Emissões do NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e MP dos anos de 2002, 2003 e 2004 para os motocicletas do Estado do Rio de Janeiro**

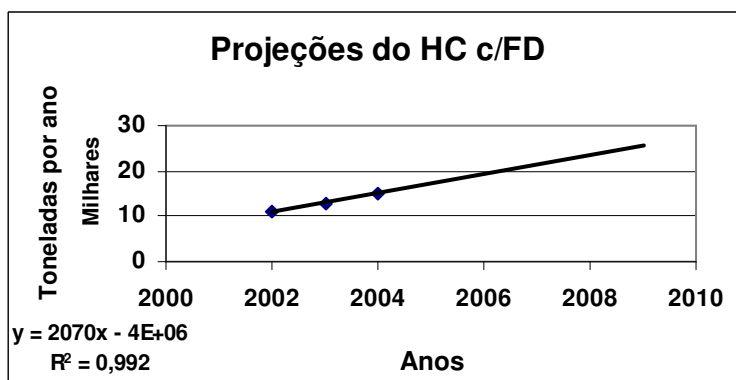
Tendo em vista, que os dados de frota utilizados foram os do DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito) o que indica, que os motocicletas em circulação anos de 2002, 2003 e 2004, já foram levados em conta por esta instituição os fatores de sucateamento não sendo necessário levar em conta os veículos que sofreram perda total por acidente ou, por exemplo, foram retirados do cadastro tendo em vista o término da vida útil.

A partir destes cálculos foi possível estabelecer uma projeção de tendências de crescimento das emissões das substâncias avaliadas até o ano de 2010, utilizando-se o método dos mínimos quadrados e admitindo-se uma função linear de primeiro grau. As Figuras

representativas dos gráficos das tendências do CO c/FD, HC c/FD, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub> vêm a seguir indicados, conforme os gráficos 5.3.3, 5.3.4, 5.3.5, 5.3.6, 5.3.7 e 5.3.8.



**Figura 5.3.3 Gráfico de Projeções de Emissão de CO c/FD dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010**



**Figura 5.3.4 Gráfico de Projeções de Emissões de HC c/FD dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.**

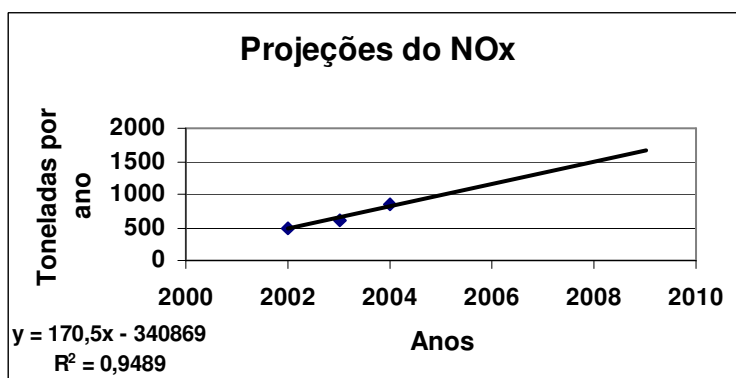


Figura 5.3.5 Gráfico de Projeções de Emissões de NO<sub>x</sub> dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.

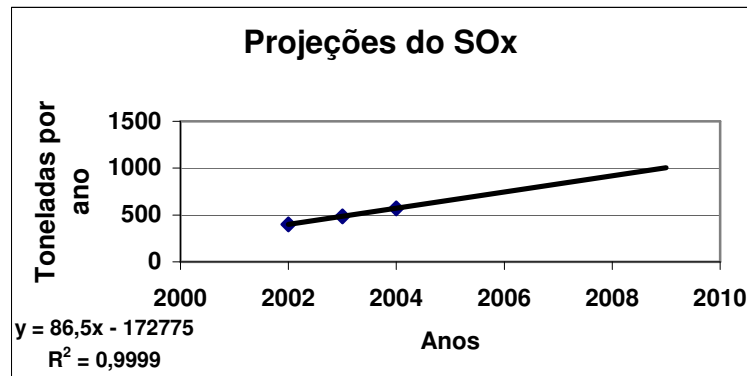


Figura 5.3.6 Gráfico de Projeções de Emissões de SO<sub>x</sub> dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.

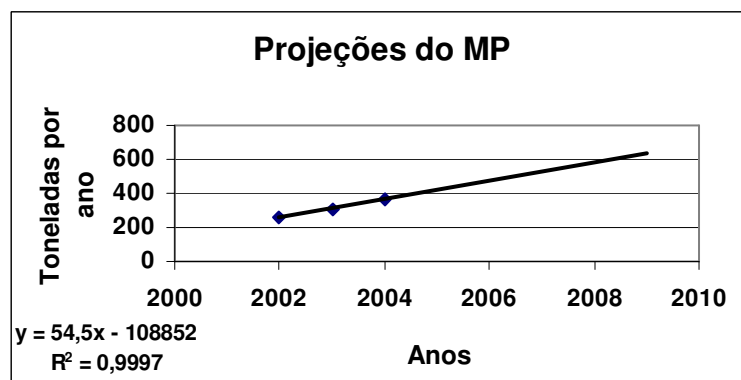
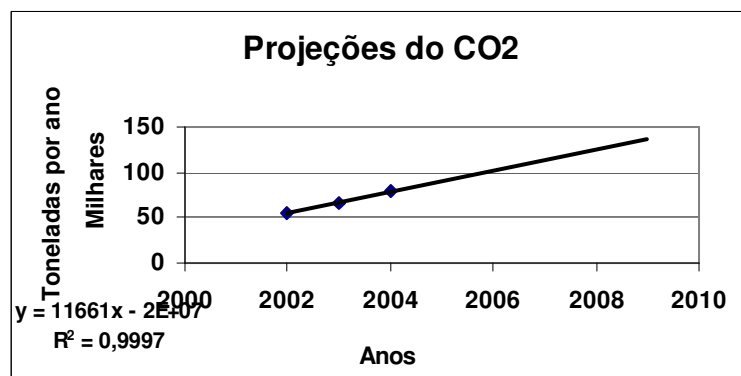


Figura 5.3.7 Gráfico de Projeções de Emissões de MP dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.





**Figura 5.3.8 Gráfico de Projeções de Emissões de CO<sub>2</sub> dos Motociclos do Estado do Rio de Janeiro até 2010.**

Neste item procurou-se determinar a projeção do inventário até 2010 de forma a verificar se as tendências de crescimento das emissões se alteram caso sejam atendidas as novas prescrições do PROMOT, as substâncias como o CO c/FD, HC c/FD e NO<sub>x</sub> necessitam de novos cálculos levando em conta a segunda e terceira fase do PROMOT. Isto se deve a subdivisão dos fatores de emissão dos motociclos menor que 150 cilindradas. Como não se dispõem destes dados para motociclos do estado do Rio de Janeiro foram utilizadas as médias dos fatores de emissão permitidos para estes veículos. A Tabela 5.3.2 mostra estes valores.

**Tabela 5.3.2 Valores Médios dos Fatores de Emissão para a Segunda e Terceira Fases do PROMOT**

<b>Fatores de Emissão Considerados para 2006 a 2010</b>			
<b>Anos</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>
<b>2006</b>	<b>5,50</b>	<b>1,10</b>	<b>0,3</b>
<b>2007</b>	<b>5,50</b>	<b>1,10</b>	<b>0,3</b>
<b>2008</b>	<b>5,50</b>	<b>1,10</b>	<b>0,3</b>
<b>2009</b>	<b>5,50</b>	<b>1,10</b>	<b>0,3</b>
<b>2010</b>	<b>2,00</b>	<b>0,55</b>	<b>0,15</b>

**Fonte: adaptação própria**

Com base nos cálculos realizados foi estimada a projeção dos motociclos do estado do Rio de Janeiro. Consideraram-se, então, os valores do período de 1996 a 2004 conforme a última coluna da Tabela 5.1.4, tendo em vista obter-se pelo método dos mínimos quadrados, obtendo-se uma aproximação linear, o número de motocicletas para 2005 a 2010.

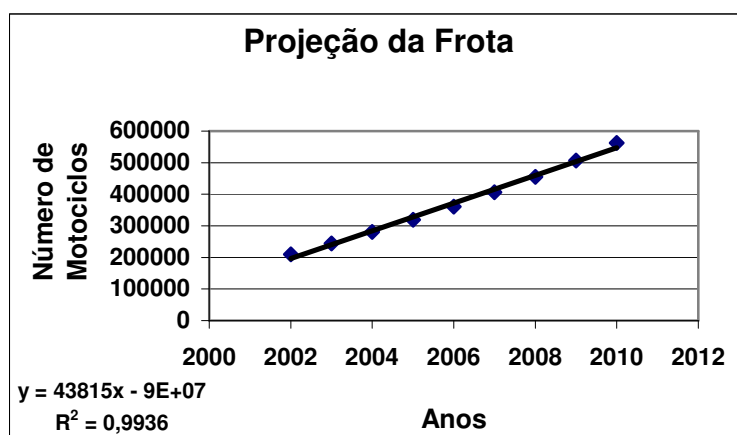
Nota-se que o período escolhido para este cálculo foi posterior ao Plano Real tendo em vista as influências econômicas que foram decisivas para este mercado. A Tabela 5.3.3 apresenta os cálculos das projeções das frotas de 1979 a 2010.

**Tabela 5.3.3 Projeções da Frota de Motociclos do Estado do Rio de Janeiro período de 1979 a 2010.**

<b>Anos</b>	<b>Nº de Motos</b>	
	<b>Correspondente</b>	<b>Frota</b>
	<b>ao AF</b>	<b>Valores Acumulados</b>
<b>1979</b>	<b>2194</b>	<b>2194</b>
<b>1980</b>	<b>4309</b>	<b>6503</b>
<b>1981</b>	<b>5363</b>	<b>11866</b>
<b>1982</b>	<b>7438</b>	<b>19304</b>
<b>1983</b>	<b>7549</b>	<b>26853</b>
<b>1984</b>	<b>6205</b>	<b>33058</b>
<b>1985</b>	<b>5563</b>	<b>38621</b>
<b>1986</b>	<b>5728</b>	<b>44349</b>
<b>1987</b>	<b>6054</b>	<b>50403</b>
<b>1988</b>	<b>5470</b>	<b>55873</b>
<b>1989</b>	<b>5296</b>	<b>61168</b>
<b>1990</b>	<b>4246</b>	<b>65414</b>
<b>1991</b>	<b>3763</b>	<b>69177</b>
<b>1992</b>	<b>1843</b>	<b>71020</b>
<b>1993</b>	<b>2344</b>	<b>73364</b>
<b>1994</b>	<b>4392</b>	<b>77756</b>
<b>1995</b>	<b>6915</b>	<b>84671</b>

1996	9503	94173
1997	14045	108219
1998	15221	123439
1999	15861	139301
2000	19792	159093
2001	23858	182951
2002	27317	210268
2003	34360	244628
2004	36308	280936
2005	38503	319439
2006	41843	361282
2007	45182	406464
2008	48521	454985
2009	51860	506845
2010	55200	562045

A Figura 5.3.9 mostra a projeção da frota de motocicletas do ano de 2002 até o ano de 2010, que foi obtido através da Tabela 5.3.3 pelo método dos mínimos quadrados.



**Figura 5.3.9 Gráfico da Projeção da Frota de Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 2002 a 2010.**

De posse de todos estes dados foram obtidos os fatores de deterioração para o CO e HC do ano de 2005 até o ano de 2010. A tabela 5.3.4 mostra este cálculo. Na Tabela 5.3.5 é mostrado o valor dos fatores de emissão para o inventário dos anos de 2005 a 2010 levando-se em conta os fatores de deterioração, e na Tabela 5.3.6 apresenta as emissões do CO c/FD, do HC c/FD, do NO<sub>x</sub>, do SO<sub>x</sub>, do MP e do CO<sub>2</sub> em toneladas por ano.

**Tabela 5.3.4 Fatores de deterioração de 2005 até o ano de 2010.**

Ano	Nº Motos	FDCO	FD HC
2005	38503	1,28	1,35
2006	41843	1,28	1,35
2007	45182	1,25	1,31
2008	48521	1,19	1,23
2009	51860	1,12	1,15
2010	55200	1,00	1,00

**Tabela 5.3.5 Fatores de Emissão para o CO c/FD, HC c/FD, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub> para os anos de 2005 até 2010.**

Ano	Nº Motos	FE CO c/FD (g/km)	FE HC c/FD (g/km)
2005	38503	16,7	4,1
2006	41843	7,1	1,5
2007	45182	6,9	1,4
2008	48521	6,5	1,4
2009	51860	6,2	1,3
2010	55200	2,0	0,6

Tabela 5.3.6  
Emissões das  
avaliadas.

são apresentadas as  
substâncias

**Tabela 5.3.6 Emissões do CO c/FD, do HC c/FD, do NO<sub>x</sub>, do SO<sub>x</sub>, do MP e do CO<sub>2</sub> em Toneladas para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro de 2005 até 2010.**

Ano	N° Motos	Emissão em Toneladas por ano (t/ano)					
		CO c/FD	HC c/FD	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
2005	38503	14137	3440	254	95	59	12706
2006	41843	6500	1371	276	103	64	13808
2007	45182	6819	1431	298	111	70	14910
2008	48521	6960	1446	320	120	75	16012
2009	51860	7051	1449	342	128	80	17114
2010	55200	2429	668	182	136	85	18216
<b>Total</b>		<b>43897</b>	<b>9804</b>	<b>1673</b>	<b>693</b>	<b>433</b>	<b>92766</b>

A Tabela 5.3.7 mostra as projeções e estimativas em toneladas das emissões dos CO c/FD, HC c/FD, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub> a partir de 2002 até o ano de 2010.

**Tabela 5.3.7 Estimativas em Toneladas do CO c/FD, do HC c/FD, do NO<sub>x</sub>, do SO<sub>x</sub>, do MP e do CO<sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 2002 até o ano de 2010.**

Ano	N° Motos	km/ano	Emissão em Toneladas por ano (t/ano)					
			CO c/FD	HC c/FD	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
2002	27317	22000	18131	1627	81	67	42	9015
2003	34360	22000	22805	2047	102	85	53	11339
2204	36308	22000	13331	3244	240	89	56	11982
2005	38503	22000	14137	3440	254	95	59	12706
2006	41843	22000	6500	1371	276	103	64	13808
2007	45182	22000	6819	1431	298	111	70	14910
2008	48521	22000	6960	1446	320	120	75	16012
2009	51860	22000	7051	1449	342	128	80	17114
2010	55200	22000	2429	668	182	136	85	18216
<b>Total</b>			<b>98164</b>	<b>16723</b>	<b>2096</b>	<b>934</b>	<b>584</b>	<b>125101</b>

Nos Gráficos 5.3.10 e 5.3.11 serão expostos os inventários para as substâncias analisadas neste trabalho do ano de 2002 até 2010.

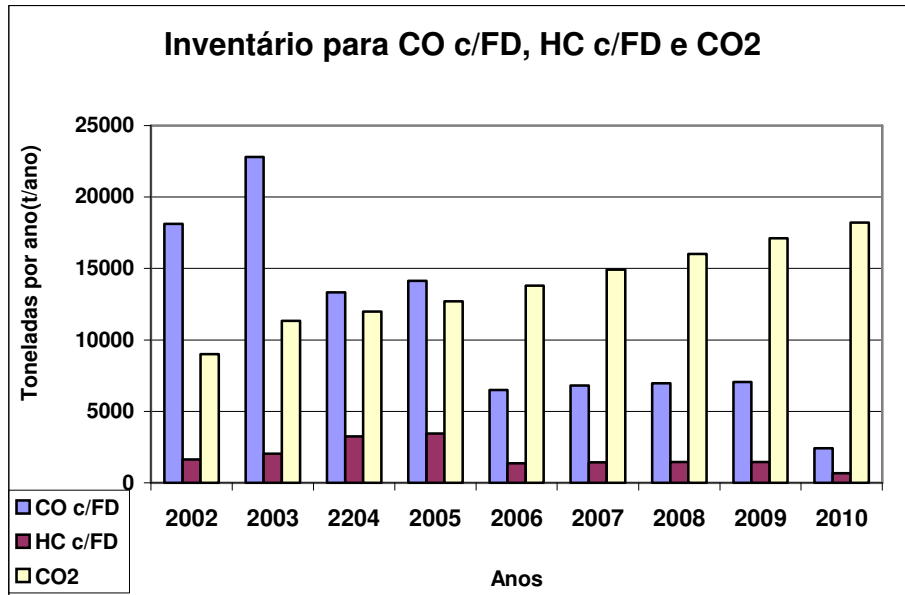


Figura 5.3.10 Gráfico Inventário para o CO c/FD, HC c/FD e CO<sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 2002 até o ano de 2010.

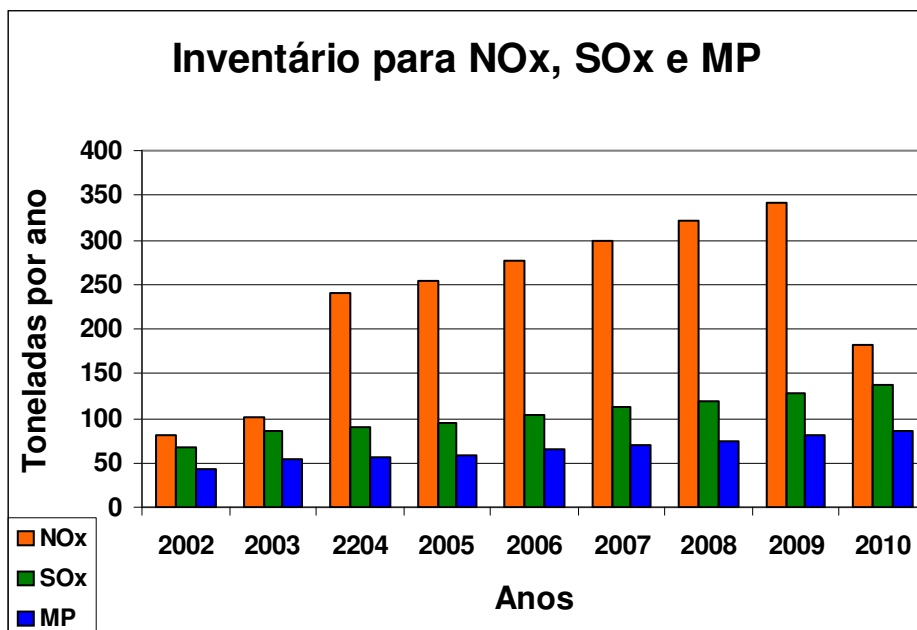


Figura 5.3.11 Gráfico do Inventário para o NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e MP para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 2002 até o ano de 2010.

As Figuras 5.3.12, 5.3.13 e 5.3.14 mostrarão os Gráficos das projeções das emissões de CO c/FD, HC c/FD, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub> para os motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 1980 até ao ano de 2010.

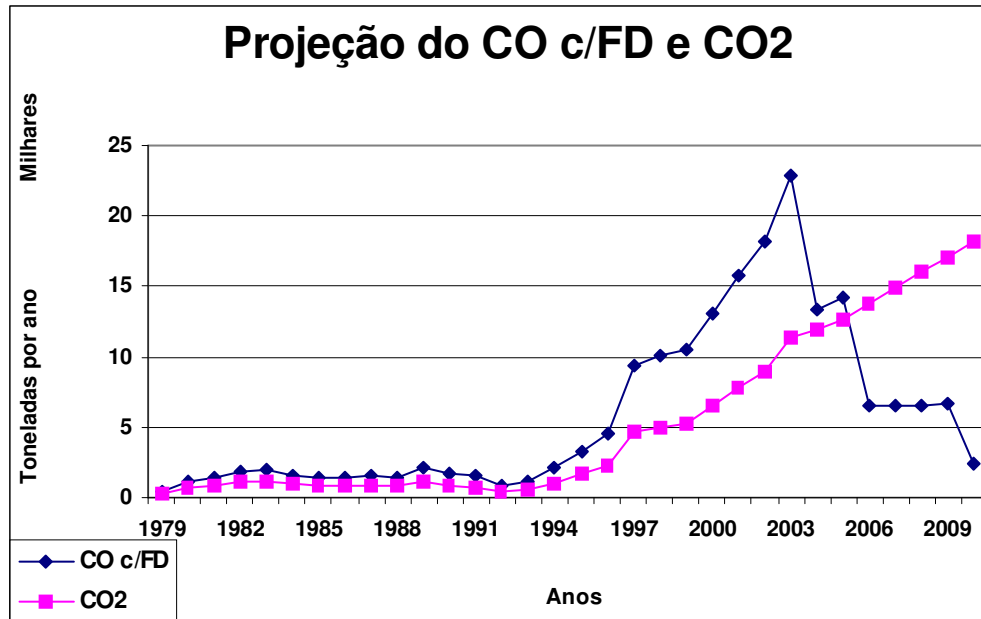
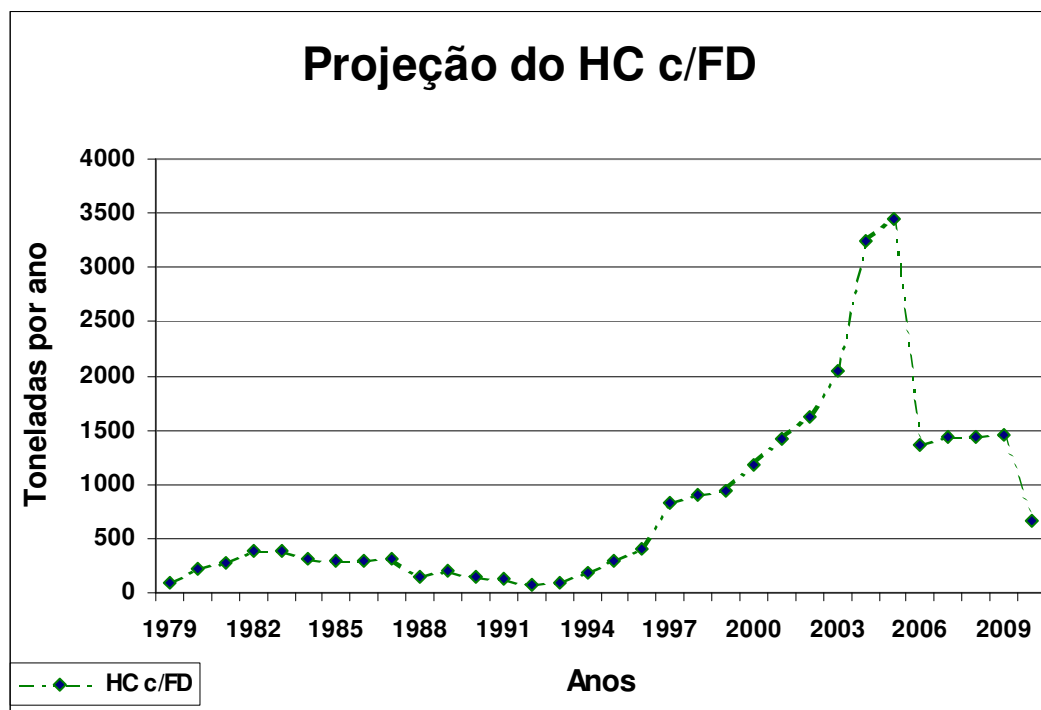
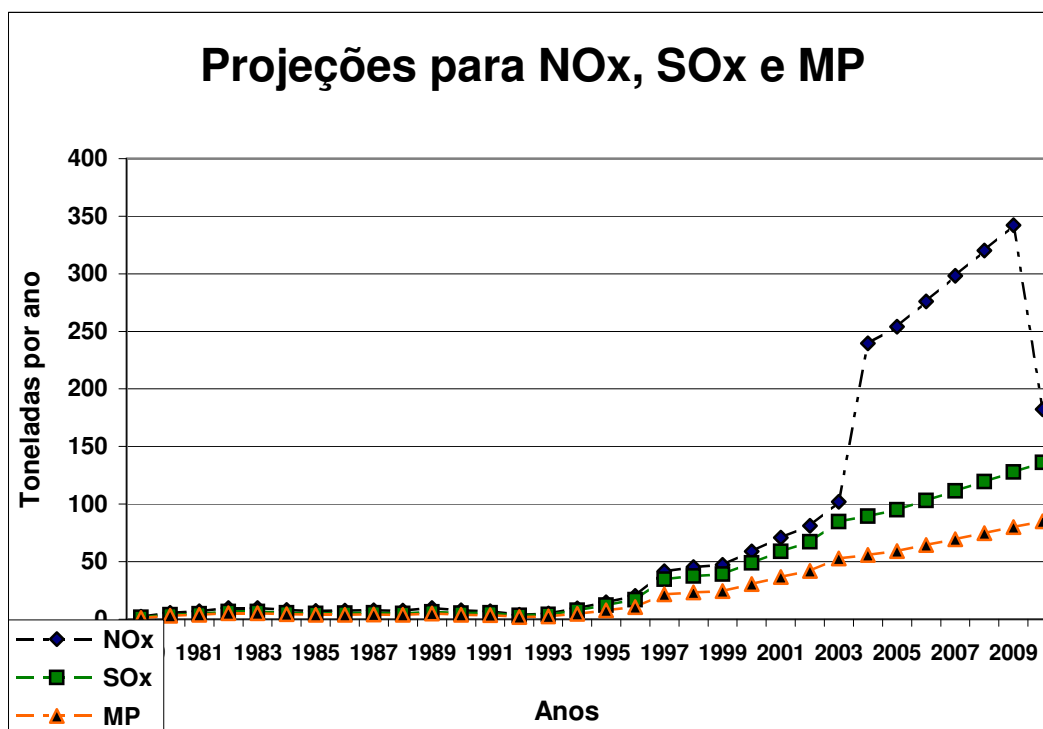


Figura 5.3.12 Gráfico de Projeção do CO c/FD e CO<sub>2</sub> para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 1979 até o ano de 2010.



**Figura 5.3.13 Gráfico de Projeção do HC c/FD para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 1979 até o ano de 2010.**



**Figura 5.3.14 Gráfico de Projeção do NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e MP para os Motociclos do Estado do Rio de Janeiro do ano de 1980 até o ano de 2010**

#### 5.4 Análises e Prognósticos.

O inventário das emissões do período de 2002 a 2004 mostra uma tendência de degradação da qualidade do ar caso fossem mantidos os padrões tecnológicos dos motocicletos no Brasil. Este fato fica notório observando-se os gráficos das Figuras 5.3.3 a 5.3.8. Considerando-se, então a projeção da frota conforme Tabela 5.3.3 na qual foi estimado o inventário de emissões até 2010, incluindo-se as determinações do PROMOT constata-se a reversão das tendências observada anteriormente. De fato as emissões crescem até 2003 e a partir de 2004 o processo se modifica em relação ao CO. Quanto à emissão de HC na primeira



fase do PROMOT coincidindo neste trabalho a partir de 2004 houve um aumento nas emissões em relação aos anos anteriores. A partir do ano de 2006, com a introdução da segunda fase ela passará a decrescer. No caso do  $\text{NO}_x$  com a introdução da primeira fase do PROMOT, houve um aumento significativo em relação aos anos anteriores avaliados neste trabalho, somente com a introdução da terceira fase do PROMOT a partir de 2009, é que haverá um decréscimo nas emissões desta substância.

Estes resultados constatarem de maneira menos otimista as conclusões do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT).

Todavia, apesar do PROMOT ter um papel eficaz neste período, verificou-se que é desejável uma aceleração deste processo de tal maneira que seja otimizada a redução dos danos ambientais causados pelos motociclos. Os itens que se seguem procuram apresentar algumas diretrizes a este respeito.

### **5.5 Mudanças de Tendências com a Introdução das Motocicletas Elétricas.**

Neste item, estuda-se a projeção do cenário dos motociclos do Estado do Rio de Janeiro com a introdução gradativa das motocicletas elétricas no inventário até o ano de 2010.

Como hipótese considerou-se a introdução de patamares de motocicletas elétricas nas vendas anuais a partir do ano de 2007. De acordo com esta análise, pode-se calcular então as emissões que passam a ser evitadas com a introdução de motocicletas elétricas, pois, estarão substituindo motocicletas convencionais que deixam de ser adquiridas, começando com a inclusão de 5% em 2007, 10% em 2008, 15% em 2009 e 20% em 2010, isto é, com aumento de 5% a cada ano. Nota-se que esta hipótese é considerada pessimista pelos fabricantes de motos elétricas, porém, é suficiente para mostrar como a melhoria da qualidade do ar poderá ser obtida incentivando-se a partir das políticas públicas consistentes novas tecnologias. A Tabela 5.5.1 mostra o número de motocicletas elétricas introduzidas no inventário de 2010 a partir do ano de 2007.

**Tabela 5.5.1 Penetração de Motocicletas Elétricas Consideradas a Partir do Ano de 2007.**

As Tabelas 5.5.2 e 5.5.3 mostram as emissões evitadas de CO c/FD, HC c/FD, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP e CO<sub>2</sub> com a introdução de 5%, 10%, 15% e 20% de motocicletas elétricas na frota de motociclos no Estado do Rio de Janeiro a partir do ano de 2007 até 2010, respectivamente. Estas Tabelas foram montadas utilizando o inventário do ano de 2010, que então gerou as Tabelas 5.5.2 e 5.5.3.

**Tabela 5.5.2 Projeções para Inventário das Emissões de Motociclos Convencionais no Estado do Rio de Janeiro do ano de 2007 a 2010.**

Emissão em Toneladas por ano (t/ano)							
CO							
Ano	Nº Motos	c/FD	HC c/FD	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
					Penetração no		
		Nº de		Mercado			
Ano	km/ano	Motos	Motocicletas Elétricas				
2007	22000	45182	5%	2259			
2008	22000	48521	10%	4852			
2009	22000	51860	15%	7779			
2010	22000	55200	20%	11040			
Total		200763		25930			
							1491
2007	45182	6819	1431	298	111	70	0

							1601
2008	48521	6960	1446	320	120	75	2
							1711
2009	51860	7051	1449	342	128	80	4
							1821
2010	55200	2429	668	182	136	85	6
							6625
<b>Total</b>	<b>200763</b>	<b>23260</b>	<b>4993</b>	<b>1143</b>	<b>495</b>	<b>309</b>	<b>2</b>

Portanto, considerando-se os inventários projetados no período de 2007 a 2010 somente com motocicletas convencionais é possível alterá-lo supondo-se a introdução das motos elétricas conforma a Tabela 5.3.3 Inventário de Emissões Levando em conta a Introdução de Motos Elétricas.

**Tabela 5.5.3 Projeções para Inventário de Emissões Evitadas com Introdução das Motocicletas Elétricas**

Emissões Evitadas em Toneladas por ano (t/ano)							
Ano	Nº Motos	CO c/FD	HC c/FD	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
2007	2259	341	72	15	6	3	745
2008	4852	696	145	32	12	7	1601
2009	7779	1058	217	51	19	12	2567
2010	11040	486	134	36	27	17	3643
<b>Total</b>	<b>25930</b>	<b>2580</b>	<b>567</b>	<b>135</b>	<b>64</b>	<b>40</b>	<b>8557</b>

As Figuras 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4, 5.5.5 e 5.5.6 mostram os gráficos das influências da introdução das motocicletas elétricas na frota de motocicletas do de 2007 até 2010 para o CO c/FD, o HC c/FD, o NO<sub>x</sub>, o SO<sub>x</sub>, MP e o CO<sub>2</sub>.

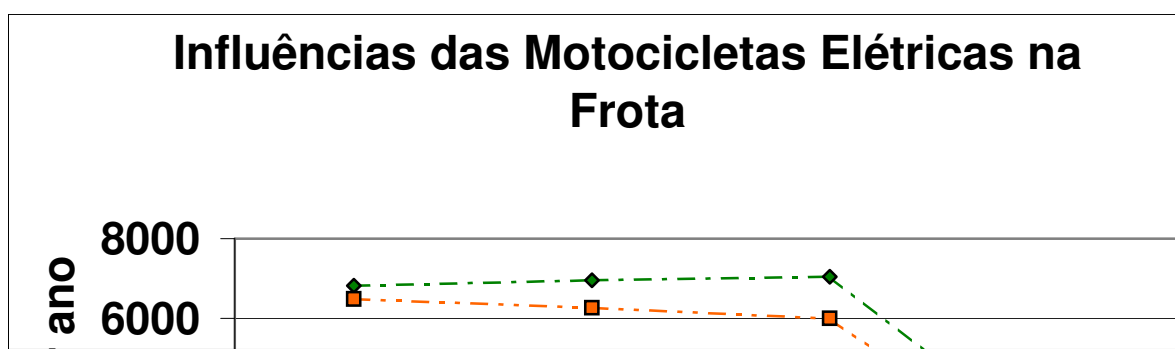


Figura 5.5.1 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o CO c/FD.

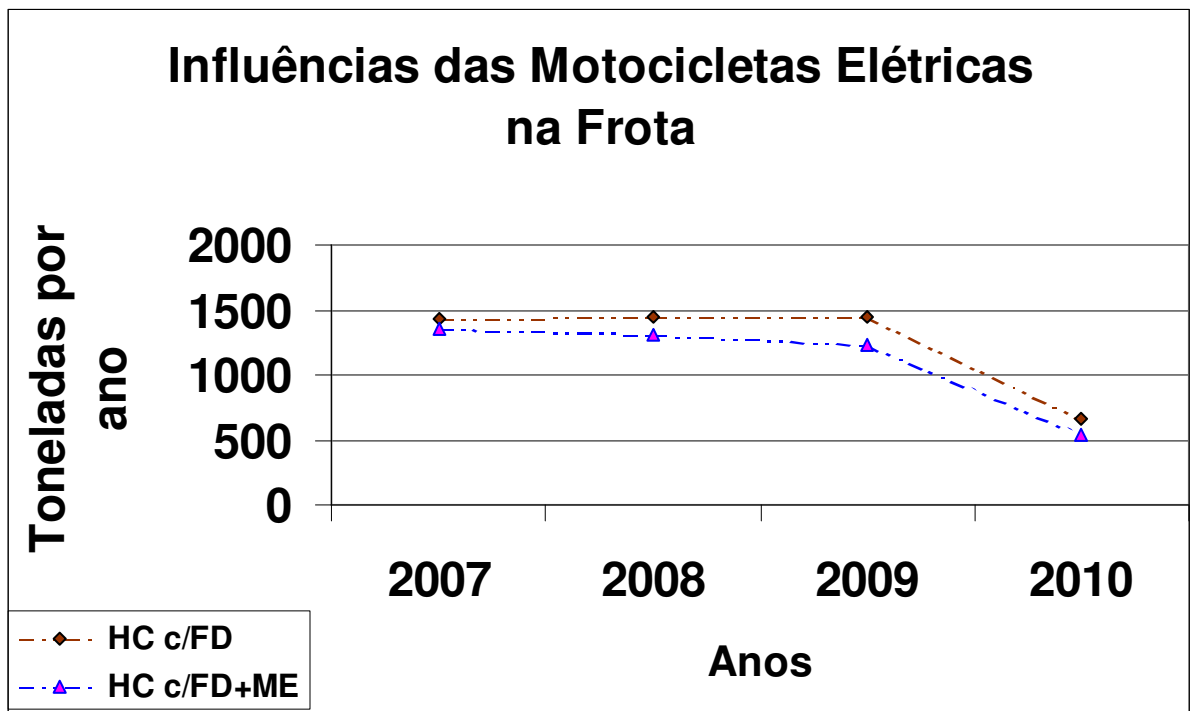


Figura 5.5.2 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o HC c/FD.

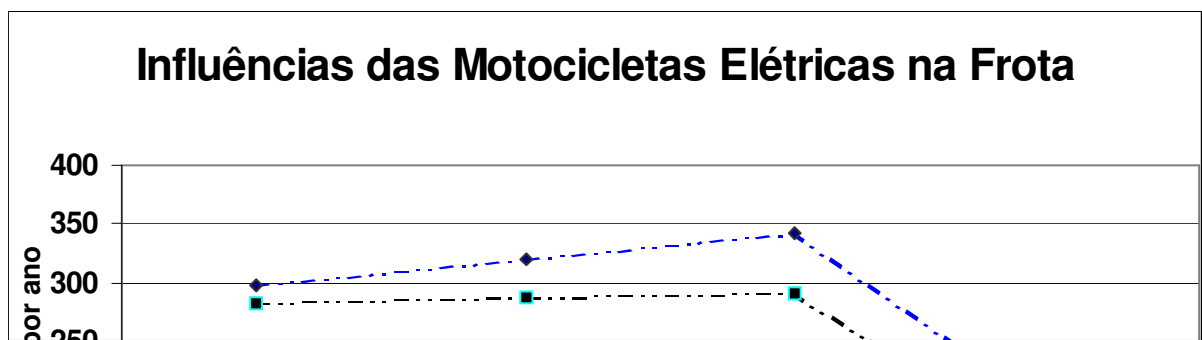


Figura 5.5.3 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o  $\text{NO}_x$ .

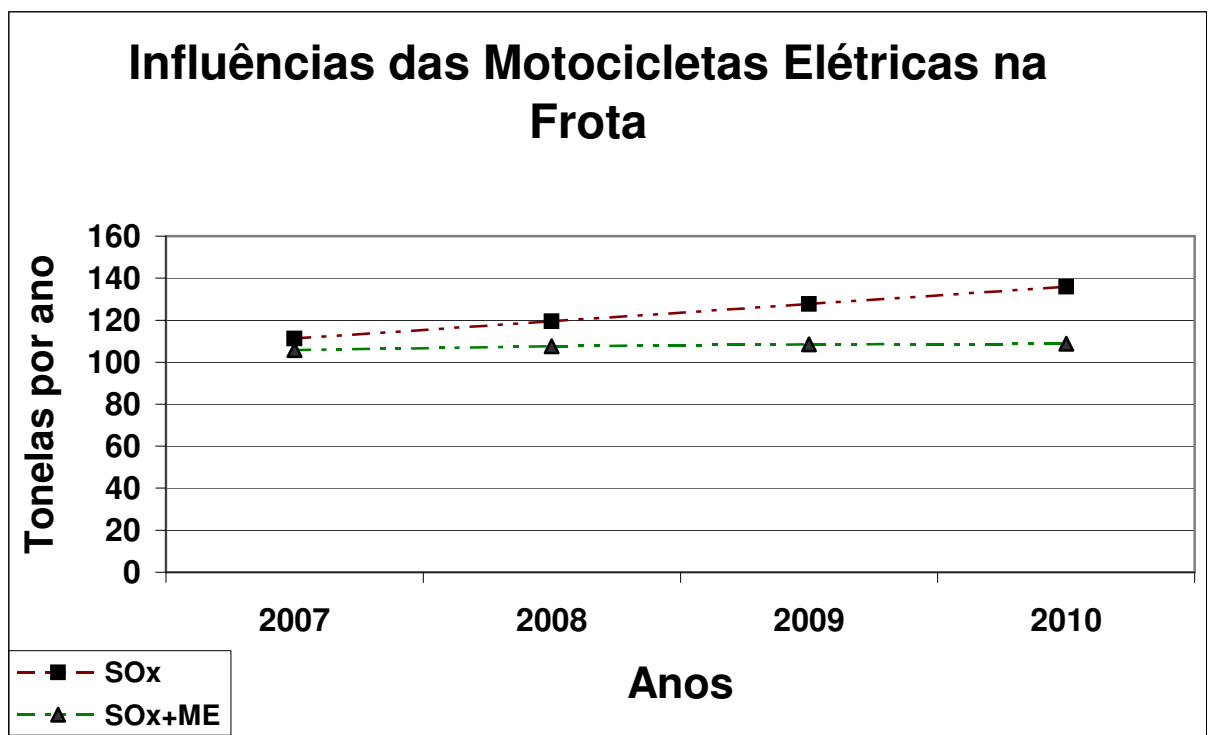
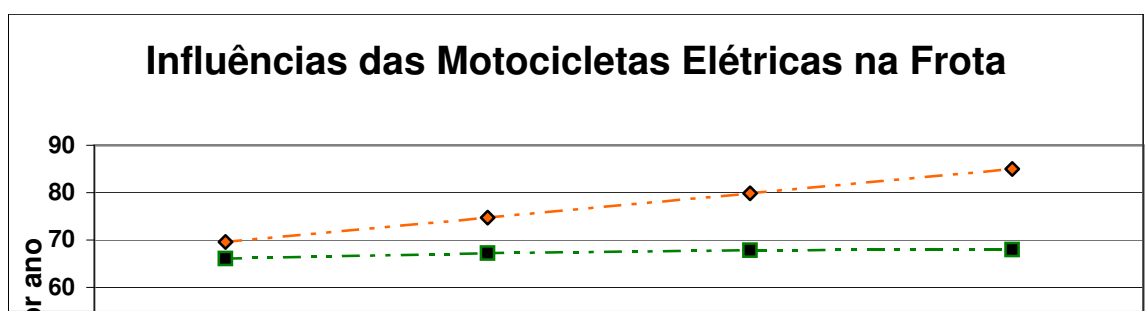
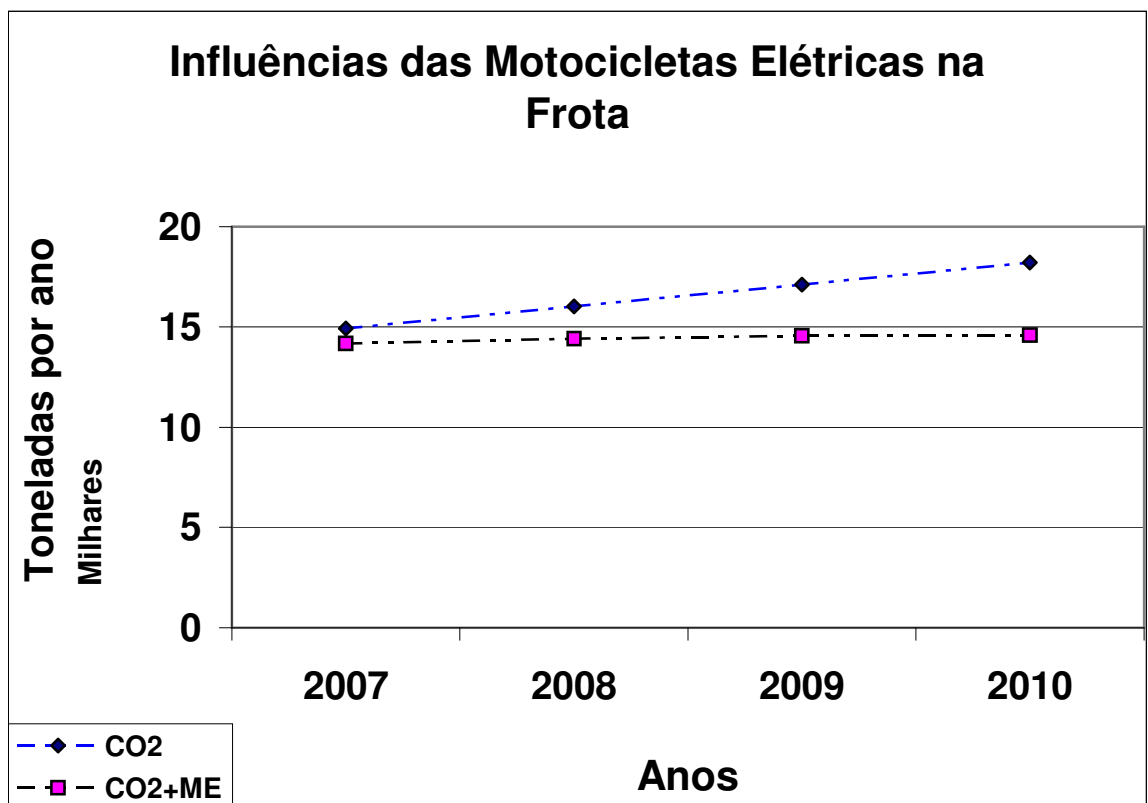


Figura 5.5.4 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o  $\text{SO}_x$ .



**Figura 5.5.5 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o MP.**



## **Figura 5.5.6 Influência da Introdução das Motos Elétricas na Frota de Motociclos para o CO<sub>2</sub>**

### **5.6 Custos Relacionados às Emissões Atmosféricas.**

O desenvolvimento econômico trás diversos benefícios para a sociedade, desde aumento de renda até melhoria na qualidade de vida. Porém, este desenvolvimento também implica em diversos custos ao ser humano, dentre eles os associados à degradação ambiental e, em particular, à poluição atmosférica nas grandes centros urbanos.

Um dos mais graves são os impactos ambientais associados às emissões atmosféricas oriundas das fontes móveis que podem ser quantificadas sob a forma de valores monetários que correspondem aos custos sociais decorrentes. Estes custos não se encontram incluídos no preço do transporte e nem mesmo dos veículos e, por isso, podem ser denominados de custos externos dos transportes. [COUTINHO *et. al.*, 2003]

Conforme estudo feito por [MOTTA, ORTIZ e FERREIRA; 1998] aos custos associados à poluição do ar, especialmente, aquela promovida por materiais particulados inaláveis. Que afetam diretamente a saúde humana, provocando doenças como tosses, bronquites e crises de asma, até casos mais graves como internações por problemas respiratórios e cardiovasculares que podem, inclusive, levar à morte. Eles avaliaram em termos monetários, o impacto à saúde humana provocados pela concentração de materiais particulados (PM 2,5) inaláveis, emitidos por inúmeras fontes, na Região Metropolitana de São Paulo, anualmente.

Em relação aos efeitos adversos a saúde humana os aspectos metodológicos dos impactos ambientais podem ser estimados por diversas técnicas, quando se deseja avaliar quanto os indivíduos valoram em termos monetários, a redução do risco de mortalidade e da incidência das doenças (morbidade) associadas com as emissões atmosféricas. Estes custos podem ser calculados usando-se métodos de valoração econômica encontrados na literatura técnica. Estes métodos requerem tempo e muitos recursos monetários para a elaboração destas cifras. [MOTTA, ORTIZ e FERREIRA; 1998] A Tabela 5.6.1 mostra exemplos dos custos anuais na cidade de São Paulo para o ano de 1997.

**Tabela 5.6.1 Custos da Doença Associada à Poluição Atmosférica Município de São Paulo**

<b>Custos da Doença Associada à Poluição Atmosférica</b>				
<b>Morbidade Respiratória</b>				
<b>Faixa Etária</b>	<b>Gastos Hospitalares</b>	<b>Dias perdidos de Trabalho (*)</b>	<b>Renda Média mensal</b>	<b>CD Total</b>
<b>0-14</b>	<b>8.100.408,22</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>6.200.816,43</b>
<b>15-59</b>	<b>5.989.939,15</b>	<b>141708</b>	<b>772,10</b>	<b>9.274.036,56</b>
<b>60-</b>	<b>3.736.039,68</b>	<b>79739</b>	<b>864,23</b>	<b>2.066.302,64</b>
<b>Morbidade Cardiovascular</b>				
<b>Faixa Etária</b>	<b>Gastos Hospitalares</b>	<b>Dias perdidos de Trabalho (*)</b>	<b>Renda Média mensal</b>	<b>CD Total</b>
<b>0-14</b>	<b>nd</b>	<b>0</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>nd</b>
<b>15-59</b>	<b>10275887,1</b>	<b>54069</b>	<b>772,10</b>	<b>23.972.250,49</b>
<b>60-</b>	<b>12298218,09</b>	<b>58592</b>	<b>864,23</b>	<b>27.972.250,45</b>

Valores em US\$ para 1997

$CD = (\text{Gastos hop.} + (\text{n}^\circ \cdot \text{dias perdidos} \cdot (\text{renda}/30))) \cdot 2$

(\*) número de internações vezes permanência média

Fonte: IBGE/DATASUS

Outro estudo feito para quantificar os custos ambientais das emissões atmosféricas, onde o foco foi às emissões veiculares, visando às substâncias mais emitidas pelos veículos a combustão interna. Onde foram expostas duas metodologias: uma do custo do controle da poluição e a outra do custo do dano evitado levando-se em conta a introdução de veículos elétricos utilitários em uma área da cidade de São Paulo. [PECORELLI, Peres; TORRES, Lambert; NOGUEIRA, Horta; 2002]. A Tabela 5.6.2 apresenta um exemplo dos custos de alguns poluentes em US\$ /t



**Tabela 5.6.2 Custo do Dano Social das Emissões de NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e MP**

<b>Custo do Dano Social (centavos de dólares /g)</b>	
<b>Poluentes</b>	<b>Dano</b>
<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>1,43190</b>
<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>5,85230</b>
<b>MP</b>	<b>10,31179</b>

*Fonte: PECORELLI, Peres; 2002*

**Tabela 5.6.3 Custo Evitado de Danos Sociais com a Penetração de Motocicletas Elétricas**

<b>Custo Evitado de Danos Sociais em dólares</b>			
<b>Emissões Evitadas</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>
<b>2007 a 2010 (toneladas)</b>	<b>135</b>	<b>64</b>	<b>40</b>
<b>Danos Evitados (US\$)</b>	<b>\$1.933.065,00</b>	<b>\$3.745.472,00</b>	<b>\$412.471,60</b>
<b>Total das três substâncias</b>	<b>\$6.091.008,60</b>		

**Fonte: Adaptação própria**

Considerando a introdução das motocicletas elétricas no período de 2007 a 2010, apenas para os poluentes indicados, encontra-se um total de 6 milhões de dólares de danos evitados a sociedade. Estes custos evitados podem então servir de indicador dos gastos públicos para a redução de impostos aos usuários das motocicletas elétricas. Além disso, o emprego destas motocicletas pode ainda ser objeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), conforme o Tratado de Kyoto, que prevê a colocação de títulos negociáveis dos chamados “crédito de carbono” com base nas emissões evitadas destas substâncias principalmente o CO<sub>2</sub> emitido pela queima de combustíveis. Desta forma as nações em desenvolvimento poderão

negociar estes títulos com os países da união européia e signatária do Tratado que não conseguem atingir as metas preconizadas de redução destas emissões.

### 5.7 Influência das Emissões dos Motociclos

Neste item do trabalho em pauta é analisada a influência das emissões dos motociclos tomando-se como referência o inventário elaborado pela FEEMA de 2004 e os resultados deste trabalho para este mesmo ano. A Tabela 5.7.1 mostra as contribuições das emissões desses veículos nas emissões por fontes móveis, são apresentados os cálculos que permitem avaliar a contribuição das emissões dos motociclos perante as demais emissões. Nesta tabela fica claro, o quanto estes veículos influenciam para a deterioração da qualidade do ar nos grandes centros urbanos através das emissões desses gases poluentes.

**Tabela 5.7.1 Contribuição das Emissões dos Motociclos nas Emissões por Fontes Móveis.**

<b>Poluentes</b>	<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>
CO	314700	137247	30
HC	53400	15157	22
NO <sub>x</sub>	60200	836	1
SO <sub>x</sub>	7500	572	7
MP	7800	367	4

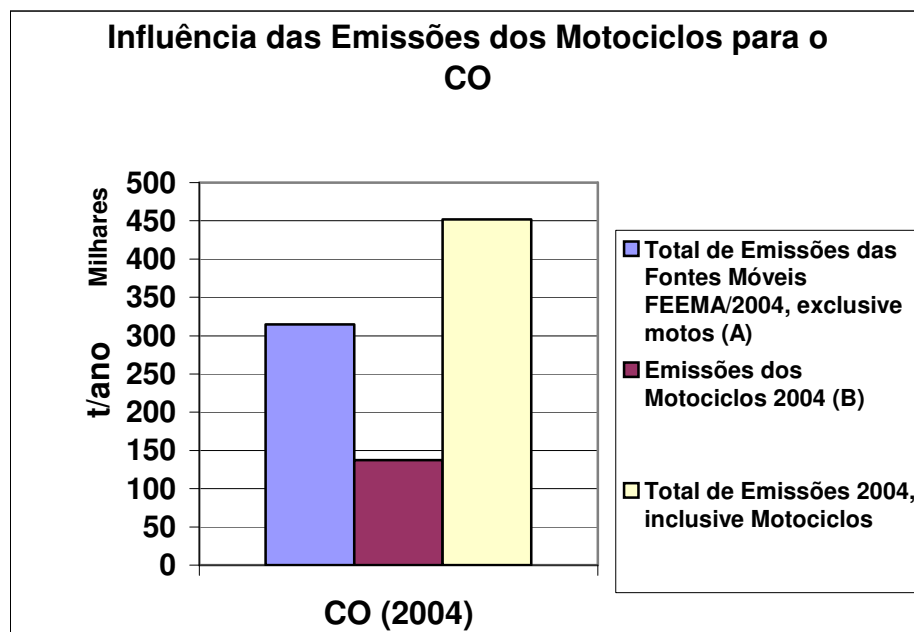
**(A) Emissões Totais da FEEMA/2004 para Fontes Móveis. Exclusive motocicletas (t/ano)**

- **Emissões dos Motociclos em 2004 Resultados deste Trabalho (t/ano)**
- **Porcentagem relativa (%)**

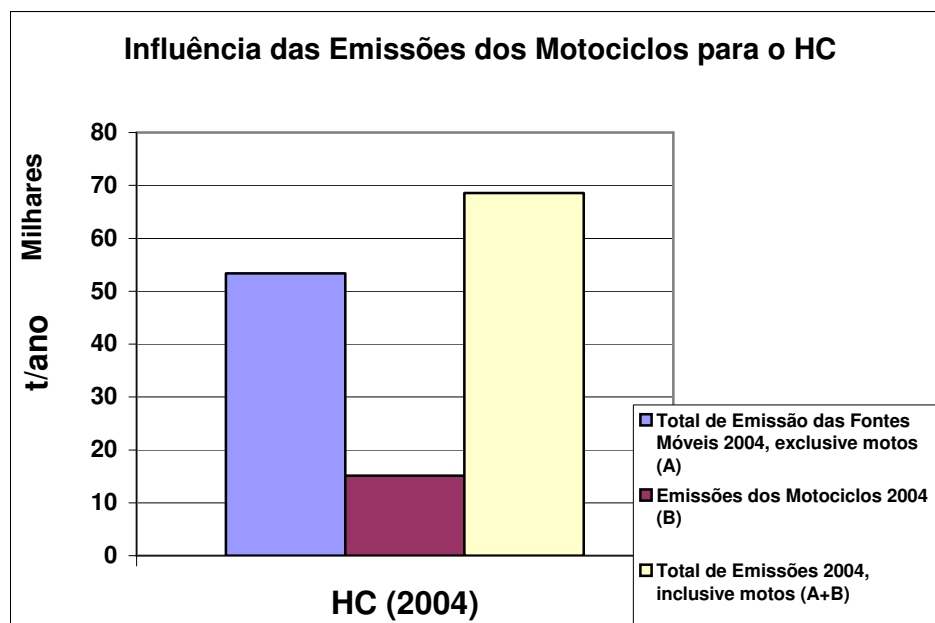
**Obs: O percentual da última coluna foi calculado considerando-se a expressão  $(B / (A + C)) * 100$ , onde A, B e C são os valores das emissões em t/ano.**

Conforme pode ser observado através dos valores encontrados na coluna C, constata-se a efetiva influência das emissões dos motocicletos no que se refere principalmente em relação ao CO e HC, bem como em menor escala ao SO<sub>x</sub>.

Em seguida os gráficos das Figuras 5.7.1 e 5.7.2 ilustram a influência das emissões dos motocicletos no que diz respeito ao CO e HC respectivamente.



**Figura 5.7.1 Influência das Emissões dos Motociclos para o CO**



**Figura 5.7.2 Influência das Emissões dos Motociclos para o HC**

## CONCLUSÕES

Devido às dificuldades que as populações dos grandes centros urbanos encontram para utilização dos transportes públicos, e as horas perdidas em congestionamentos, nota-se que a frota de motocicletas do Estado do Rio de Janeiro vem crescendo a uma taxa elevada e de forma concomitante os impactos das emissões atmosféricas. De acordo, com os cálculos desenvolvidos algumas conclusões podem ser estabelecidas: uma delas se refere ao crescimento esperado das emissões, caso fossem mantidas as tendências observadas no inventário elaborado para o período de 2002 a 2004. Esta afirmação pode ser constatada através da síntese de resultados apresentados na tabela 6.1

Tabela 6.1 Tendências das Emissões em 2010 sem PROMOT em toneladas por ano (t/ano)

Ano	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
2002	108738	11210	495	397	258	55245
2010	326599	39119	2692	1264	800	171331

A introdução dos limites do PROMOT considerados a partir de 2004. Admitido-se um controle efetivo, segundo estas regulamentações, se mostrou efetiva pois, consegue reverter este cenário. Com base na metodologia desenvolvida, os prognósticos para 2010 vêm apresentados na Tabela 6.2. Onde se constata portanto uma reversão dos prognósticos de emissão.

Tabela 6.2 Tendências das Emissões em 2010 com PROMOT.

Ano	CO c/FD	HC c/FD	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
2002	108738	11210	495	397	258	55245
2010	188771	26305	2510	1264	800	171331

A metodologia aplicada permitiu também verificar que o processo de melhoria da qualidade do ar pode ser otimizado caso sejam introduzidas motocicletas elétricas no mercado. Tendo em vista, que o Brasil em 2006 dispõe para comercialização estes veículos

foi possível mostrar para uma hipótese plausível de penetração no período de 2007 a 2010 os prognósticos das emissões. Com isto, a Tabela 6.3 aponta esta situação nos dois cenários:

Tabela 6.3 Tendências das Emissões de 2007 a 2010

Cenários	Tendências das Emissões de 2007 a 2010 (toneladas)					
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP	CO <sub>2</sub>
COM PROMOT(2010)	23260	4993	1143	495	309	66252
COM PROMOT+ME (2010)	20680	4426	1008	431	269	57695

Obs: ME significa Motocicletas Elétricas

## RECOMENDAÇÕES

Exercer o controle das emissões através de vistorias, esperando-se que dentro de um curto prazo, elas sejam estendidas a todos os estados do país. É importante mecanismo para que se possa efetivamente corrigir os efeitos indesejáveis dos motocicletos desregulados.

O trabalho constatou algumas inconsistências no que diz respeito a evolução dos fatores de emissão relativos ao HC e NO<sub>x</sub> com base nas fontes consultadas seria de se esperar que estes fatores diminuíssem com o decorrer do tempo a partir das modificações tecnológicas introduzidas. Devido a este fato, torna-se importante a realização de testes com dinamômetro específicos para os motocicletos fabricados no Brasil bem como aqueles importados. Os resultados destes testes devem ser amplamente disponibilizados para a realização de pesquisas e inventários.

Cabe também ressaltar a questão relativa aos valores adotados quanto aos fatores de emissão para o SO<sub>x</sub>, considerados altos já que, a quantidade de enxofre na gasolina brasileira sofreu aumentos sucessivos com o uso mais intenso do petróleo brasileiro. É recomendável, portanto, aprimoramento das tecnologias de refino visando minimizar estes teores. No anexo 4, deste trabalho consta a portaria da Agência Nacional de Petróleo (ANP) onde se verificam estes teores.

A diminuição de gastos públicos em decorrência de menores danos a saúde, por conta do decréscimo da poluição atmosférica através da introdução de veículos elétricos deve ser aliada a políticas públicas de incentivos a esta tecnologia reduzindo-se os impostos para os seus usuários.

A influência das emissões dos motocicletos nos inventários da poluição do ar mostrou-se significativa notadamente, no que se refere ao CO e ao HC. Neste sentido, tornou-se importante a inclusão destes veículos nos trabalhos de avaliação das emissões das fontes móveis no Estado do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACICLO, 2004. Disponível em [http:// www.abraciclo.com.br](http://www.abraciclo.com.br) acessado em 18/11/2004.

ABREU, Maurício Lobo. Ocorrência de Chuva Ácida em Unidades de Conservação da Natureza Urbanas. Rio de Janeiro. 2005.135 f. Dissertação (Mestre Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do estado do Rio de Janeiro, 2005.

BITTENCOURT, Adriana. *Revista do DETRAN-RJ*. Rio de Janeiro: Ano I Nº 4, 2005.

BRAGA, Alfesio. PEREIRA, Luiz Alberto Amador. SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. *Poluição e seus Efeitos na Saúde Humana*. São Paulo. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2000.

CARVALHO<sup>1</sup>, Fred. “AUTODATA”; *Revista de Motociclismo* Ano 13, nº 191 julho de 2005.

CARVALHO<sup>2</sup>, Homero. Engenheiro CETESB. Disponível.<http://www.trintaecinco.com.br/fórum/post?action=reply&tid=8022&repquote=83180>. Acessado em 25/04/2005.

CETESB<sup>1</sup>, 2004, Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2004. São Paulo. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar>. Acessado em 15/02/2005.

CETESB<sup>2</sup>, 2004 Poluição e Saúde, São Paulo Disponível em [www.cetesb.sp.gov.br/ar/ar e saúde](http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/ar_e_saude). Acessado em 08/06/2005.

CETESB<sup>3</sup>, 2004, Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2004. São Paulo. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br/ar/anexo /inversão](http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/anexo_inversao). Acessado em 15/08/2005.

CETESB<sup>4</sup>, 2004. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/ruído.asp>. Acessado em 18/ 092005.

CORRÊA, Sergio Machado *Qualidade do Ar da Cidade do Rio de Janeiro: Sinergia entre Simulação e Monitoramento*. 200 f. Doutorado. Área Físico-Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro.UFRJ, 2003.

COUTINHO, M.et al. *Os Custos Externos como Instrumento de Apóio à Decisão de Políticas de Transportes*. Lisboa 2003.

DENATRAN, 2004, Frota. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acessado em 15/ 01/ 2005.

DETRAN-RJ & FEEMA, 2001, *Poluição Veicular no Rio de Janeiro*. (Convênio)

DUARTE, Daisy Lucid. Avaliação de BTEX em um CIEP na Baixada Fluminense e suas Implicações na Saúde e Meio Ambiente. Rio de Janeiro. 2004 63 f .Monografia (Especialização. Química Ambiental) – Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2004.

DUCHIADE, M. P. *Air Pollution and Respiratory Diseases: A Review*. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 8 (3): 311-330, jul/set, 1992.

EPA 2003, U.S. Environmental Protection Agency, Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner Guide for Point and Area Sources. EUA, 2003.

FEEMA, 2004: Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. (Disponível em: [www.feema.rj.gov.br](http://www.feema.rj.gov.br)). Acessado em 20/08/2005.

FERNANDES, Raul Jr. “Planeta Moto” *Revista Magazine Motociclismo.*, ano 9 n° 98; fev 2006.



FLÔRES, Luiz Fernando Valadão. *Máquinas e Aparelhos Térmicos*. Versão Preliminar. Itajubá. Departamento de Mecânica. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. 1995.

FRÓES, Lourenço Lustosa. *Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor de Transporte Rodoviário de Veículos Leves*. X Congresso Brasileiro de Energia Rio de Janeiro. 2004.

HEINSOHN, Robert Jennings e KABEL, Robert Lynn. *Sources and Control of Air Pollution*. New Jersey Simon & Schuster. Prentice Hall, 1999.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. *Avaliação Técnica Econômica de Modelos de Implantação da Inspeção Técnica de Veículos*. Nº do Relatório 45745. Ano 2001.

LAGES, Patrícia Isabel Alves Gomes. *Qualificação e Relações com a Economia Portuguesa*. Mestrado Engenharia do Ambiente. Lisboa. 2001.

LEAR, George; MOSHER, Lynn. *Manual Completo da Moto* (Motorcycle Mechanics). Trad. de Joshuad de Bragança Soares. São Paulo: Hemus livraria editora limitada, 1977.

LIMA, Alexandre. Disponível na Internet via <http://inema.com.br/mat/idmat056895.htm>. Arquivo consultado em 18/06/2005.

LORA, Electo Silva. *Prevenção e Controle da Poluição na Indústria*. Rio de Janeiro: [s.n], 2000.

LUCON, Oswaldo dos Santos Modelo Horus: Inventário das Emissões de Poluentes Atmosféricos pela Queima de Combustíveis em Indústria do Estado de São Paulo, 2003, 229 f. Tese de Doutorado (Energia), Universidade de São Paulo, 2003.

MACHADO, Felipe. Disponível na internet via <http://www.techforce.com.br>. Arquivo acessado em 20/06/2005.

MACHADO, M.C.S; MARTINS E.M, CORRÊA, S.M., ARBILLA,G. “*Impacto do Uso de Combustíveis Oxigenados na Qualidade do Ar da Cidade do Rio de Janeiro*. Copyright 2000, Brazilian Petroleum Institute – IBP”.

MAIA, Luiz Francisco Pires Guimarães e MELLO, William Zamboni de, “*Monitoramento da Qualidade das Águas das Chuvas na Cidade do Rio de Janeiro*” – Relatório Final, Fundação José Pelúcio Ferreira – PCRJ/SMAC, 2004.

MATTOS, Laura Bedeschi Rego de, A Importância do Setor de Transporte Rodoviário no Aquecimento Global – Caso da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001, 179 f.Dissertação (Mestre em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Disponível em <http://www.mct.gov.br/clima/> acessado 28/08/2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução N°. 297 26 de fevereiro de 2002.

MOTTA, Ronaldo Serôa da; ORTIZ, Ramon Arigoni; FERREIRA, Sandro de Freitas. *Avaliação Econômicas dos Impactos Causados pela Poluição Atmosférica na Saúde Humana*. Trabalho Realizado para o Programa Integrado de Transporte Urbano de São Paulo (PITU) e CETESB. São Paulo. 1998.

MURGEL, Eduardo Mascarenhas. SZWARC, Alfred. SANTOS, Maria Daise S. R.BRANCO, Gabriel Murgel. CARVALHO, Homero. *Inventário de Emissão Veicular Metodologia de Cálculo*. Caderno Técnico. Rio de Janeiro. 1987.

PECORELLI PERES, Luiz A.; HORTA, Luiz A. N.; LAMBERT-TORRES, Germano. *Analysis and Discussion on Energy Supply to Non-Road Electric Vehicles in Brazil*. IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY - T&D 2002 LATIN AMERICA CONFERENCE, São Paulo – Brazil, 2002.

PECORELLE PERES, Luiz Artur; ROSSO, Theresa Cristina de; Pinto, Paulo Mozart G.C. *Subsídios Metodológicos para a Avaliação das Emissões Anuais de Veículos Leves em Regiões Metropolitanas*. Joinville. Livro de Resumos dos Trabalhos Técnicos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. v. 1. p. 430-430. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

PECORELLI PERES<sup>1</sup>, Luiz A. *Veículos Elétricos: Limiar de uma era de transição*. Revista Energia. Furnas, ano VI – 39, julho/agosto 2001.

PECORELLI PERES<sup>2</sup>, Luiz A. *Veículos elétricos: benefícios ambientais e energéticos*. Rio de Janeiro: Associação Cultural de Pesquisa Noel Rosa, 2003. 1 disco a laser para computador: son., color.; 4 3/4pol.

PIAUI, Gov. Disponível na Internet <http://www.piaui.pi.gov.br>, acessado 25/10/2005.

PINTO, Paulo Mozart Gonçalves da Costa. *Análise das Emissões Veiculares em Regiões Urbanas e Metodologia para Quantificação de Poluentes*. Rio de Janeiro, 2005.132 f. Dissertação (Mestre Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do estado do Rio de Janeiro, 2005.

TORRES, Fellipe Tamiozzo Pereira; MARTINS, Luiz Alberto. *Fatores que Influenciam na Concentração do Material Particulado Inalável na Cidade de Juiz de Fora*. Caminhos de Geografia - revista on line. Disponível e acessado em 10/04/06 <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> ISSN 1678-6343. Minas Gerais, 2005.

## ANEXOS

Mostra de motocicletas promovida pelo Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA) na Cidade do Rio de Janeiro, sob o título de “Evolução Tecnológica sobre Duas Rodas”. Nesta ocasião motocicletas antigas foram expostas no espaço cultural desta entidade. A visita por parte da autora deste trabalho ocorreu no dia 03 de maio de 2005.

Sob o título de A Máquina de Andar ou Correr mais Rápido. (1ª da direita para esquerda), conforme Figura 1, observa-se o veículo do nobre Karl Von Drais que apresentava características especiais, conforme notícias uma propaganda da época:

1. Morro acima em boas condições, andando tão veloz quanto uma pessoa com passos apressados.
2. No plano, mesmo após fortes chuva e temporais, anda com velocidade de um cavalo puxando uma carruagem com duas vezes a velocidade de um homem.
3. Na ladeira, mais depressa que um cavalo de correr.

As tradicionais bicicletas, aos poucos, incorporaram avanços importantes. O equipamento em madeira, ainda rudimentar, ensaiava o que viria a se tornar num dos mais versáteis meios de transporte do mundo contemporâneo.

Tempos depois, a tecnologia permitiu o desenvolvimento de sofisticados sistemas de tração, como o desta peça, o que dispensa o uso de corrente. (a do meio e a da esquerda). A Figura 2 ilustra este veículo.

**Marca FN (Fabrique Nationale & Armes de Guerre).**

**Modelo: 4 cilindros, Ano: 1921, Cor: preta, Chassi : 37020M: 2657**

**Comentários:** Em 1903 a companhia Belga FN (hoje mais conhecida pelas armas fabricadas para OTAN) deu talvez o maior passo na história do motociclismo, passo que não foi igualado até a década de 80. Em 1903, a companhia introduziu sua motocicleta “projetados-como-um-unidade”, de quatro cilindros, tração por eixo cardam, voltada para produção em massa.

**Marca: NSU**

**Modelo: QUICKLY, Ano: 1955, Cor: Verde, Chassi : MP 587 48, Motor : 726433.**

**Características:**

1. **Motor: tipo ovo - 49 cc.**
2. **Partida: por pedais**

### 3. Freios: traseiro a tambor acionado pelo movimento contra-pedal.

**Comentários:** Introduzida em 1953, foi a primeira de uma geração de máquinas novas que vieram ser conhecidas como bicicletas motorizadas. Usou um motor de dois tempos, 49 cc, partida através de pedais, com 2 marchas.

O garfo e quadro de aço estampado para diminuição de peso, e como um veículo popular era excepcional. Aproximadamente um milhão foi fabricado antes que a produção encerrasse em 1962. A Figura 3 ilustra a motocicleta NSU modelo QUICKLY.

**Marca:** NSU

**Modelo:** Fox 100 cc, **Ano:** 1951, **Cor:** Preta, **Chassi :** 1630459, **Motor :** 830878

**Produzida no período de 1949-1954.**

**Características:**

1. **Motor um cilindro a 4 tempos, 6 cv a 6500 rpm-98 cc**
2. **Tanque de 8,2 L**
3. **Consumo de 1,8 L / 100 Km**

**Comentários:** A fox (raposa como era chamada) foi o primeiro projeto após a guerra.

NSU surpreendeu com motor de 4 tempos em uma classe dominada por 2 tempos. A Figura 4 ilustra este motocicleta.

**Marca - Moto Guzzi**

**Modelo:** CARRDELLINO 73 cc, **Ano :** 1957, **Cor :** vermelha , **Este modelo foi introdu-zido na década de 50 a 60, Outras versões : 65 cc e 83 cc.**

**Características:**

1. **Motor monocilíndrico a 2 tempos**
2. **Potência máxima: 2,6 cv a 5200 rpm, 73 cc**
3. **Partida: pedal**

Em 1917, Carlos Guzzi e Glogio Parodi se conheceram nas Forças Armadas da Itália e resolveram montar uma fábrica de motocicletas depois da 1ª Guerra Mundial.

O primeiro protótipo de Carlos Guzzi foi montado com ajuda de um ferreiro do local, na vila da montanha de Mandello e possuía um motor de 4 válvulas com cilindro de 500 cc modelo horizontal. A Figura 5 ilustra esta motocicleta

**Marca:** ZUNDAPP

**Modelo:** DBK 200, **Ano:** 1936, **Cor:** Branca

**Comentários:** período de fabricação: 1936 a 1938 - com 198 cc, peso de 123 kg, velocidade de 85 Km/h. Ao longo da sua história a ZUNDAPP produziu-se mais de 200 mil motocicletas.

Durante a 2ª Guerra Mundial, a ZUNDAPP fabricou motocicletas para as forças armadas alemãs.

Em 1951 a ZUNDAPP projetou alguns protótipos de SCOOTER baseado no modelo mais popular projetado na Itália. O BELLA não é tão curvilínea quanto os SCOOTER da VESPA ou de LAMBRETA, mas o projeto elegante chamou atenção dos críticos em 1953 na mostra de FRANKFURT. A Figura 6 ilustra esta motocicleta.

**Marca: BSA**

**Modelo: BANTAM, Ano: 1950, Cor: Verde**

**Características:**

1. **Motor: ovo (forma dadas as carcaças)**
2. **Caixa de embreagens: 3 velocidades**
3. **Capacidade: 123 cc**
4. **Lubrificação:** mistura de combustível carburador 5/8 minúsculo, com filtro de ar integral.

**Comentários:** O BANTAM veio de um projeto alemão antes da Guerra. Um dos pesos leves mais bem sucedidos produzidos sempre na Grã-Bretanha. A Figura 7 ilustra esta motocicleta.

**Marca: DUCATTI**

**Modelo: 177 cc Turismo, Ano: Amarela,**

**Comentários:** A DUCATTI surgiu por volta de 1926, inicialmente associada a investidores Bolonheses, com o objetivo de fundar a Societá Radio Beveti Ducati. A sua área de negócio era a concepção de componentes para as transmissões de rádio, cujo “know-how” fora fornecido por Adriano Ducati.

Após a 2ª Guerra Mundial, a DUCATTI teve grandes dificuldades e sem deixarem desanimar os irmãos Ducati, estudaram e planejaram novos produtos. Na feira de Milão em 1946 a Ducati apresentou uma bicicleta com motor auxiliar Cucciolo, o qual se tornou num produto de sucesso, permitindo a Ducati, afirmar-se no mundo da mecânica. A Figura 8 ilustra esta motocicleta.

**Marca BMW**

**Modelo R67, Ano 1951, Cor Preta.**

**Características:** Motor de dois cilindros, 4 tempos, potencia 26 CV, sistema elétrico ignição do magneto, suspensão dianteira e traseira.

**Comentários:** A fábrica BMW – Bayerish Motoren Werke tem suas raízes em 1916 na fabricação de aviões daí seu logotipo de uma hélice rodando com um fundo celeste. A Figura 9 ilustra esta motocicleta.

**Marca ZUNDAPP**

**Modelo 200cc, Ano: 1937, Cor: Preta, Chassi: 223951**

**Comentários:** A Zundapp Companhia de Motocicleta foi fundada em Nuremberg, Alemanha em 1911. A Zundapp 200 produz 70 cv com seu motor revolucionário de dois-tempos alcança e velocidade superior a 50 mph. (80 km/h). A Figura 10 ilustra esta motocicleta.

**Marca BMW**

**Modelo: R25, Ano: 1952, Chassi: 249430**

**Características:** Período de produção 1951 a 1953, motor único vertical quatro tempos, 247cm<sup>3</sup>.

**Comentários:** Em 1950 são apresentadas a R25 monocilíndrico com pino-oscilante na traseira e a R51/2 a primeira boxer do pós-guerra feita ainda com peças que sobraram da guerra. A Figura 11 ilustra esta motocicleta.

**Marca: MONTESA**

**Modelo: 360 H6, Ano: 1985, Cor: Branca, Chassi: 67N06722**

**Características:** Motor dois-tempos, monocíclico, 350cc, lubrificação com mistura de óleo 2T no tanque de gasolina a 5%.

O primeiro protótipo de MONTESA foi construído em 1944, por Pedro Permanyer e Francisco Bulto baseados nos modelos dos Motobecane franceses. Com propulsão de um motor de dois-tempos e 93cc, nenhuma suspensão traseira. A Figura 12 ilustra esta motocicleta.

**Arte da Guerra**

Em meios aos horrores da guerra, o homem apresenta inovações tecnológicas surpreendentes. Em ações relâmpagos, caixas portáteis chegavam ao “front” de pára-quedas. As tropas de assalto desmontavam os equipamentos, que se transformavam em motocicletas, de pequeno porte e com extraordinária capacidade de tração. Estas operações permitiram que os militares invadissem o campo inimigo escondido na vegetação, graças à pequena altura que ficavam. A Figura 13 ilustra bem estes veículos.



**Figura 1 Máquina de andar**



**Figura 2 Motocicleta FN**



**Figura 3 Motocicleta NSU  
Modelo QUICKLY**



**Figura 4 Motocicleta NSU  
Modelo Fox**



**Foto 5 Motocicleta Moto Guzzy  
ZUNDAPP  
Modelo CARDELLINO**



**Foto 6 Motocicleta  
Modelo BDK 200**





**Figura 7 Motocicleta BSA  
DUCATTI  
Modelo BANTAM**



**Figura 8 Motocicleta  
Modelo Turismo**



**Figura 9 Motocicleta BMW  
ZUNDAPP  
Modelo R 67**



**Figura 10 Motocicleta  
Modelo de 200 cc**



**Figura 11 Motocicleta BMW  
MONTESA**



**Figura 12 Motocicleta**

**Modelo R25**

**Modelo 360 H6**



Figura 13 Motocicletas Utilizadas em Guerras

## ANEXO 1 LICENÇA PARA USO DA CONFIGURAÇÃO DE CICLOMOTORES, MOTOCICLOS E SIMILARES

### FORMULÁRIO DE CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO

#### A – CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

1. Descrição do Motor
  - 1.1. Fabricante:
  - 1.2. Tipo:
  - 1.3. Ciclo do motor: ( ) 4 tempos ( ) 2 tempos
  - 1.4. Número e disposição dos cilindros:
  - 1.5. Diâmetro do(s) cilindro(s): (mm)
  - 1.6. Curso do(s) pistão(ões): (mm)
  - 1.7. Deslocamento volumétrico: (cm<sup>3</sup>)
  - 1.8. Taxa de compressão:
  - 1.9. Desenhos da câmara de combustão e de pistão, incluindo anéis
  - 1.10. Sistema de refrigeração
  - 1.11. Uso de sobrealimentação: (descrever sistema)
  - 1.12. Desenhos do(s) filtro(s) de ar, ou fabricante e tipo
  - 1.13. Sistema de lubrificação ( motores 2 tempos )
  
2. Sistemas de controle de poluição adicionais
  - 2.1. Descrição e diagramas
  
3. Sistemas de alimentação de ar e combustível
  - 3.1. Descrição e diagramas do sistema de admissão de ar
  - 3.2. Sistema de alimentação de combustível
    - 3.2.1. Por carburador Código da peça:
      - 3.2.1.1. Fabricante:
      - 3.2.1.2. Tipo / Modelo;
      - 3.2.1.3. Especificações:
        - 3.2.1.3.1. Injetores:
        - 3.2.1.3.2. Venturis:
        - 3.2.1.3.3. Nível de cuba:
        - 3.2.1.3.4. Peso da bóia:
        - 3.2.1.3.5. Válvula de agulha da bóia:
    - 3.2.1.4. Afogador: ( ) manual ( ) automático

- 3.2.1.5. Pressão da bomba de alimentação: ( ou diagrama característico)
- 3.2.2. Por sistema de injeção:
  - 3.2.2.1. Bomba de alimentação
    - 3.2.2.1.1. Fabricante:
    - 3.2.2.1.2. Tipo / Modelo:
    - 3.2.2.1.3. Volume injetado: mm<sup>3</sup> por ciclo na rotação de rpm
  - 3.2.2.2. Bicos injetores
    - 3.2.2.2.1. Fabricante:
    - 3.2.2.2.2. Tipo / Modelo:
    - 3.2.2.2.3. Pressão de abertura: (Mpa)
- 4. Acionamento das válvulas
  - 4.1. Acionamento de válvulas por meios mecânicos
    - 4.1.1. Levantamento máximo e ângulos de abertura e fechamento
    - 4.1.2. Folga das válvulas
  - 4.2. Distribuição por janelas (2T)
    - 4.2.1. Volume do Carter com pistão no ponto morto inferior
    - 4.2.2. Descrição das válvulas tipo palheta, caso existam (mostrar desenhos)
    - 4.2.3. Descrição do cabeçote (com desenhos) e diagrama de válvulas
- 5. Sistema de ignição
  - 5.1. Por distribuidor
    - 5.1.1. Fabricante;
    - 5.1.2. Tipo / Modelo:
    - 5.1.3. Curva de avanço da ignição
    - 5.1.4. Avanço inicial da ignição:
    - 5.1.5. Folga no contato:
- 6. Sistema de exaustão
  - 6.1. Descrição e diagramas
- 7. Informações adicionais sobre condições de ensaio
  - 7.1. Lubrificante usado
    - 7.1.1. Fabricante:
    - 7.1.2. Tipo:
    - 7.1.3. Porcentagem de adição ao combustível: ( % vol. )

- 7.2. Velas de ignição
    - 7.2.1. Fabricante:
    - 7.2.2. Tipo:
    - 7.2.3. Abertura: (mm)
  - 7.3. Bobina de ignição
    - 7.3.1. Fabricante:
    - 7.3.2. Tipo:
  - 7.4. Condensador da ignição
    - 7.4.1. Fabricante:
    - 7.4.2. Tipo:
  - 7.5. Sistema de marcha lenta. Descrever operação e regulagem, partida a frio.
  - 7.6. Concentração de monóxido de carbono em marcha lenta: (% vol.)
- 
- 8. Dados de desempenho do motor
    - 8.1. Rotação de marcha lenta: (rpm)
    - 8.2. Rotação de potência máxima: (rpm)
    - 8.3. Potência máxima: Kw

#### B - DESCRIÇÃO DO VEÍCULO

- 1. Fabricante:
- 2. Importador:
- 3. Marca / Modelo / Versão:
- 4. Combustível:
- 5. Motor utilizado:
- 6. Massa em ordem de marcha: (kg)
- 7. Massa do veículo para ensaio: (kg)
- 8. Potência resistiva no rolo: (kW)

## ANEXO 2 LCM (MODIFICADO)

Modelo de requerimento de LCM para configuração modificada

### “REQUERIMENTO DE LCM PARA CONFIGURAÇÃO MODIFICADA

Ao Ibama/ Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental

At. Coordenação do PROMOT,

\_\_\_\_\_, cgc/cpt nº\_\_\_\_\_, estabelecido (a) a\_\_\_\_\_, vem através deste requerer a licença para o Uso da Configuração Ciclomotores, Motociclos e Similares – LCM, para a configuração abaixo discriminada, modificada por esta empresa, a partir da configuração original ( marca / modelo / versão)\_\_\_\_\_, declarando para os devidos fins, que tal modificação, não sofre nenhuma alteração de componentes e / ou sistemas que influenciem negativamente nos valores de emissão de escapamento e de ruído já homologados / declarados por seu fabricante / importador original.

#### CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO

- a) marca / modelo / versão da configuração (original)
- b) marca / modelo / versão da nova configuração (modificada)
- c) tipo de combustível (NBR 6067 e 6601)
- d) Peso bruto do veículo original
- e) Peso bruto do veículo modificado

Garantimos que os veículos modificados por esta empresa e acima descritos, atenderão às exigências legais de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso (I/M), em vigência no país, responsabilizando-nos por eventuais correções no(s) projeto(s), componente(s) ou especificação(coes) caso ocorram reprovações deste(s) veículo(s) em futuras inspeções, sendo de nossa inteira e exclusiva responsabilidade o ônus e as conseqüências decorrentes de qualquer constatação de situação irregular em qualquer veículo(s) modificado(s) conforme requerimento.

N. Termos

Pede Deferimento

Local e data

Nome, CPF e assinatura do responsável pela empresa

Nome, CPF, CREA e assinatura do responsável técnico pela modificação”



Obs: Usar papel timbrado da empresa, anexar prospectos e fotos do veículo, para análise.

### ANEXO 3 LAUDO DETRAN DE VISTORIA DE EMISSÕES MOTOCICLOS.

- **REPROVADO**

**DETRAN RJ** Atendimento \* (21) 3460-4042 - Informações  
 DETRAN \* (21) 3460-4040 - Vistoria  
 \* (21) 3460-4041 - Habilitação  
 \* www.detrان.rj.gov.br

**Feema** www.feema.rj.gov.br  
**SUN** (21) 3977-1276  
 Grupo **Snap-on**

**PROGRAMA DE VISTORIA ANUAL**

**LAUDO DE VISTORIA DE EMISSÕES** A1057/30185740177  
**AA-1259609**

DATA: \_\_\_\_\_ HORA: 15:04:29 INSP: \_\_\_\_\_

USUÁRIO: \_\_\_\_\_  
 MARCA / MODELO: HONDA / CBX200STRADA  
 ANO: \_\_\_\_\_ PLACA: \_\_\_\_\_  
 COMBUSTÍVEL: GASOLINA PREMIUM - KM

CONTROLE	ITENS DE INSPEÇÃO	Marcha Lenta 600 - 1200 rpm	rpm	temp	2500 ± 200rpm	rpm	temp
Vist.	<b>Emissão de CO (corr.)</b> Monóxido de Carbono Em % por Volume	Máximo: Medido: Avaliação:	6.05% REPROVADO		Máximo: Medido: Avaliação:	5.00% NGO AVALIADO	
Tec.	<b>Diluição (CO + CO2)</b> CO + CO2 Em % por Volume	Mínimo: Medido: Avaliação:	% %		Mínimo: Medido: Avaliação:	% %	
Superv./Audit.	<b>Emissão de HC</b> Hidrocarbonetos em partes por Milhão (Combustível não Queimado)	Máximo: Medido: Avaliação:	PPM NGO AVALIADO		Máximo: Medido: Avaliação:	PPM NGO AVALIADO	

**RESULTADO DA INSPEÇÃO** ➡ REPROVADO \* MOTO (4 tempos)

**RESULTADO DA MEDIÇÃO DE RUÍDO** ➡ Verificação

Convênios: DETRAN - Feema - FUN CEFET

- **APROVADO**

**DETRAN RJ** Atendimento \* (21) 3460-4042 - Informações  
 DETRAN \* (21) 3460-4040 - Vistoria  
 \* (21) 3460-4041 - Habilitação  
 \* www.detrان.rj.gov.br

**Feema** www.feema.rj.gov.br  
**SUN** (21) 3977-1276  
 Grupo **Snap-on**

**PROGRAMA DE VISTORIA ANUAL**

**LAUDO DE VISTORIA DE EMISSÕES** A1271/9595730639  
**AB-0025108**

DATA: 12/12/2005 HORA: 09:06:40 INSP: \_\_\_\_\_

USUÁRIO: SADY  
 MARCA / MODELO: HONDA / VT600  
 ANO: \_\_\_\_\_ PLACA: L01 8697  
 COMBUSTÍVEL: GASOLINA COMUM - KM: 42930

CONTROLE	ITENS DE INSPEÇÃO	Marcha Lenta 600 - 1200 rpm	rpm	temp	2500 ± 200rpm	rpm	temp
Vist.	<b>Emissão de CO (corr.)</b> Monóxido de Carbono Em % por Volume	Máximo: Medido: Avaliação:	5.00% 4.95% APROVADO		Máximo: Medido: Avaliação:	5.00% NGO AVALIADO	
Tec.	<b>Diluição (CO + CO2)</b> CO + CO2 Em % por Volume	Mínimo: Medido: Avaliação:	% NGO AVALIADO		Mínimo: Medido: Avaliação:	% NGO AVALIADO	
Superv./Audit.	<b>Emissão de HC</b> Hidrocarbonetos em partes por Milhão (Combustível não Queimado)	Máximo: Medido: Avaliação:	PPM NGO AVALIADO		Máximo: Medido: Avaliação:	PPM NGO AVALIADO	

**RESULTADO DA INSPEÇÃO** ➡ APROVADO \* MOTO (4 tempos)

**RESULTADO DA MEDIÇÃO DE RUÍDO** ➡ Verificação

Convênios: DETRAN - Feema - FUN CEFET



## ANEXO 4 TEOR DE ENXOFRE NA GASOLINA (PORTARIA GASOLINA ANP)

D 1298	Density, Relative Density (Specific Gravity), of API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method
D 1319	Hydrocarbons Types in Liquid Petroleum Products by Fluorescent Indicator Adsorption
D 2622	Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry
D 2699	Knock Characteristics of Motor and Aviation Fuels by the Research Method
D 2700	Knock Characteristics of Motor and Aviation Fuels by the Motor Method
D 3120	Trace Quantities of Sulfur in Light Liquid Petroleum Hydrocarbons by Oxidative Microcoulometry
D 3237	Lead in Gasoline by Atomic Absorption Spectroscopy
D 3606	Benzene and Toluene in Finished Motor and Aviation Gasoline by Gas Chromatography
D 4052	Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter
D 4294	Sulfur in Petroleum Products by Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectroscopy
D 4953	Vapor Pressure of Gasoline and Gasoline-oxygenate Blends (Dry Method)
D 5190	Vapor Pressure of Petroleum Products (Automatic Method)
D 5191	Vapor Pressure of Petroleum Products (Mini Method)
D 5443	Paraffin, Naphthene, and Aromatic Hydrocarbon Type Analysis in Petroleum Distillates Through 200°C by Multi-Dimensional Gas Chromatography
D 5453	Sulphur in light hydrocarbons, motor fuels and oils by ultraviolet fluorescence
D 5482	Vapor Pressure of Petroleum Products (Mini Method – Atmospheric)
D 6277	Determination of Benzene in Spark-Ignition Engine Fuels Using Mid Infrared Spectroscopy.

### 3. Tabela de Especificação

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium		ABNT	ASTM
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C		
Cor	-	(1)	(2)	(1)	(2)	visual (3)	
Aspecto	-	(4)	(4)	(4)	(4)		
Álcool Etilico Anidro Combustível - AEAC	%vol	1 máx (5).	(6)	1 máx. (5)	(6)	NBR 13992	
Massa específica a 20°C	Kg/m <sup>3</sup>	anotar	anotar	anotar	anotar	NBR 7148 NBR 14065	D 1298 D 4052
Destilação						NBR 9619	D 86
10% evaporado, máx.	°C	65,0	65,0	65,0	65,0		
50% evaporado, máx.	°C	120,0	80,0	120,0	80,0		
90% evaporado, máx.(7)	°C	190,0	190,0	190,0	190,0		
PFE, máx.	°C	220,0	220,0	220,0	220,0		
Resíduo, máx.	%vol	2,0	2,0	2,0	2,0		
Nº de Octano Motor – MON, mín.	-	(8) (9)	82,0 (9)	-	-	MB 457	D 2700
Índice Antidetonante – IAD, mín.(10)	-	(8)	87,0	(8)	91,0	MB 457	D 2699 D 2700
Pressão de Vapor a 37,8 °C (11)	kPa	45,0 a 62,0	69,0 máx.	45,0 a 62,0	69,0 máx.	NBR 4149 NBR 14156	D 4953 D 5190 D 5191 D 5482
Goma Atual Lavada, máx.	mg/100 mL	5	5	5	5	NBR 14525	D 381



Período de Indução a 100°C, mín.	min	(12)(13)	360	(12)(13)	360	NBR 14478	D 525
Corrosividade ao Cobre a 50°C, 3h, máx.	-	1	1	1	1	NBR 14359	D 130
Enxofre, máx. (14)	% massa	0,12	0,10	0,12	0,10	NBR 6563 NBR 14533	D 1266 D 2622 D 3120 D 4294 D 5453
Benzeno, máx. (14)	%vol	1,2	1,0	1,9	1,5	-	D 3606 D 5443 D 6277
Chumbo, máx. (5)	g/L	0,005	0,005	0,005	0,005	-	D 3237
Aditivos (15)	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarbonetos: (14) (16)	%vol	-	-	-	-	MB 424	D 1319
Aromáticos, máx. (17)		57	45	57	45		
Olefinicos, máx. (17)		38	30	38	30		

(1) De incolor a amarelada, isenta de corante.

(2) De incolor a amarelada se isenta de corante cuja utilização é permitida no teor máximo de 50 ppm com exceção da cor azul, restrita à gasolina de aviação

(3) A visualização será realizada em proveta de vidro, conforme a utilizada no Método NBR 7148 ou ASTM D 1298.

(4) Límpido e isento de impurezas.

(5) Proibida a adição. Deve ser medido quando houver dúvida quanto à ocorrência de contaminação.

(6) O AEAC a ser misturado às gasolinas automotivas para produção da gasolina C deverá estar em conformidade com o teor e a especificação estabelecidos pela legislação em vigor.

(7) No intuito de coibir eventual presença de contaminantes o valor da temperatura para 90% de produto evaporado não poderá ser inferior à 155 °C para gasolina A e 145°C para gasolina C.

(8) A Refinaria, a Central de Matérias-Primas Petroquímicas, o Importador e o Formulador deverão reportar o valor das octanagem MON e do IAD da mistura de gasolina A, de sua produção ou importada, com AEAC no teor mínimo estabelecido pela legislação em vigor.

(9) Fica permitida a comercialização de gasolina automotiva com MON igual ou superior a 80 até 30/06/2002.

(10) Índice antidetonante é a média aritmética dos valores das octanagens determinadas pelos métodos MON e RON.

(11) Para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, bem como para o Distrito Federal, admite-se, nos meses de abril a novembro, um acréscimo de 7,0 kPa ao valor máximo especificado para a Pressão de Vapor.

(12) A Refinaria, a Central de Matérias-Primas Petroquímicas, o Importador e o Formulador deverão reportar o valor do Período de Indução da mistura de gasolina A, de sua produção ou importada, com AEAC no teor máximo estabelecido pela legislação em vigor.

(13) O ensaio do Período de Indução só deve interrompido após 720 minutos, quando aplicável, em pelo menos 20% das bateladas comercializadas. Neste caso, e se interrompido antes do final, deverá ser reportado o valor de 720 minutos.

(14) Os teores máximos de Enxofre, Benzeno, Hidrocarbonetos Aromáticos e Hidrocarbonetos Olefinicos permitidos para a gasolina A referem-se àquela que transformar-se-á em gasolina C através da adição de 22%±1% de álcool. No caso de alteração legal do teor de álcool na gasolina os teores máximos permitidos para os componentes acima referidos serão automaticamente corrigidos proporcionalmente ao novo teor de álcool regulamentado.

(15) Utilização permitida conforme legislação em vigor, sendo proibidos os aditivos a base de metais pesados.