

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA

JOEWANDER FERNANDES LEMOS

**POLUIÇÃO VEICULAR: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E BENEFÍCIOS
AMBIENTAIS COM A RENOVAÇÃO DA FROTA VEICULAR LEVE NA CIDADE
DE SÃO PAULO.**

SÃO PAULO
2010

JOEWANDER FERNANDES LEMOS

**POLUIÇÃO VEICULAR: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E BENEFÍCIOS
AMBIENTAIS COM A RENOVAÇÃO DA FROTA VEICULAR LEVE NA CIDADE
DE SÃO PAULO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração) para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Patrícia Helena Lara dos Santos Matai.

São Paulo

2010

JOEWANDER FERNANDES LEMOS

**POLUIÇÃO VEICULAR: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E BENEFÍCIOS
AMBIENTAIS COM A RENOVAÇÃO DA FROTA VEICULAR LEVE NA CIDADE
DE SÃO PAULO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração) para a obtenção do título de Mestre em Energia.

São Paulo

2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lemos, Joewander Fernandes.

Poluição veicular: Avaliação dos impactos e benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo / Joewander Fernandes Lemos; orientadora Patrícia Helena Lara dos Santos Matai – São Paulo, 2010. 133p.:il; 30cm.

Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1. Cidade de São Paulo; 2. Poluição Atmosférica; 3. PROCONVE; 4. Avaliação dos impactos ambientais; I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, principalmente à minha esposa Mirene e aos meus dois filhos Isabella e Luigi pela paciência e compreensão que tiveram durante a minha ausência.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me concedido a oportunidade de ser aluno desta Universidade tão especial e também por ter me dado forças para superar todos obstáculos até aqui vencidos.

À professora Patrícia Matai, pela harmoniosa convivência, pela paciência na condução das orientações e pelo constante estímulo transmitido não só durante a execução deste trabalho, mas também no decorrer das disciplinas ministradas.

Aos amigos da Volkswagen em especial Almir Marques e Jorge Raphael pelo voto de confiança e pela oportunidade concedida desde o início deste curso e a todos os demais colegas do Laboratório de Emissões da Volkswagen e da CETESB, Wanderley Borsari, que colaboraram direta ou indiretamente com informações valiosas durante a execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Hoje em dia, o ser humano apenas tem ante si três grandes problemas que foram ironicamente provocados por ele próprio: a super povoação, o desaparecimento dos recursos naturais e a destruição do meio ambiente. Triunfar sobre estes problemas, vistos sermos nós a sua causa, deveria ser a nossa mais profunda motivação.”

Jacques Yves Cousteau (1910-1997)

RESUMO

LEMOS, J. F. Poluição veicular: Análise dos impactos e benefícios ambientais com a substituição dos veículos leves na cidade de São Paulo. 2010. 133p. Dissertação de mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo.

Este estudo faz uma análise dos níveis de emissões veiculares relacionados com os problemas de poluição na cidade de São Paulo. Utilizando a metodologia denominada *bottom-up*, avalia de forma teórica os índices de poluentes que saem pelo tubo de escapamento da maior frota de veículos leves do país. São abordados tópicos relacionados com o dia-a-dia da cidade como crescimento da frota, combustíveis, transporte público, poluição atmosférica e seus efeitos à saúde e ainda a influência atmosférica na região.

Foram feitas diversas simulações no decorrer do estudo denominadas de “cenários”, que são baseadas na simples, porém eficiente, aplicação da metodologia *bottom-up* que utiliza, para os cálculos, os fatores de emissões de acordo com a evolução das fases do PROCONVE para obter a quantidade de determinados poluentes emitido por ano.

Os cenários permitem a substituição dos veículos mais velhos por veículos novos e apresentam resultados positivos para o meio ambiente, dentre eles aqueles que podem ser considerados como alternativas ousadas e outros podem ser vistos como alternativas mais conservadoras, mas todos demonstram melhorias significativas para a qualidade do ar na cidade de São Paulo.

A evolução das fases citadas trouxeram muitos benefícios ao meio ambiente por meio das novas tecnologias desenvolvidas e embarcadas nos veículos novos e que não deixam de ser a solução para o futuro, onde melhorias nas condições atmosféricas devem ser alcançadas.

Questões como políticas públicas e legislações específicas para a substituição dos veículos velhos da rua, não saem da teoria. Na prática o trânsito está cada vez mais caótico, em partes pela quantidade de carros em péssimas condições de uso que ainda circulam e quebram todos os dias, afetando diretamente a qualidade do ar na metrópole paulista.

ABSTRACT

LEMOS, J. F. Vehicle pollution: Analysis of the impacts and environmental benefits concerning the replacement of light vehicles in São Paulo City. 2010. 133p. Dissertation (Master Thesis) – Energy Post-Graduation Program. University of São Paulo.

This study presents an analysis of the levels of vehicles emissions related to the pollution problems in São Paulo City. Using a methodology called bottom-up, this thesis presents a theoretical evaluation on the rates of pollutants coming out the exhaust pipe of the largest light vehicles fleet in Brazil. Issues related to daily city activities such as the fleet growth, fuels, public transportation, air pollution and its effects on the population health and the atmospheric influence in the region as well are presented. Simulations for scenarios drawn were based on a simple but efficient, implementation of bottom-up approach that employs, for calculations, the emission factors according to the changing phases of PROCONVE (the Brazilian National Program for the Pollution Control of Vehicles) for the amount of pollutants emitted per year. The scenarios consider that replacement of older vehicles by new ones is positive for the environment. Some scenarios may be considered as non-conservative alternatives and others can be seen as conservative, but all demonstrate significant improvements to the quality of air in São Paulo City. The evolution of the phases mentioned have brought many benefits to the environment through new technologies developed for new vehicles and represent a solution for the future, when improvements in atmospheric conditions must be met. Issues such as public policies and laws specific to the replacement of old vehicles still have to be improved. In practical means, the traffic is increasingly chaotic, in part by the amount of cars in poor use that still run and break every day, directly affecting the air quality in metropolitan region.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2.1 – Mapa do Sistema de Transportes da RMSP (2008) – **26**

Figura 2.2 – Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo (2008) – **27**

Capítulo 3:

Figura 3.1 – Evolução dos limites de emissão dos principais poluentes de acordo com as fases do Proconve – **48**

Figura 3.2 – Evolução tecnológica embarcada de acordo com as fases do PROCONVE – **49**

Capítulo 4:

Figura 4.1 – Distribuição percentual da população brasileira por região – **60**

Figura 4.2 – Total de Viagens por Motivos na RMSP – **60**

Figura 4.3 – Evolução do número de viagens por modo e por renda familiar mensal (RMSP) – **64.**

Figura 4.4 – Índice de Mobilidade por Modo e por Renda Familiar Mensal (RMSP) – **65**

Figura 4.5 – Evolução do Número de Viagens por Modo (RMSP) – **65**

Figura 4.6 – Evolução percentual da frota nacional por tipo de combustível – **66**

Figura 4.7 – Evolução anual do emplacamento de veículos no Brasil – **67**

Figura 4.8 – Percentual de emplacamentos de automóveis por regiões brasileiras – **68**

Figura 4.9 – Proporção de vendas entre veículos usados e veículos novos (1º semestre de 2009) – **69**

Figura 4.10 – Evolução dos Congestionamentos nos Horários de Pico (2008 e 2009) – **71**

Figura 4.11 – Inspeção Veicular nas ruas da Capital – **75**

Figura 4.12 – Equipamentos para a medição dos índices de poluição – **75**

Figura 4.13 – Armazenagem dos dados nos computadores instalados dentro do veículo da empresa – **76**

Figura 4.14 – Estrutura do consumo final energético: 427.731 x 109 kCal (2002 e 2007) – **84**

Figura 4.15 – Estrutura de consumo do setor de transportes (174.017 x 109 kCal) – **85**

Figura 4.16 – Evolução da produção e consumo da gasolina no Estado de São Paulo – **86**

Figura 4.17 – Evolução da produção e consumo do álcool hidratado no Estado de São Paulo – **86.**

Figura 4.18 – Participação dos combustíveis no setor de transportes do Estado de São Paulo – **87**.

Figura 4.19 – Partes internas de um motor do ciclo Otto – **89**

Figura 4.20 – Pistões do motor durante as quatro etapas do processo de combustão – **90**

Figura 4.21 – Bicos de injeção eletrônica de combustível – **92**

Figura 4.22 – Curva característica de trabalho da sonda lambda – **93**

Figura 4.23 – Sonda Lambda – **94**

Figura 4.24 – Catalisador Automotivo – **96**

Capítulo 5:

Figura 5.1 – Ciclo de direção – US-FTP75 – **100**

Figura 5.2 – Ciclo de direção ECE – **101**

Figura 5.3 – Ciclo de direção EUDC – **101**

Figura 5.4 – Quilometragem média ajustada – **102**

Figura 5.5 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 1 – **107**

Figura 5.6 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 2 – **108**

Figura 5.7 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 3 – **109**

Figura 5.8 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 1 e 2 – **111**

Figura 5.9 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 2 e 3 – **112**

Figura 5.10 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 1, 2 e 30% da fase 3 – **114**

Figura 5.11 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição de todos os veículos usados por veículos novos – **115**

Figura 5.12 – Resumo dos índices obtidos em cada cenário – **116**

Anexo 3:

Figura 1 – Inspeção visual realizada no posto “Controlar Aricanduva” em 07/2009 – **131**

Figura 2 – Inspeção veicular realizada no posto “Controlar Aricanduva” em 07/2009 – **132**

Figura 3 – Tela do computador durante inspeção no posto “Controlar Aricanduva” – **132**

Figura 4 – Certificado de aprovação entregue após o término da inspeção – **133**

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2:

Tabela 2.1 – Compilação sobre as principais características, localização, relevo e clima da RMSP – 24

Capítulo 3:

Tabela 3.1 – Principais poluentes do ar, características e origem – 33

Tabela 3.2 – A poluição do ar, poluentes, características, fontes e dispersão – 35

Tabela 3.3 – *Smog* industrial e fotoquímico – 37

Tabela 3.4 – Principais Gases de Efeito Estufa (GEE), as suas respectivas fontes antropogênicas e a contribuição relativa para o aquecimento global – 38

Tabela 3.5 – Classificação de usos pretendidos – 42

Tabela 3.6 – Padrões de qualidade do ar estabelecido na resolução CONAMA 03/90 – 43

Tabela 3.7 – Níveis de concentração de poluentes – 45

Tabela 3.8 – Configuração da rede automática – 52

Tabela 3.9 – Métodos de Medição dos Parâmetros – 54

Tabela 3.10 – Critérios de Representativa Adotados pela CETESB – 55

Tabela 3.11 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (CONAMA Nº 03/90) – 56

Tabela 3.12 – Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar (CONAMA Nº 03/90) – 57

Tabela 3.13 – Qualidade do Ar e Prevenção à Saúde – 58

Tabela 3.14 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde – 58

Capítulo 4:

Tabela 4.1 – Principais países fabricantes de autoveículos (1998 a 2008) – 59

Tabela 4.2 – Evolução das viagens motorizadas por modo principal na RMSP – 62

Tabela 4.3 – Informações gerais da RMSP – 63

Tabela 4.4 – Número de Viagens por Modo e por Renda Familiar Mensal (RMSP) – 64

Tabela 4.5 – Frota de veículos por idade na RMSP – 67

Tabela 4.6 – Frota de veículos circulantes no Brasil desde 1960 – 68

Tabela 4.7 – Índice de Renovação da Frota – 69

Tabela 4.8 – Recordes de Lentidão na Cidade de São Paulo (2008) – 71

Tabela 4.9 – Estimativas aproximadas dos custos externos dos transportes – 73

Tabela 4.10 – Características da gasolina e do álcool hidratado – 78

Tabela 4.11 – Composição e processo de obtenção da gasolina – **79**

Tabela 4.12 – Características das gasolinas podium, aditivada e comum – **82**

Capítulo 5:

Tabela 5.1 – Limites de emissões do PROCONVE – **100**

Tabela 5.2 – Percentual de participação da frota nacional por fase do Proconve – **104**

Tabela 5.3 – Metodologia *bottom-up* (Cenário 1) – **105**

Tabela 5.4 – Substituição dos veículos de L1 por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **106**

Tabela 5.5 – Substituição dos veículos de L2 por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **108**

Tabela 5.6 – Substituição dos veículos de L3 por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **109**

Tabela 5.7 – Substituição dos veículos de L1 e L2, simultaneamente, por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **111**

Tabela 5.8 – Substituição dos veículos de L2 e L3, simultaneamente, por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **112**

Tabela 5.9 – Substituição dos veículos de L1, L2 e 30% de L3, simultaneamente, por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **113**

Tabela 5.10 – Substituição de todos os veículos por veículos zero quilômetro adicionados à L5 – **115**

GLOSSÁRIO

Aditivo: Substância química adicionada ao combustível para melhorar seu rendimento.

Antidetonantes: Substâncias que funcionam como retardadores químicos da explosão e garantem que esta só aconteça no momento certo do ciclo.

Ciclo de Otto: Ciclo termodinâmico do funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha.

Conurbação: Expansão da cidade além do seu perímetro absorvendo aglomerados rurais e outras cidades.

Degradação: Processo de destruição, onde as alterações biofísicas do meio provocam uma alteração na fauna e flora natural, com eventual perda de biodiversidade

Divisão modal: Divisão por modalidade de transporte: humano, animal, ferroviário, rodoviário, marítimo, aéreo e hidroviário.

Etanol: Nome técnico do álcool etílico carburante que é uma fonte de energia considerada limpa e renovável proveniente da cana-de-açúcar, diferentemente dos derivados de petróleo.

Gases de Efeito Estufa (GEE): Gases responsáveis pelo aumento da quantidade de energia que fica retida na atmosfera devido ao calor refletido ou emitido (radiação infravermelha) pela superfície da Terra causando a elevação da sua temperatura.

Hidrocarbonetos: Compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio.

Injeção eletrônica: Sistema de alimentação de combustível e gerenciamento eletrônico de um motor à explosão.

OBD: On-Board Diagnostic é um sistema de auto-diagnóstico disponível nos veículos nacionais a partir de 2007. Permite a avaliação dos dispositivos que afetam a emissão de poluentes do veículo como por exemplo, sistemas de ignição e injeção de combustíveis.

Octanagem: Propriedade do combustível resistir à elevada compressão no cilindro sem entrar em combustão espontânea.

Oxidação: Reação química onde ocorre a perda de elétrons, não necessariamente na presença de oxigênio.

Ozônio: Gás à temperatura ambiente, instável, altamente reativo e oxidante que está presente em pequenas concentrações naturalmente na estratosfera (parte de atmosfera que abrange altitudes de aproximadamente 15 a 50 quilômetros de altura).

Pesquisa Origem e Destino (O/D): Realizada desde 1967 na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, com periodicidade de dez anos. Constitui-se no principal instrumento de coleta de informações sobre viagens, servindo de base para os estudos de planejamento de transporte.

Poder calorífico: Quantidade de calor liberada na combustão completa de um combustível por unidade de massa ou volume.

Poluição atmosférica: Alterações da atmosfera que tornam o ar impróprio, nocivo aos receptores e que causam impactos a nível ambiental e a saúde humana.

Precipitação: Qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu.

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo, também conhecida como Grande São Paulo, reúne 39 municípios do estado de São Paulo em intenso processo de conurbação.

Revolução Industrial: Conjunto de mudanças tecnológicas com profundo impacto no processo produtivo em nível econômico e social. Iniciada na Inglaterra em meados do século XVIII, expandiu-se pelo mundo a partir do século XIX.

Smog fotoquímico: Poluição atmosférica, sobretudo em áreas urbanas, por ozônio e outros compostos originados por reações fotoquímicas, reações químicas causadas pela luz solar.

Taxa de compressão: Valor numérico que compreende a relação entre o volume da câmara de combustão completamente distendida para o volume da câmara de combustão completamente comprimida.

Termodinâmica: Estudo físico dos efeitos da mudança de temperatura, pressão e volume em sistemas físicos relacionados com movimento.

Transporte público: Designa um meio de transporte no qual os passageiros não são proprietários deles, e são servidos por empresas públicas ou privadas.

Veículo flex: Veículo equipado com um motor de combustão interna a quatro tempos (Ciclo Otto) que tem a capacidade de ser reabastecido e funcionar com mais de um tipo de combustível, misturados no mesmo tanque e queimados na câmara de combustão simultaneamente. O veículo de combustível flexível mais comum disponível no mercado mundial utiliza etanol como segundo combustível.

Volatilidade: Característica dos combustíveis. É determinada pela porcentagem relacionada à facilidade do combustível passar do estado líquido para o estado gasoso.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO – 19

2. A CIDADE E A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO – 21

2.1. A Cidade de São Paulo: dos primórdios até os dias atuais – 21

2.2. Aspectos Gerais da Região Metropolitana de São Paulo – 22

2.3. Transporte na Região Metropolitana de São Paulo – 25

3. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: A COMPOSIÇÃO E OS PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS – 28

3.1. Aspectos Conceituais – 28

3.2. Composição da Atmosfera – 31

3.3. Os Principais Poluentes Atmosféricos – 32

3.4. Os Principais Poluentes Atmosféricos, Características e Origem – 33

3.5. A Poluição do Ar – 36

3.5.1. Poluição Local: *Smog* Industrial e Fotoquímico – 36

3.6. Poluição Global: Efeito Estufa, Chuva Ácida e Destruição da Camada de Ozônio – 38

3.6.1. Efeito Estufa – 38

3.6.2. Chuva Ácida – 39

3.6.3. Destruição da Camada de Ozônio – 40

3.7. Aspectos Legais e Institucionais Relativos à Qualidade do Ar e Padrões de Qualidade do Ar Definidos pela Resolução CONAMA 03/90 – 41

3.8. PROCONVE – 46

3.8.1. Histórico – 46

3.8.2. Fases de Implantação – 47

3.9. CETESB – 50

4. EMISSÕES VEICULARES – 59

4.1. Mobilidade Urbana na RMSP – 59

4.2. A frota de veículos automotores – 66

4.3. O Programa de Inspeção e Manutenção Veicular (I/M) – 73

4.3.1. Características gerais do I/M – 73

4.4. Combustíveis Automotivos – 76

- 4.4.1. Álcool Etílico Carburante – **77**
- 4.4.2. Gasolina – **78**
 - 4.4.2.1. Características da Gasolina – **82**
- 4.5. Aspectos econômicos dos combustíveis no Estado de São Paulo – **83**
- 4.6. Os Motores do Ciclo Otto – **87**
 - 4.6.1. O Processo de Combustão dos Motores – **88**
 - 4.6.2. Influência da Relação Ar-Combustível – **91**
 - 4.6.3. Catalisadores automotivos – **95**
- 4.7. Veículos bicombustíveis – **97**

5. AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE EMISSÕES DE POLUENTES VEICULARES – 98

- 5.1. Metodologias para o Cálculo das Emissões – **98**
- 5.2. Aplicação da Metodologia *bottom-up* – **99**
- 5.3. Elaboração dos Cenários e Discussão dos Resultados Obtidos – **105**
- 5.4. Síntese dos Resultados – **116**

6. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS – 118

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS – 120

8. ANEXOS – 123

1. INTRODUÇÃO

A urbanização está intimamente associada à concentração de muitas pessoas em um espaço restrito. Entretanto, por se tratar de um processo, costuma-se conceituar urbanização como sendo o aumento da população urbana em relação à população rural.

A Inglaterra foi o primeiro país do mundo a se urbanizar, no entanto a urbanização acelerada da maior parte dos países desenvolvidos industrializados só ocorreu a partir da segunda metade do século XIX. Os países desenvolvidos demoraram mais tempo para se tornarem urbanizados quando comparados com a maioria dos atuais países subdesenvolvidos industrializados.

Alguns países subdesenvolvidos apresentam uma rápida industrialização o que acabou gerando um acentuado desequilíbrio nas condições e expectativa de vida entre a cidade e o campo, resultando em um acelerado processo de urbanização, porém com consequências muito drásticas (subemprego, favelas, criminalidade, etc.). Isso porque o desenvolvimento dos setores secundário e terciário¹ não acompanharam o ritmo da urbanização, além da total carência de uma firme política de planejamento urbano. Alguns desses países apresentam taxas de urbanização iguais e até superiores a de países desenvolvidos, embora, com raras exceções, a urbanização dos países subdesenvolvidos se apresentam em condições extremamente precárias.

Especialmente em torno das metrópoles regionais, deu origem a um processo de junção das áreas efetivamente urbanizadas de municípios vizinhos, denominado conurbação. Tal junção fez surgir um grande número de novos problemas urbanos, que as administrações municipais das cidades envolvidas quase sempre não conseguem resolver; daí o surgimento das áreas metropolitanas que são áreas administrativas formadas por diversos municípios conurbados, que visam a promover o planejamento global e a integração de serviços comuns de todas as cidades no interior da conurbação.

A história do crescimento urbano da RMSP tem sido marcada pela falta de investimentos na qualidade dos transportes coletivos. Ao longo das décadas, os veículos se tornaram a principal opção, não somente devido à insuficiência do transporte público, como também pela facilidade na aquisição do automóvel. Os problemas associados ao uso dos automóveis tem efeitos mais sérios, repercutindo em vários campos principalmente o da saúde. Os congestionamentos agravam ainda mais as emissões veiculares que prejudicam a

¹ Setor secundário é o setor da economia que transforma as matérias-primas (produzidas pelo setor primário) em produtos industrializados e o setor terciário é relacionado aos serviços. Os serviços são produtos não materiais em que pessoas ou empresas prestam a terceiros para satisfazer determinadas necessidades.

saúde de crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias, elevando significativamente os índices de morbidade e mortalidade. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 90% da poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo tem origem na frota de veículos em circulação.

Os acidentes de trânsito são freqüentes em decorrência do comportamento dos motoristas, do grande movimento de pedestres, da precariedade dos veículos e da ineficaz fiscalização do trânsito.

A fim de tentar reduzir efetivamente os efeitos dos transportes sobre a qualidade do ar, medidas de controle de emissões tem recebido atenção especial.

O advento do sistema de injeção eletrônica representou um dos maiores avanços no sentido de melhorar o desempenho dos veículos, reduzindo o consumo de combustível e, ao mesmo tempo, diminuindo o nível de emissão de gases poluentes no ambiente. Além disso, vale lembrar que para proporcionar todos estes benefícios, é preciso que outros dois componentes do sistema também estejam em perfeito funcionamento: a sonda lambda e o catalisador que foram desenvolvidos para ajudar nesta finalidade

Este estudo visa conhecer os níveis de emissões veiculares relacionados com os problemas de poluição na cidade de São Paulo. A metodologia denominada *bottom-up*, é um instrumento de avaliação que de forma teórica, calcula os índices de poluentes que saem pelo tubo de escapamento da maior frota de veículos leves do país. Outros problemas como crescimento da frota, combustíveis, transporte público, poluição atmosférica e seus efeitos à saúde e ainda a influência atmosférica também são abordados.

2 - A CIDADE E A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

As informações contidas nesse capítulo foram elaboradas a partir das informações da Secretaria dos Transportes Metropolitanos. do Estado de São Paulo. (www.stm.sp.gov.br com último acesso em 1 de janeiro de 2010)

2.1 – A cidade de São Paulo: dos primórdios até os dias atuais

A cidade de São Paulo formou-se a partir do vilarejo fundado em 1554 e que permaneceu isolado do restante do Brasil durante todo o século XVI. Nesse período a economia era de subsistência sendo o solo inadequado para a prática da agricultura. A partir do século XVII, por decisão da coroa portuguesa que visava evitar invasões estrangeiras, o território brasileiro passou a ser intensamente ocupado. Nesse contexto, a partir da vila de São Paulo, partiam as bandeiras ou monções na direção do interior do território a busca de índios e de riquezas. O vilarejo, além de se tornar um importante ponto para os viajantes que partiam ou voltavam do interior, passou a ter um amplo comércio com os mais variados produtos, comércio esse que se estendeu durante todo o século XVIII.

Durante o século XIX, ainda no Brasil imperial, a indústria cafeeira, que se desenvolveu no interior do Estado de São Paulo, passou ter grande importância econômica no âmbito nacional. Os fazendeiros de café passaram a ter residência na cidade. Já nos primórdios do século XX, ocorreu a imigração de europeus (italianos e espanhóis principalmente) que buscavam trabalho na cafeicultura e nas indústrias. Como consequência, ocorreram: uma extensa urbanização da cidade e uma grande atividade econômica e uso de recursos naturais por todo o Estado de São Paulo. Os imigrantes europeus trouxeram novas técnicas que foram aplicadas nas atividades industriais, em oficinas de arte e no jornalismo.

Ainda em meados do século XIX, destacam-se alguns fatos importantes: a viagem inaugural da ferrovia São Paulo Railway entre as estações da Luz e da Mooca em 1865 e com o início das operações em 1867; a ferrovia veio posteriormente a ligar as cidades de Santos a Jundiaí tornando-se um importante meio para o escoamento de produtos tais como o café; o contato constante com as novidades trazidas da Europa através do porto de Santos tornou a cidade cada vez mais cosmopolita.

Durante todo o século XX a cidade de São Paulo passou por inúmeras obras. Já na década de 1930, observava-se um significativo aumento da rede viária do centro velho em direção aos bairros. As avenidas Rebouças, Água Funda, Adolfo Pinheiro e a Rua Pedroso

de Moraes, são exemplos do aumento da rede viária. A inauguração do Aeroporto de Congonhas em 1936 trouxe grande desenvolvimento para os bairros da região sul da cidade. Em 1938, o novo viaduto do Chá com estrutura metálica, substituiu o antigo existente. O Estádio do Pacaembu foi concluído e as obras de retificação do Rio Tietê prosseguiram.

Em 1930, o Engenheiro Prestes Maia, então Secretário de Obras do Prefeito Fábio Prado, iniciou a implantação do seu Plano de Avenidas. Nessa gestão foi construído o túnel Nove de Julho. O Plano teve grande desenvolvimento nas duas gestões de Prestes Maia à frente da Prefeitura nos períodos de 1938-1945/1961-1965 e caracterizou-se como a maior intervenção urbanística já vista na cidade.

O Plano de Avenidas visava à remodelação do sistema viário da cidade. Criou uma organização rádio-concêntrica (radiais e perimetrais), além do Sistema "Y", um conjunto de três grandes avenidas de fundo de vale no centro: a Avenida Anhangabaú (hoje Avenida Prestes Maia), a Avenida Itoioró (futura Avenida 23 de Maio, aprovada em 1937) e a Avenida Nove Julho (inaugurada em 1941). Já nessa época os projetos viários tinham como objetivo o descongestionamento e a expansão do centro da cidade.

A construção de novas avenidas, viadutos, a pavimentação de ruas e avenidas, a expansão do transporte público com a construção do primeiro metrô do Brasil, a expansão da rede de esgoto, o contínuo processo de verticalização transformaram a cidade de São Paulo em uma metrópole, ou seja, um aglomerado urbano entre os maiores do mundo constituindo-se na maior cidade do país com o maior pólo científico, cultural e econômico.

Dados de 2008 da Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo, indicam que a cidade de São Paulo ocupa uma área de 1.509 km². A população da cidade que em 1900 era de 239.000 habitantes, em 2008, era 10.834.244 habitantes. As principais atividades econômicas da cidade são: indústrias, comércio e serviços de abrangência nacional e internacional.

2.2 – Aspectos Gerais da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

O termo Região Metropolitana de São Paulo refere-se à extensão da capital paulista.

Segundo informações do site da Secretaria de Transportes Metropolitanos (acesso em 1 de janeiro de 2010), “A Região Metropolitana da Grande São Paulo (assim chamada à época), foi criada pela Lei Complementar Federal nº 14, de 8 de junho de 1973. A RMSP foi institucionalizada pela Lei Complementar Estadual nº 94, de 29 de maio de 1974.

Mas sua efetiva implantação só se deu através do Decreto Estadual nº 6.111, de 5 de maio de 1975, que regulamentou a Lei Complementar nº 94. Esse decreto criou e institucionalizou o denominado Sistema de Planejamento e Administração Metropolitana - SPAM. Estabeleceu o Conselho Consultivo Metropolitano de Desenvolvimento Integrado - CONSULTI, como unidade consultiva, e o Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande São Paulo - CODEGRAN. Foram então criados a Secretaria de Estado dos Negócios Metropolitanos - SNM, como unidade coordenadora e operadora, a Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. - EMPLASA, como unidade técnica e executiva, e o Fundo Metropolitano de Financiamento e Investimento - FUMEFI, como unidade financiadora. A Lei Complementar Estadual nº 144, de 22 de setembro de 1976, alterou a primeira Lei Complementar Estadual nº 94 e a Lei Estadual nº 1.492, de 13 de dezembro de 1977, estabeleceu o Sistema Metropolitano de Transportes Urbanos e autorizou a criação da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo S.A. - EMTU.”

A RMSP ocupa uma área de 8.051 km² de área, concentra 48,04% da população estadual e representa 3,4% do total do território do Estado. É composta por 39 municípios, 38 dos quais se agrupam ao redor da capital paulista.

A cidade de São Paulo é considerada: uma metrópole regional, visto que comanda uma grande área que transcende os seus limites estaduais envolvendo, portanto, diversas capitais regionais; uma metrópole nacional, já que comanda toda a rede urbana do país e envolve esferas de influências de várias metrópoles regionais.

A tabela 2.1 apresenta uma compilação sobre as principais características, localização, relevo e clima da RMSP.

Tabela 2.1 – Compilação sobre as principais características, localização, relevo e clima da RMSP

Principais características, localização, relevo e clima da RMSP.	
Características	<p>Destaca-se como centro financeiro, industrial e comercial de abrangência regional, nacional e global; constitui-se como um tecnopólo de pesquisa diversificada; é um pólo cultural consolidado; concentra sedes das grandes empresas e a maior parte dos centros de pesquisas e produtores de informação, existentes no território brasileiro, razão pela qual é considerada a metrópole informacional, pela densidade técnica de que dispõe nesta área; é caracterizada por conurbação contínua (que data dos meados do século XX) e orgânica de áreas pertencentes a diversos municípios; concentra uma população em torno de 19,5 milhões; concentra o desenvolvimento de um complexo sistema de pólos de concentração de atividades terciárias em vários níveis.</p> <p>Constituiu-se como centro estratégico para a interligação de regiões do Sudeste e Centro-Oeste do país; municípios e vilas formaram-se ao longo dos rios Tamanduateí, Tietê e Pinheiros entre outros, que eram utilizados, durante o período colonial, como meio de circulação.</p>
Localização	<p>Na faixa dos climas tropicais; área ocupada: 8.051 km²; concentra 48,04% da população estadual e representa 3,4% do total do território do Estado; é composta por 39 municípios, 38 dos quais estão agrupados ao redor da capital paulista.</p>
Relevo	<p>Suave, no qual correm as águas do rio Tietê e seus afluentes; a RMSP (incluindo-se a capital) vem sendo construída de forma incessantemente sobre terrenos da bacia sedimentar cenozóica de São Paulo, e também nos relevos rochosos do embasamento cristalino em patamares pouco inclinados, encontrando-se encostas fortemente inclinadas, preferencialmente nas cabeceiras de drenagens dos córregos dos rios principais, hoje totalmente impermeabilizados por ruas, avenidas e edifícios.</p>
Clima	<p>Não enfrenta longos períodos de baixas temperaturas; os períodos mais frios ocorrem geralmente durante os meses de inverno e no final do outono; as baixas temperaturas podem provocar dias chuvosos que, por sua vez, são associados às frentes frias provenientes do Atlântico Sul; na estação seca (período de abril a setembro) as chuvas diminuem e a umidade de ar torna-se mais baixa. Apresenta índices pluviométricos em torno de 1.400mm. ano⁻¹ distribuídos de forma irregular ao longo do ano; entre os meses de outubro ficam próximos dos 1.100mm; no período compreendido entre abril a setembro não ultrapassam 300mm caracterizando-se como um período seco.</p>

Fonte: www.stm.sp.gov.br, acesso em 1 de janeiro de 2010.

2.3 – O transporte na Região Metropolitana de São Paulo

Os pólos industriais e agrícolas existentes no Estado de São Paulo constituem importantes centros econômicos. Cerca de 90% da produção de riquezas ocorre nas áreas urbanas. A circulação de pessoas e de bens gera deseconomias prejudiciais à sociedade, visto que a mobilidade da forma como estruturada traz inevitáveis transtornos tais como: altos custos de transporte, congestionamentos constantes e diários acidentes, violência e poluição do ar.

O uso dos automóveis difundiu-se a partir dos anos 1950 representando uma das deseconomias atuais e “contribuiu de certa forma para o surgimento de novas centralidades ou subcentros periféricos que se tornaram mais acessíveis. Mas, contribuiu também para os problemas de circulação, causados pela incompatibilidade entre as necessidades de mobilidade e a infra-estrutura de transporte existentes – sistema viário e redes de transporte coletivo – que foram concebidos no antigo padrão da metrópole industrial, em que os fluxos se caracterizavam pelo padrão pendular (casa-trabalho-casa).”

A atual estrutura viária que interliga os municípios da RMSP originou-se a partir das ferrovias e das linhas de ônibus intermunicipais. Essa mesma infra-estrutura que resultou nos atuais sistemas rodoviários que desembocam na capital e ligam as três regiões metropolitanas paulistas – Santos, São Paulo e Campinas, enquanto os sistemas ferroviários que percorrem as três regiões ficaram restritos ao transporte de carga, sendo que o de passageiros é ainda operante apenas na RMSP, ao qual se acresceu o transporte metroviário nos anos 70.

O Estado de São Paulo conta com o maior sistema rodoviário do País com 34.650km. É dividida em três níveis: municipal, estadual e federal com, respectivamente, 11.600km, 22.000km e 1050 km conforme apresentado nas figuras 2.1 e 2.2.

A estrutura viária da RMSP foi concebida com configuração radial e concêntrica sendo composta por: dois anéis viários e dez rodovias federais e estaduais. Os traçados do mini-anel viário bem como do anel viário metropolitano são coincidentes nas marginais: Tietê e Pinheiros, e estão distantes entre 4 e 6 km do centro da cidade de São Paulo.

Afora a mobilidade da população para o trabalho, serviços e lazer, grande parte da carga rodoviária brasileira circula pela RMSP em direção ao interior do Estado ou a outros Estados do Brasil. O transporte de cargas para o mundo todo ocorre através do porto de Santos (o maior da América Latina), dos aeroportos de Cumbica (Guarulhos) e Viracopos

(Campinas), Espera-se que o Rodoanel (em fase de expansão) venha a desafogar o tráfego na cidade de São Paulo e em diversas regiões da RMSP.

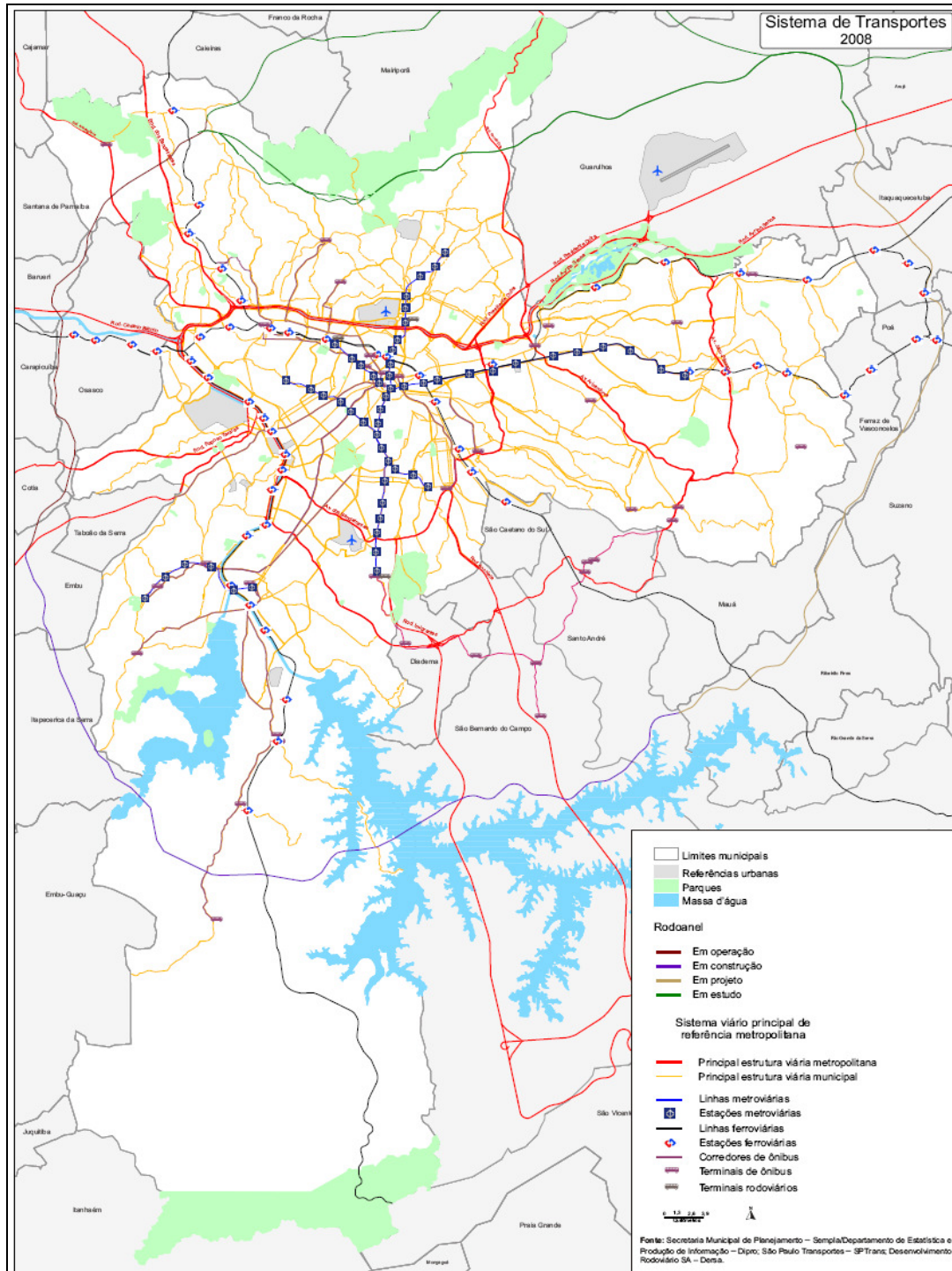


Figura 2.1 – Mapa do Sistema de Transportes da RMSP (2008)

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento – Sempla/Departamento de Estatística e Produção de Informação.

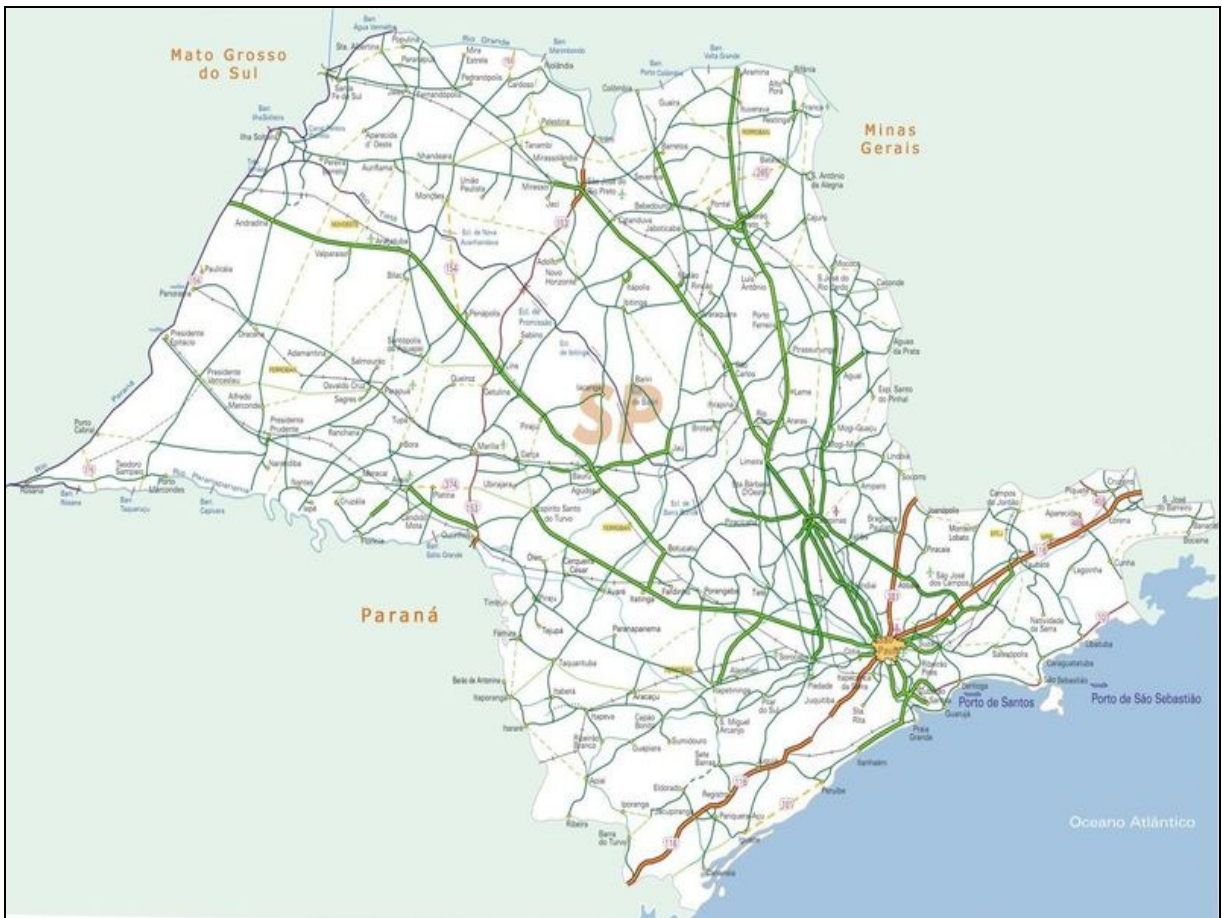


Figura 2.2 – Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo (2008)

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento – Sempla/Departamento de Estatística e Produção de Informação.

3 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: A COMPOSIÇÃO E OS PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

3.1 – Aspectos gerais

Os graves problemas de poluição atmosférica são provenientes de dois fenômenos do mundo moderno: a industrialização e a urbanização. A poluição gerada principalmente nos grandes centros urbanos é resultado da ação antropogênica sobre o meio ambiente e está diretamente relacionada ao uso que o homem dá à energia. A queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, derivados de petróleo tais como gasolina, óleo diesel e gás natural) é responsável pela geração de energia para os setores: elétrico, industrial e de transportes e tem lançado, ao longo do tempo, gás carbônico (CO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado e outros poluentes para a atmosfera.

“Poluente atmosférico é tudo aquilo que torna o ar impróprio, nocivo aos receptores” (HOGAN, 2000, p.367). Ou seja, poluição corresponde às alterações das características físicas ou químicas do meio ambiente, de forma a torná-lo impróprio à relação de vida em comum dos seres que habitam determinada região.

Podem-se distinguir três estágios na evolução e agravamento da poluição do ar: (i) o início do uso do fogo por parte do Homo sapiens por volta de 800.000 anos atrás; (ii) o uso do carvão mineral e o surgimento da Revolução Industrial após a metade do século XVIII que fez crescer significativamente a poluição em muitas cidades européias. A queima do carvão mineral – fonte de energia para as máquinas da época – jogava na atmosfera das cidades européias, toneladas de poluentes; (iii) o grande processo de industrialização pelo mundo. As pessoas passaram a viver agrupadas nas cidades utilizando-se, cada vez mais, de veículos poluidores. (MORENO, 1997)

A decomposição de matéria orgânica, as erupções vulcânicas e as queimadas são alguns exemplos de fontes poluidoras que já faziam parte do cotidiano ambiental na antiguidade. Enquanto que até épocas relativamente recentes, pelo menos até à Revolução Industrial, os detritos eram essencialmente orgânicos e, portanto, suscetíveis à decomposição; inesperadamente, a indústria espalhou sobre o planeta produtos mais resistentes. Sua persistência, por vezes, considerável, torna o seu impacto muito mais profundo sobre o homem e o meio ambiente (MORENO, 1997).

A história registra diversos fatos e episódios de poluição do ar. Em 2000 a.C., o assunto poluição já era motivo de preocupação em Roma. Em 1273, o Rei Eduardo da

Inglaterra assinou as primeiras leis que tratavam da qualidade do ar. A queima de carvão com alto teor de enxofre foi proibida; a queima de carvão foi proibida também a queima de carvão durante as sessões do Parlamento visando evitar fumaça e odor. Em 1300, Ricardo III estabeleceu taxas para o uso de carvão. Já nos primórdios do século XX, as atividades industriais e o aumento significativo do uso dos veículos automotores (que são as principais e mais críticas fontes móveis de poluição) causaram severos episódios de poluição causando o aumento de mortes em cidades dos Estados Unidos e da Europa podendo-se citar: (i) em 1911 há o registro da morte de mil cento e cinquenta mortes em Londres causadas fumaça produzida na queima de carvão. A palavra *smog* (composição de *smoke*, fumaça, e *fog*, neblina) foi proposta pelo Dr. Harold Des Vouex. Atualmente, a palavra *smog* é usada para designar episódios críticos de poluição do ar. (BRAGA et AL, 2002).; (ii) em dezembro de 1930, no vale de Meuse na Bélgica, região com grande concentração industrial, condições meteorológicas desfavoráveis impediram a dispersão de poluentes. Esse fato provocou o aumento no número de doenças respiratórias, sendo registradas sessenta mortes; (iii) em 1948 na cidade de Donora, Pensilvânia, Estados Unidos em um episódio semelhante ao ocorrido no vale de Meuse, vinte pessoas morreram e mais de seis mil foram internadas com problemas respiratórios devido aos problemas resultantes de um episódio de inversão térmica que impediu a dispersão dos produtos da combustão da queima de combustíveis nas indústrias locais; (iv) o mais clássico e mais crítico dos episódios de poluição ocorreu no inverno de 1952 na cidade de Londres. Quatro mil pessoas morreram visto que em três dias aproximadamente, uma fenômeno de inversão térmica impediu a dispersão dos poluentes causados pela atividade industrial e pela combustão de carvão nos aquecedores domésticos; (v) a observação da ocorrência de episódios de *smog* na bacia aérea de Los Angeles.

Em 1963, o Presidente americano Johnson promulgou a lei que criou o *Clean Air Act*², que introduziu definitivamente a questão relacionada com a definição de padrões de emissões principalmente para os veículos automotores. Apesar da grande resistência da indústria automobilística, em 1965 foram definidos os primeiros padrões de emissões para veículos, entrando efetivamente em vigor somente em 1968 nos Estados Unidos (ÁLVARES, LACAVA, FERNANDES, 2002, p. 25).

² Clean Air Act: É a lei que define as responsabilidades da EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana) para proteção e melhoria da qualidade do ar.

Com o objetivo de estabelecer tratamentos regulamentares no controle da poluição do ar, criou-se, em 1970, a classificação dos poluentes atmosféricos em duas categorias distintas: *criteria air pollutants* – poluentes que podem trazer efeitos negativos sobre a saúde pública e *hazardous air pollutants* – poluentes perigosos, que apresentam riscos de ocorrência de danos irreversíveis e fatais à saúde. Estas categorias foram inseridas no *Clean Air Act* da Environmental Protection Agency conhecida pela sigla EPA. (ÁLVARES, LACAVA, FERNANDES, 2002).

No início da regulamentação o dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP) e chumbo (Pb) foram classificados como *criteria air pollutants*. Os poluentes classificados como o *hazardous air pollutants* foram o mercúrio, berílio, asbesto, cloreto de vinila, benzeno, arsênico, coque e cádmio. A partir desta classificação foram desenvolvidos os padrões primários e secundários de qualidade do ar que devem possuir metas a ser atingidas e apresentar margem de segurança para proteção da saúde pública, proteção ao bem-estar social, da fauna, da atividade agrícola e do patrimônio físico.

Segundo Álvares; Lacava; Fernandes (2002, p. 26) para ser classificado como *hazardous air pollutants*, ou poluente perigoso, bastava encontrar evidências suficientes sobre um dos seguintes aspectos:

- A substância era conhecida por causar efeitos adversos agudos à saúde humana em concentrações tipicamente encontradas nas vizinhanças de fontes emissoras contínuas ou frequentes;
- A substância era conhecida por causar câncer ou efeitos teratogênicos, ou danos irreversíveis aos sistemas reprodutivo ou neurológico, mutações genéticas ou outras doenças crônicas;
- A substância era conhecida por causar significativo efeito adverso ao meio ambiente, devido à sua simples toxicidade e persistência no ambiente, ou toxicidade e tendência à bioacumulação no ambiente.

Nos países em desenvolvimento, as atividades de controle se concentram, na maioria dos casos, no tratamento dos problemas mais comuns e abrangentes relacionados com a combustão industrial e veicular (*criteria pollutants*) e sua respectiva contaminação por SO₂, MP, hidrocarbonetos (HC), CO e NO_x. Ações de controle específicas sobre os poluentes mais

perigosos e de impacto localizado (*hazardous pollutants*) ocorrem ainda na fase inicial de transformação, cuja importância para a proteção da saúde pública é extremamente relevante.

Toda a atmosfera do planeta Terra acha-se de alguma forma, afetada. Os meteorologistas observam um véu nebuloso de ar poluído envolvendo o planeta Terra. Eventos em lugares improváveis vêm sendo observados: *smog* sobre oceanos, e sobre o pólo Norte. As atividades antropogênicas vêm comprometendo severamente a capacidade de a atmosfera de absorver e carrear os poluentes lançados.

3.2 – A composição da atmosfera (BRAGA et al., 2002; MATAI, 2009)

A atmosfera é formada por diversos gases cuja distribuição percentual média é: 78,11% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,934% de argônio e 0,033% de gás carbônico. Outros gases presentes em menores concentrações são hidrogênio, hélio, neônio, xenônio, criptônio, metano, dióxido de nitrogênio, entre outros. A atmosfera apresenta também outros constituintes: vapor de água, material particulado inorgânico (areia, subprodutos da combustão, areia finamente dividida), material particulado orgânico (micróbios, bactérias, pólen) e cristais de sais (cloreto de sódio, por exemplo). A quantidade de vapor pode chegar até a teores da ordem de 4% no total. As partículas sólidas em suspensão presentes são essenciais para o ciclo hidrológico na produção de núcleos de condensação e aceleram a formação de nuvens e a precipitação (fenômeno da coalescência).

Uma forma muito empregada para a classificação da atmosfera é de acordo com a estratificação térmica. Nessa forma de classificação, em torno de 95% do ar atmosférico encontra-se numa fina camada denominada troposfera cuja altitude varia de 8 a 10 km. A espessura da troposfera varia de acordo com a latitude e com o tempo. Nos pólos, em latitudes de 45° e na linha do Equador, as espessuras são, respectivamente, 8,5, 10,5 e 16,5 km. São na troposfera que se originam praticamente todas as massas de ar responsáveis pelas mudanças climáticas do planeta; o decréscimo de temperatura é de 0,65° C / 100 m de altitude. Na tropopausa, a camada de transição acima da troposfera, a temperatura é praticamente constante. Na estratosfera, localizada em altitudes entre 11 e 50 km aproximadamente, está localizada a camada de ozônio (ozonoesfera).

Na mesosfera (localizada acima da estratopausa) ocorre um decréscimo térmico significativo e registra-se a temperatura mais baixa da atmosfera. A termosfera também conhecida como ionosfera alcança 190 km de altitude. Os gases predominantes até a termosfera são oxigênio e nitrogênio. Até a altitude de 970 km a maior porcentagem dos gases

é de oxigênio. Seguindo-se até 2400 km, predomina o gás hélio e a seguir, até 9700 km, o hidrogênio. Acima desta altitude predominam os gases interplanetários.

A troposfera e a estratosfera são as camadas mais importantes do ponto de vista ambiental. A camada de ozônio localizada na estratosfera tem duas funções essenciais: proteger os organismos vivos da Terra dos efeitos nocivos dos raios ultravioleta (UV); fornecer a fonte de calor para estratificar a atmosfera em troposfera estacionária e uma estratosfera turbulenta. A absorção de raios UV pelo ozônio estratosférico é forte o suficiente para eliminar a radiação UV mais energética (radiação com comprimentos de onda menores) da luz solar.

Na troposfera ocorrem os processos climáticos responsáveis pela vida na Terra e é nesta que ocorre grande parte dos fenômenos relacionados com a poluição do ar.

O perfil de temperatura descrito resulta: da estratificação dos gases presentes na atmosfera, da incidência da luz solar e da sua dispersão de volta para o espaço.

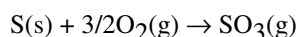
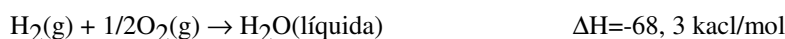
3.3 – Os principais poluentes atmosféricos

De acordo com Braga et al., 2002, pode-se considerar que existe poluição do ar quando uma ou mais substâncias químicas estão presentes em concentrações suficientes para causar danos aos seres humanos. Os danos também podem ser provenientes de parâmetros físicos tais como som e calor. As concentrações de poluentes na atmosfera dependem: do clima, topografia, do nível de atividades industriais locais e da densidade populacional.

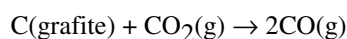
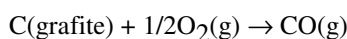
Os poluentes são classificados em: primários e secundários. Os poluentes primários são lançados diretamente ao ar. Os poluentes secundários formam-se na atmosfera por meio de reações que ocorrem devido a presença de substâncias químicas e condições físicas. Monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre são poluentes primários. Ozônio (urbano) e trióxido de enxofre (formado pela presença de dióxido de enxofre e oxigênio no ar; reage com vapor de água formando ácido sulfúrico presente na chuva ácida) são poluentes secundários.

Os responsáveis pela maior parcela de contribuição na contaminação dos centros urbanos são os poluentes resultantes de reações combustivas. Nas reações convencionais de combustão de combustíveis, os reagentes interagem com o oxigênio comburente, liberando grande quantidade de calor para formar os produtos de combustão assim exemplificados:

As reações mais importantes na combustão são:

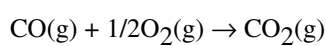


Se a quantidade de oxigênio empregada na combustão é insuficiente para a reação, podem ocorrer as seguintes reações:



Esta segunda reação é endotérmica e, portanto, parte da energia produzida na combustão está sendo roubada.

Se for adicionado mais oxigênio ao sistema, é possível acontecer a reação:



3.4 – Principais poluentes atmosféricos, características e origem.

A tabela 3.1 apresenta os principais poluentes atmosféricos. Ressalta-se que a maioria deles tem origem nos processos de combustão.

Tabela 3.1 – Principais poluentes do ar, características e origem.

POLUENTE	CARACTERÍSTICAS E ORIGEM
Gás carbônico (CO₂)	É o principal composto resultante: da combustão completa de combustíveis fósseis e de outros combustíveis que contêm o elemento carbono; da respiração anaeróbica dos seres vivos.
Monóxido de carbono (CO)	Combustão incompleta de combustíveis fósseis e outros materiais que contenham o elemento carbono na sua composição.
Óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃)	Produzidos pela combustão de combustíveis que contenham enxofre em sua composição e nos processos biogênicos naturais, no solo e na água.
Óxidos de nitrogênio (NO_x)	Produzidos nos processos de combustão realizados em altas temperaturas. Nessas condições, o oxigênio e o nitrogênio do ar atmosférico reagem formando os óxidos de nitrogênio. Podem também ser gerados através das descargas elétricas na atmosfera.

Hidrocarbonetos	Combustão incompleta de combustíveis fósseis, evaporação desses combustíveis e de solventes orgânicos.
Oxidantes fotoquímicos	São compostos gerados a partir de outros poluentes tais como hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio que são lançados para a atmosfera por meio de reações químicas catalisadas pela luz solar. Entre esses poluentes secundários pode-se citar o ozônio troposférico (formado em baixas altitudes) e o peróxiacetil nitrato (PAN).
Material particulado (MP)	São partículas de material sólido e líquido, capazes de permanecer em suspensão. Exemplos: poeiras, fuligem, pólen e partículas de óleo. Esses materiais têm origem nos processos de combustão (fuligem e partículas de óleo) ou devido aos fenômenos naturais (dispersão de pólen ou de material particulado devido à ação do vento).
Amianto (asbestos)	Material particulado gerado durante as etapas de mineração ou de beneficiamento do mineral amianto.
Metais	São materiais particulados associados à atividades de mineração, à combustão de carvão mineral e de processos siderúrgicos.
Gás fluorídrico (HF)	Gerado nas indústrias de produção de alumínio e de fertilizantes. São gerados em processos que utilizam altas temperaturas que utilizam matérias-primas que contêm flúor.
Amônia (NH₃)	Gerado nas indústrias químicas e de fertilizantes e processos biogênicos naturais que ocorrem na água e no solo.
Gás sulfídrico (H₂S)	Subproduto gerado nas refinarias de petróleo, na indústria química e de celulose e papel pelo processamento de matérias-primas que contêm enxofre. Também gerado nos processos biogênicos naturais.
Pesticidas e herbicidas	São produtos químicos a base de organoclorados, organofosforados, carbamatos, utilizados no controle de pragas e ervas daninhas. As principais fontes são: indústrias que produzem esses produtos e uso na agricultura.
Substâncias radioativas	Possuem elementos capazes de emitir radiação (emitem energia na forma de partículas alfa e beta e radiação gama). A energia emitida pelas substâncias radioativas pode em muitos casos, provocar danos aos seres vivos e materiais na medida em que provocam o rompimento das ligações químicas das moléculas que constituem os tecidos vivos e a estrutura dos materiais. As fontes principais são: depósitos naturais, usinas nucleares, queima de carvão, testes de armamentos nucleares.
Calor	É uma forma de poluição atmosférica por energia, devida à emissão de gases a alta temperatura. Esses gases são liberados em sua maioria pelos processos de combustão.
Som	Emissão de energia para o ambiente, na forma de ondas sonoras com intensidade capaz de prejudicar os seres humanos e outros seres vivos. Associada ao estilo de vida industrial.

Fonte: adaptado de Braga et al., 2002

Na tabela 3.2 estão apresentados: a poluição do ar, poluentes, suas características, fontes, formas de remoção e tempos de permanência no meio ambiente.

Tabela 3.2 – A poluição do ar, poluentes, características, fontes e dispersão.

Poluente	Composição	Características	Principais fontes	Remoção	Tempos de permanência no meio ambiente
Material particulado (MP₁₀)	Variável	Partículas sólidas ou gotas líquidas. Incluem gases, fumaça, poeira e aerossóis.	Processos industriais, resíduos de incineração, combustão de óleo combustível, óleo diesel e queima de madeira.	Precipitação ou deposição seca e por degradação bacteriana ou deposição no solo.	De minutos a vários dias
Monóxido de carbono	CO	Levemente solúvel em água. Gás incolor, inodoro e tóxico.	Combustão de combustíveis, especialmente gasolina.	Absorvido e convertido para CO ₂ no solo.	De 1 mês a 2,7 anos
Dióxido de enxofre	SO₂	Solúvel em água. Gás incolor, com odor irritante, pesado.	Combustão de carvão, de combustíveis que contêm enxofre tais como óleo diesel, óleo combustível e outros. Também provêm de emissões de refinarias, fundição de metais e da indústria do papel.	Precipitação e oxidação na atmosfera ou degradação bacteriana no solo.	De 20 minutos a 7 dias
Dióxido de nitrogênio	NO₂	Razoavelmente solúvel em água. Gás com coloração de vermelho a marrom.	Emitido por motores automotivos e indústrias de processo. Produzido pela reação entre N ₂ e O ₂ do ar atmosférico e do O ₂ do ar atmosférico com compostos nitrogenados contidos nos combustíveis.	Precipitação e oxidação na atmosfera ou degradação bacteriana no solo.	De 3 a 5 dias
Hidrocarbonetos	Variável	Compostos que contêm os elementos carbono e hidrogênio. Alguns são muito tóxicos e outros, inofensivos.	Produzidos na combustão em motores veiculares e processos industriais.	Oxidados na atmosfera ou absorção e degradação bacteriana no solo.	Até 2 anos
Ozônio	O₃	Gás com coloração azul clara e odor adocicado. Razoavelmente solúvel em água.	Produzido a partir de reações fotoquímicas na atmosfera entre hidrocarbonetos voláteis (C _x H _y), NO, O ₂ e radiação ultravioleta da luz solar.	Reações fotoquímicas na atmosfera. Degradação do O ₃ a O ₂ .	De 2 horas a 3 dias

Sulfeto de hidrogênio	H₂S	Gás levemente solúvel em água. Incolor, com odor de ovo podre, tóxico.	Produzido a partir de processos da indústria química, das refinarias e dos poços de petróleo.	Oxidação na atmosfera a SO ₂ .	De poucas horas a 2 dias
Óxido nítrico	NO	Gás incolor, levemente solúvel em água.	Emitido por motores automotivos e indústrias de processo. Produzido pela reação entre N ₂ e O ₂ do ar atmosférico e do O ₂ do ar atmosférico com compostos nitrogenados contidos nos combustíveis.	Oxidação na atmosfera a NO ₂ .	De 4 a 5 dias

Fonte: Bartholomew 1999 apud Lora; Teixeira, 2004.

3.5 – A poluição do ar

As fontes de poluição podem ser classificadas em estacionárias e móveis.

- Fontes estacionárias (chaminés de indústrias, por exemplo): produzem cargas pontuais;
- Fontes móveis (veículos automotores, por exemplo): produzem cargas difusas.

A distinção entre as formas de poluição é fundamental para o tratamento dos problemas ambientais.

Considerando-se a dimensão, a poluição pode ser classificada em:

- Poluição local: ocorre em uma região relativamente pequena, por exemplo, numa cidade;
- Poluição global: envolve toda a ecosfera.

3.5.1 – Poluição local: *smog* industrial e fotoquímico

Os problemas de poluição local são oriundos de episódios críticos de poluição nas cidades e dependem das condições climáticas existentes para a dispersão e dos poluentes gerados. As situações críticas podem ser classificadas em: *smog* industrial e *smog* fotoquímico.

O *smog* industrial apresenta as seguintes características: é típico de regiões frias e úmidas com picos de concentração no inverno (condições climáticas adversas para a dispersão de poluentes); a inversão térmica agrava o problema quando os picos de

concentração de poluentes ocorrem nas primeiras horas da manhã. A tabela 3.3 apresenta as características do *smog* industrial e fotoquímico.

Tabela 3.3 – *Smog* industrial e fotoquímico.

	<i>Smog</i> industrial	<i>Smog</i> fotoquímico
Típico de regiões/cidades:	frias e úmidas.	ensolaradas, quentes de clima seco.
Os picos de poluição ocorrem:	no inverno (condições climáticas adversas para a dispersão de poluentes). A inversão térmica agrava o problema quando os picos de concentração de poluentes ocorrem nas primeiras horas da manhã.	em dias quentes com muito sol. Ocorre por volta das 10 ou 12 horas
Principais elementos que compõem esse tipo de <i>smog</i>:	provêm da queima de carvão e de óleo combustível.	o agente poluidor são os veículos automotores.
Predomina em/nas:	regiões industriais e/ou regiões onde há a queima intensa de óleo para aquecimento doméstico e/ou geração termelétrica.	cidades
Componentes principais	dióxido de enxofre (ver chuva acida) e material particulado (tipicamente com tamanho de 1 a 10 microns)	óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Esses gases participam de várias reações na atmosfera na presença da luz solar e geram novos poluentes: ozônio, aldeídos, os radicais orgânicos PAN (peróxi acetil nitrato) e óxidos de nitrogênio.
Natureza	reduzora.	oxidante.
Problemas causados a saúde:	sérias lesões respiratórias (pelo sinergismo negativo entre material particulado e dióxido de enxofre).	Irritação nos olhos, pulmões pele, agravamento de problemas respiratórios como asma, secura nas membranas do nariz, alterações no sistema imunológico.
Cidades sujeitas ao <i>smog</i> industrial	Londres, Chicago (cidades que têm inverno rigoroso e onde há intensa queima de óleo e carvão), São Paulo.	São Paulo, Los Angeles, Sydney, Cidade do México.
Cor	cinza. Forma uma espécie de névoa que recobre as cidades.	Avermelhada/marrom.

Fonte: adaptado de Braga et al., 2002.

3.6 – Poluição global: efeito estufa, chuva ácida e destruição da camada de ozônio.

3.6.1 – Efeito estufa (BRAGA et. al. 2002; BAIRD, 2004; MATAI, 2009)

A radiação infravermelha incidente sobre a superfície da Terra é radiação de pequena longitude de onda. Por outro lado, a radiação reenviada para o espaço, tem grande longitude de onda.

O efeito estufa natural do planeta é responsável pelo fato de a temperatura média no planeta de +15,5° C ao invés de -15° C.

O efeito estufa foi identificado no século XIX pelo cientista Jean Fournier. Em 1896, Arrhenius alertava para os possíveis impactos ambientais decorrentes da duplicação do teor de CO₂ na atmosfera.

A emissão dos chamados gases de efeito estufa (GEE) aumenta a quantidade de energia que fica retida na atmosfera devido ao calor refletido ou emitido (radiação infravermelha) pela superfície da Terra o que causa a elevação da temperatura na superfície.

Os gases de efeito estufa provocam na atmosfera o aumento gradativo da temperatura na atmosfera em consequência: do aumento dos teores de GEE na atmosfera; capturam parte da radiação infravermelha que é reemitida de volta para o espaço.

Os GEE têm diferentes intensidades no aquecimento causado. O Potencial de Aquecimento Global (PAG) expressa esse aquecimento. O referencial é o CO₂ cujo PAG = 1. Um kg do gás metano provoca um efeito estufa 21 vezes maior do que um kg de CO₂ enquanto que um kg de óxido nitroso (N₂O) exerce efeito 310 vezes mais danoso do que um kg de CO₂.

A tabela 3.4 apresenta os principais GEE, as suas respectivas fontes antropogênicas e contribuição relativa para o aquecimento global.

Tabela 3.4 – Os principais GEE, as suas respectivas fontes antropogênicas e contribuição relativa para o aquecimento global.

GEE	Fontes antropogênicas	Contribuição relativa para o aquecimento global
CO ₂	Combustão de combustíveis fósseis, desmatamento, mudanças no uso da terra.	70%
CH ₄	Cultivo de arroz, ruminantes, combustão de combustíveis fósseis, vazamentos de gás natural.	27%
N ₂ O	Fertilizantes, queima de biomassa, combustão de combustíveis fósseis, conversão da terra para agricultura	3%
CFC	Fluidos refrigerantes, aerossóis, propelentes, processamento de espuma plástica para embalagens.	----

Fonte: adaptado de Lora; Teixeira, 2004

A queima dos combustíveis fósseis é considerada como sendo a maior responsável pelo lançamento de gás carbônico para a atmosfera. Braga et al. (2002) citam que, de acordo com o World Meteorological Organization (WMO):

- Em altas e médias latitudes, as temperaturas de inverno poderão crescer mais do que o dobro da média mundial.

As temperaturas de verão não deverão se alterar muito. Esse aumento de temperatura poderá provocar uma elevação dos níveis dos oceanos (de 20 a 165 cm) o que deverá provocar erosão litorânea, inundação, danos aos portos e estruturas costeiras, intrusão salina em aquíferos, enchentes, elevação de lençóis de água, entre outros. Lugares como as ilhas Maldivas deverão desaparecer enquanto que 70 km das costas marítimas sofrerão erosão.

- O aumento da concentração de gás carbônico poderá provocar aumento no rendimento de algumas culturas tais como milho, cana-de-açúcar (10%), sorgo sacarino, arroz, trigo, soja e batata (50%).
- As mudanças climáticas serão intensas e trarão alterações nos regimes das chuvas e das secas, mudanças essas que poderão influenciar processos biológicos como pragas de insetos e a multiplicação de organismos patogênicos.

3.6.2 – Chuva ácida (BRAGA et. al. 2002; BAIRD, 2004; MATAI, 2009)

Os gases nitrogenados e sulfonados produzidos por uma série de atividades antropogênicas reagem com o vapor de água produzindo ácido nítrico e sulfúrico. Esses ácidos são carreados pela água da chuva e se precipitam sobre o solo. Existe também o mecanismo da deposição de sais dissolvidos ou deposição de ácidos.

É considerada chuva ácida aquela cujo pH é inferior a 5,6. A chuva ácida é observada em diversas regiões do planeta: nas regiões industrializadas da Europa e Estado Unidos (pH da ordem de 3), regiões da América do Sul (pH em torno de 4,7), na região amazônica, na cidade de Cubatão. Outros exemplos de locais afetados pela chuva ácida são: as florestas da Escandinávia (destruídas pela poluição gerada na Alemanha e Inglaterra), Canadá (em torno de 50% da chuva ácida do Canadá é proveniente dos Estados Unidos).

Os danos causados pela chuva ácida são:

- Enormes perdas de produtividade na agricultura devido a acidificação do solo (tendo como conseqüências a lixiviação dos nutrientes e eliminação dos organismos que atuam no desenvolvimento do solo);

- Acidificação dos corpos d'água (principalmente no lagos e reservatórios destinados à produção de energia levando ao desgaste de tubulações, turbinas, bombas), mortandade de peixes;
- Destruição da vegetação;
- Destruição de obras civis (monumentos, pontes);
- Formação de partículas de sulfato de amônio (o ácido sulfúrico que permanece fixado nessas partículas pode ser inalado causando sérias doenças tais como câncer pulmonar). Em geral essas partículas são eliminadas em poucos dias; porém, em períodos secos e/ou de inversão térmica pode-se observar a presença de altas concentrações dessas partículas na atmosfera.

3.6.3 – Destruição da camada de ozônio (BRAGA et. al. 2002; BAIRD, 2004; MATAI, 2009).

A camada de ozônio está situada na estratosfera entre 15 e 50 km de altitude e é responsável por “filtrar” as radiações solares, impedindo que grande parte da radiação ultravioleta nociva atinja a superfície da Terra. A radiação ultravioleta pode ser dividida em três grupos em função do comprimento de onda e, portanto, à intensidade de energia:

- Radiação ultravioleta A (UVA, comprimento de onda característico entre 320 – 400 nm): tem comprimento de onda muito próximo do visível (violeta). Não é absorvida na camada de ozônio.
- Radiação ultravioleta B (UVB, comprimento de onda entre 280 – 320 nm): são vários os efeitos prejudiciais, particularmente os danos causados ao DNA. É a causa do melanoma e outros tipos de câncer de pele. Apresenta danos à vegetação. A maior parte da radiação UVB é filtrada na camada de ozônio.
- Radiação ultravioleta C (UVC, comprimento de onda < 280 nm): é extremamente prejudicial, mas é completamente filtrada na camada de ozônio e pelo oxigênio presente na atmosfera.

A radiação ultravioleta tem energia suficiente para provocar reações químicas associadas à formação e destruição do ozônio estratosférico.

Os CFCs (clorofluorocarbonos) muito utilizados como fluidos refrigerantes, propelentes, equipamentos eletrônicos, processamento de plásticos são muito estáveis e permanecem na atmosfera por muito tempo (em torno de 100 anos). Na atmosfera, os CFCs reagem com o ozônio causando a sua destruição. Os países desenvolvidos vêm atuando no sentido de diminuir/eliminar o uso dos CFCs.

3.7 – Aspectos Legais e Institucionais Relativos à Qualidade do Ar e Padrões de Qualidade do Ar definidos pela Resolução CONAMA³ 03/90

a. Legislação básica Federal (BRAGA et al., 2002)

Os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos através da Portaria MINTER nº 235 de 27/04/76. Quatro poluentes são considerados: dióxido de enxofre, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos e poeira total em suspensão. Novos padrões de qualidade do ar foram estabelecidos pela Resolução CONAMA 03 de 28/06/90.

As Resoluções CONAMA nº 18 de 06/05/86 e nº 1 de 23/10/87 instituíram, respectivamente, o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores e o Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores.

Considerações sobre o acelerado crescimento da frota nacional de veículos automotores, o crescimento industrial e urbano, os seus reflexos negativos para a sociedade, meio ambiente e economia levaram ao estabelecimento do Programa Nacional de Controle do Ar (PRONAR), um instrumento de gestão, instituído pela Resolução CONAMA nº 5 de 15/06/89 conforme previsto na Lei 6938/81.

Os objetivos do Pronar são: a melhoria da qualidade do ar; o atendimento dos padrões estabelecidos, o não comprometimento da qualidade de ar em áreas consideradas como sendo não degradadas. A estratégia básica do Pronar era limitar, em nível nacional, as emissões por tipos de fontes e poluentes prioritários. Os padrões de qualidade do ar são utilizados como ação complementar de controle.

Os limites máximos de emissão são definidos por resoluções do CONAMA. São a quantidade máxima de poluentes que podem ser lançados para a atmosfera por fontes poluidoras. Os limites máximos são diferenciados de acordo com: a classificação, usos nas diversas áreas. São mais rígidos para a novas fontes de poluição (empreendimentos que ainda

³ CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente / IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

não tenham obtido a licença prévia na data da publicação da resolução. Observação: o assunto licença prévia será tratado no capítulo referente ao Licenciamento Ambiental).

b. Enquadramento das áreas por classe de uso do ar

As áreas de todo o território nacional são enquadradas de acordo com a classificação por uso pretendido (tabela 3.5)

Tabela 3.5 – Classificação de usos pretendidos.

CLASSE	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÕES
I	“Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica.”	Definição dada na Resolução Conama 005/89, item 2, subitem 2.3.
II	Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade.	Definição dada na Resolução Conama 005/89, item 2, subitem 2.3. Vide Resolução Conama 03/90, Artigo 2º (apresentado no item desse texto)
III	Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade. Através de Resolução específica do CONAMA serão definidas as áreas Classe I e Classe III, sendo as demais consideradas Classe II.	Definição dada na Resolução Conama 005/89, item 2, subitem 2.3.

Fonte: Resolução CONAMA 005/89.

c. A Resolução Conama 03/90

O Artigo 1º da Resolução Conama 03/90 define: “São padrões de **qualidade do ar** as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

A definição de **poluente** é dada pelo Parágrafo Único do Artigo 1º : “Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV - prejudicial à segurança. ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

O Artigo 2º estabelece os conceitos de **Padrões primários** e **Secundários** de Qualidade do Ar.

“I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

O Parágrafo Único do Artigo 2º estabelece que: “Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar”.

Os padrões primários e secundários podem ser entendidos como sendo, respectivamente: metas a atingir em curto e médio prazo, já que podem ser considerados como níveis máximos de concentração de poluentes; metas de longo prazo já que podem ser considerados como níveis desejados de concentração de poluentes.

O Artigo 3º estabelece os padrões de qualidade do ar que estão resumidos na tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução Conama 03/90.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de análise
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1)	240	150	Método de Amostrador de Grandes Volumes ou Método Equivalente.
	MGA (2)	80	60	
Fumaça	24 horas (1)	150	100	Método da Refletância ou Método Equivalente.
	MAA (3)	60	40	
Partículas inaláveis	24 horas (1)	150	150	Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente
	MAA (3)	50	50	

Dióxido de enxofre	24 horas	365	100	Método de Pararonasilina ou Método Equivalente.
	MAA (3)	80	40	
Monóxido de carbono	1 hora (1)	40.000 (35ppm)	40.000 (35ppm)	Método do Infra-Vermelho não Dispersivo ou Método Equivalente
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.
	MAA	100	100	

Fonte: adaptado da Resolução CONAMA 03/90 e de www.ecologica.com.br/index.html

(1) Não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

(2) MGA = média geométrica anual.

(3) MAA = média aritmética anual.

A Resolução 03/90 estabelece que “poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA”. As condições de referência são definidas como: a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

O artigo 4º estabelece que o monitoramento da qualidade do ar como sendo atribuição dos Estados.

O Artigo 5º estabelece os “Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde à saúde da população.

§ 1º - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2º - Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3º - Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis,

fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4º - As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta tem por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência”.

Os níveis de Atenção, Alerta e Emergência são declarados “quando prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições” compiladas na tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Níveis de concentração de poluentes

Nível de concentração do poluente	Atenção	Alerta	Emergência
Concentração de dióxido de enxofre, média de 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	800	1.600	2.100
Concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	375	625	875
Produto entre a concentração de dióxido de enxofre e a concentração de partículas totais em suspensão- média de 24 horas (ambas em $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	igual a 65×10^3	igual a 261×10^3	igual a 393×10^3
Concentração de monóxido de carbono média de 8 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17.000 (15 ppm)	34.000 (30 ppm)	46.000 (40 ppm);
Concentração de ozônio, média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	400	800	1.000
Concentração de partículas inaláveis, média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	420	500
Concentração de fumaça, média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	420	500
Concentração de dióxido de nitrogênio, média de 1 hora	1130	2.260	3.000

Fonte: CETESB (2009)

§ 8º - Cabe aos Estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuar-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º - Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 6º - Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 7º - Enquanto cada Estado não deferir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução/CONAMA nº 005/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar

3.8 – PROCONVE

3.8.1 – Histórico

Segundo Mendes (2004), as primeiras discussões sobre a necessidade da implantação de um programa nacional de controle de emissões veiculares ocorreram no País em 1977. Nesse mesmo ano iniciou-se as primeiras discussões sobre o assunto através de um seminário internacional promovido pela CETESB. Este seminário obteve reconhecimento das autoridades estaduais e municipais de São Paulo dos níveis preocupantes de poluição do ar e que a participação dos veículos no agravamento deste problema era significativa. A partir de então surgiram as primeiras idéias sobre um programa de controle de emissões veiculares.

Apenas em 1986 foi criado o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, instituído pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 18/86 e pela Lei 8723, de outubro de 1993 através da CETESB e do IBAMA, visando o controle da qualidade do ar. Outras resoluções, editadas posteriormente e relacionadas no Anexo I deste estudo, estabeleceram diretrizes, prazos e padrões legais de emissão admissíveis para as diferentes categorias de veículos e motores, nacionais e importados (MENDES, 2004).

Baseado na experiência internacional o programa estabeleceu um cronograma de redução gradual da emissão de poluentes para veículos leves (automóveis) e para veículos pesados (ônibus e caminhões) e adotou procedimentos diversos para a implementação das tecnologias industriais já existentes que foram adaptadas às necessidades brasileiras. O PROCONVE impôs ainda a certificação de protótipos e linhas de produção, a autorização especial do órgão ambiental federal para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e

preparo dos motores encontrados em desacordo com o projeto, e proibiu a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios.

O programa deu prioridade ao segmento de veículos leves devido ao grande número e utilização intensiva, o que o caracteriza como o maior problema em termos de poluição veicular. Foram estabelecidos limites de emissão de poluentes no escapamento dos veículos. Para o cumprimento destes limites, foi necessário estipular prazos para o desenvolvimento dos veículos, adaptação da indústria de autopeças, melhoria de especificações dos combustíveis e, conseqüentemente, a aplicação de tecnologias e sistemas que aperfeiçoassem o funcionamento dos motores para proporcionar uma queima mais eficiente de combustível e, conseqüentemente, a diminuição das emissões e do consumo de combustível.

Os aspectos técnicos e diretrizes e avaliação dos objetivos do PROCONVE estão contidas no anexo 3.

3.8.2. Fases de implantação

A primeira fase implantada para os veículos leves (L-1), em 1988, foi caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento da produção. Na segunda fase (L-2), em 1992, foram necessários o desenvolvimento e a introdução de novas tecnologias, em especial a injeção eletrônica de combustível e os conversores catalíticos. Nesta fase, foi intensificado o desafio tecnológico, principalmente para permitir a adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. Para a terceira fase (L-3), que teve início em 1997, a indústria adicionou aos itens da segunda fase o sensor de oxigênio denominado Sonda Lambda. Em 2003, iniciou-se a quarta fase (L-4) onde a indústria automobilística trabalhou no desenvolvimento de motores para atender aos níveis por meio da melhoria da combustão. Nesta fase foram adotadas novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e da injeção eletrônica. A quinta fase (L-5) teve início em 2009 e está previsto o lançamento da sexta fase (L-6) para 2010. Essas duas últimas fases visam principalmente à introdução da eletrônica embarcada (OBD I e II) cujo objetivo é melhorar a manutenção da regulagem do motor e dos sistemas de que controlam a emissão de poluentes veiculares, viabilizando a criação de sistemas de manutenção mais eficazes e fáceis de operar os diagnósticos que resultarão na redução de emissões de material particulado, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos (HC).

Segundo Linke (2007), o PROCONVE evita a 04 mortes por dia que poderiam ser causadas por problemas relacionados com poluição do ar.

A figura 3.1 apresenta os a evolução dos limites de emissão dos principais poluentes de acordo com as fases do Proconve.

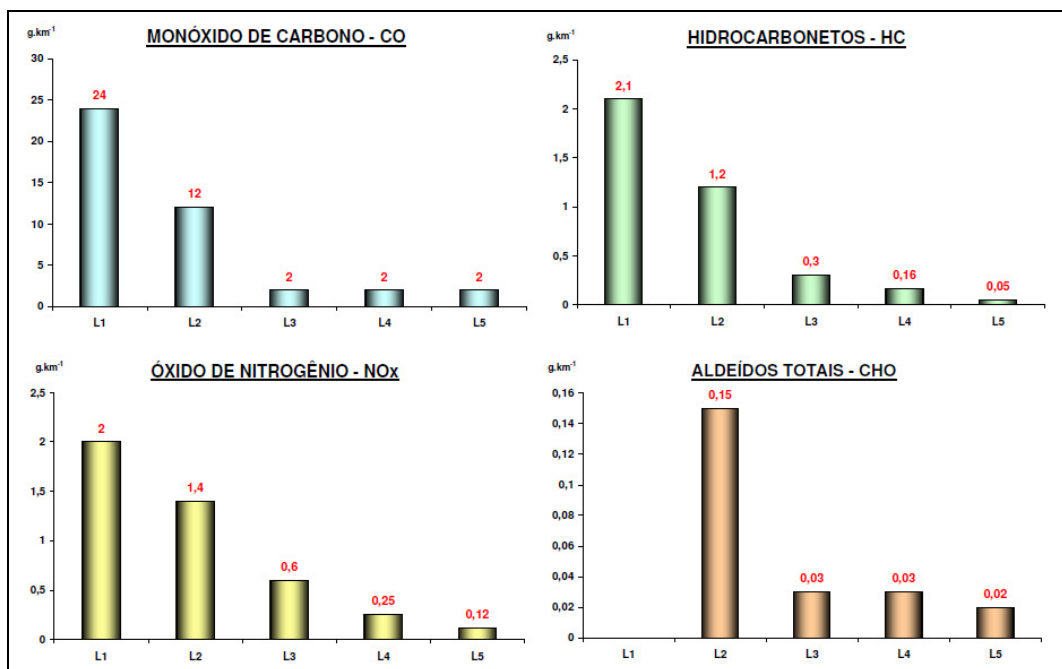


Figura 3.1 - Evolução dos limites de emissão dos principais poluentes de acordo com as fases do Proconve.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBAMA (2005).

Importante ressaltar que a partir da fase 4 os veículos ganharam novas tecnologias mais avançadas para o controle das emissões como por exemplo o OBD BR1 (Figura 3.2), que, segundo Linke (2007), tem o objetivo de melhorar a manutenção da regulagem do motor e dos sistemas que controlam a emissão dos poluentes veiculares informando ao motorista e a equipe de manutenção as falhas ocorridas nos diversos componentes eletrônicos existentes no veículo.

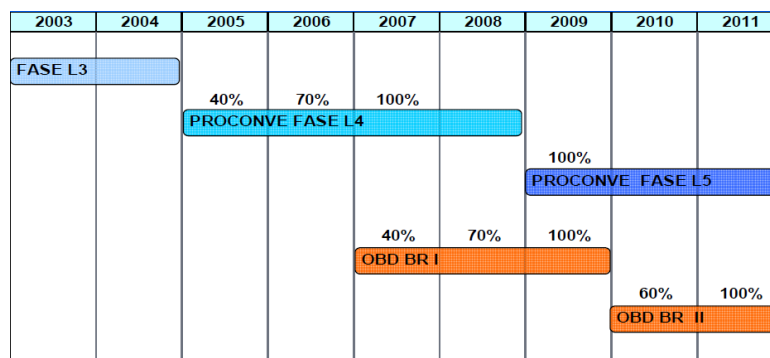


Figura 3.2 - Evolução tecnológica embarcada de acordo com as fases do Proconve.

Fonte: Linke (2007)

Segundo Linke (2007) o sistema OBD 1 foi introduzido nos EUA em 1988. A segunda fase – OBD 2 foi introduzida em 1994. Na Comunidade Européia o EOBD foi implementado em 2000 para veículos à gasolina, em 2003 para os veículos à diesel, GNV/GLP e em 2005 para veículos pesados. No Brasil a implantação iniciou-se em 2007 por meio da resolução CONAMA 354/04 e IBAMA 126/06 que estabelecem o uso do sistema de diagnóstico de falhas brasileiro.

Através da análise da continuidade elétrica, o sistema detecta falhas nos componentes para avaliação dos sistemas de ignição e injeção de combustíveis usados nos veículos leves de passageiros (Linke, 2007). Entre os componentes avaliados destacam-se:

- Sensor de pressão absoluta ou fluxo de ar;
- Sensor de posição da borboleta;
- Sensor de temperatura de arrefecimento;
- Sensor de temperatura do ar;
- Sensor de oxigênio (sonda lambda);
- Sensor de velocidade do veículo;
- Sensor de posição do eixo de comando de válvulas;
- Sensor de posição do virabrequim;
- EGR;
- Sensor de detonação;
- Válvulas injetoras;
- Sistema de ignição;
- Módulo de controle eletrônico do motor;
- Lâmpada indicadora de mau funcionamento – LIM (ISO 2575);
- Apagar memória de falhas após 40 períodos de aquecimento;

- Apagar memória de falhas através do SCAN TOOL;
- Outros componentes que o fabricante julgue necessário.

Segundo Linke (2007), a LIM deve ser utilizada somente para informar ao condutor as falhas nos sistemas ou dispositivos que afetem a emissão de poluentes do veículo. A fase 2 (OBD BR2) está em regulamentação e a previsão para início da aplicação automotiva deve ocorrer em janeiro de 2010, conforme ilustrado cronograma ilustrado na figura 5.2.

3.9 – A CETESB

A CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental é a agência do Governo do Estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo. Criada em 24 de julho de 1968, pelo Decreto nº 50.079, a CETESB, com a denominação inicial de Centro Tecnológico de Saneamento Básico, incorporou a Superintendência de Saneamento Ambiental - SUSAM, vinculada à Secretaria da Saúde, que, por sua vez, absorvera a Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar - CICPAA que, desde agosto de 1960, atuava nos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Mauá, na região do ABC da Grande São Paulo.

A CETESB tornou-se um dos 16 centros de referência da Organização das Nações Unidas - ONU para questões ambientais, atuando em estreita colaboração com os 184 países que integram esse organismo internacional. Tornou-se, também, uma das cinco instituições mundiais da Organização Mundial de Saúde - OMS para questões de abastecimento de água e saneamento, além de órgão de referência e consultoria do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, para questões ligadas a resíduos perigosos na América Latina. (<http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/historico.asp>)

a. Redes de Monitoramento

Como as diversas regiões do Estado apresentam características ambientais diferenciadas, as formas de monitoramento e controle da poluição são diferenciadas. O monitoramento, sob responsabilidade da CETESB, iniciou-se na década de 1970, bem como a emissão anual do relatório “Qualidade do Ar no Estado de São Paulo” que até hoje é realizado em diferentes escalas de abrangência.

Segundo a CETESB (2008), o relatório também apresenta a proposta de classificação de saturação para os municípios abrangidos pela rede de monitoramento levando em consideração as alterações do Decreto Estadual Nº 50.753 de 2006, constatadas no Decreto Estadual Nº 52.469 de 12 de dezembro de 2007, o qual, além da classificação de saturação, qualifica as áreas consideradas saturadas em termos de severidade. A partir dessa informação é possível identificar os municípios em que os novos empreendimentos terão regras específicas de licenciamento ambiental conforme os critérios estabelecidos neste mesmo regulamento.

Inicialmente a poluição era monitorada por estações manuais. Em 1981, passou a dispor também de estações automáticas que permitem a obtenção de informações em tempo real.

Atualmente o Estado de São Paulo conta com uma rede automática, duas redes manuais e uma rede de monitores passivos.

A primeira rede manual foi instalada em 1973 na RMSP e em 1986 no interior do Estado e é denominada rede OPS/OMS. Até os dias de hoje, a rede mede a quantidade de fumaça (FMC) no ar do Estado. Esta rede monitorava também os teores de dióxido de enxofre (SO₂). Posteriormente foi substituída por monitores passivos. Uma segunda rede manual mede partículas totais em suspensão (PTS) desde 1983 na RMSP e Cubatão.

“Projetada no final da década de 1970 e implantada no início dos anos 80, a rede de estações automáticas da RMSP atende à maior parte dos objetivos típicos de uma rede local automática de avaliação da qualidade do ar para efeito de gestão da poluição do ar como um todo”. (CURILOV, 2006).

Desde 1981, a CETESB tem uma central de recepção e processamento de dados cuja função é receber as informações dos analisadores automáticos instalados em estações remotas e que compõem atualmente a rede denominada automática.

A rede automática tem atualmente: trinta e uma estações fixas de amostragem e duas estações móveis. Essa são deslocadas conforme a necessidade de estudos apurados da qualidade do ar.

Em 2008, a rede de avaliação da qualidade do ar da CETESB inaugurou onze novas estações automáticas fixas no interior do Estado. Na escolha dos municípios que passaram a contar com estas estações foram considerados: população, existência de fontes industriais de poluição do ar significativas, tamanho da frota veicular, expansão do setor sucroalcooleiro, distribuição geográfica no Estado, entre outros. Estas novas estações, somadas a rede já existente, geram informações sobre a qualidade ambiental atmosférica que subsidiam o licenciamento ambiental, programas de controle das fontes de emissão e o planejamento e gestão da qualidade do ar.

Na tabela 3.8 estão discriminados, dentre outros, os poluentes monitorados pelas estações automáticas espalhadas pela RMSP. Cada estação tem um determinado objetivo de monitoramento.

Tabela 3.8 – Configuração da Rede Automática

Nº	Nome da Estação	MP ₁₀	SO ₂	NO _x	CO	O ₃	UR	Temp	VV	DV	P	RAD
4	Cambuci	x										
12	Centro	x			x							
10	Cerqueira César	x	x	x	x							
8	Congonhas	x	x	x	x							
15	Diadema	x				x						
13	Guarulhos	x	x						x	x		
5	Ibirapuera	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
31	IPEN - USP			x	x	x						
22	Mauá	x		x		x						
3	Mooca	x			x	x			x	x		
6	N. Senhora do Ó	x				x	x	x				
17	Osasco	x	x	x	x				x	x		
29	Parelheiros	x			x	x	x	x				
27	Pinheiros	x		x	x	x	x	x	x	x		
1	Pq. D. Pedro II	x		x	x	x	x	x	x	x		
2	Santana	x				x			x	x		
16	Santo Amaro	x			x	x			x	x		
18	Santo André - Capuava	x				x			x	x		
14	Santo André - Centro	x			x				x	x		
19	S. Bernardo do Campo-Paulicéia	x							x	x		
7	São Caetano do Sul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
20	Taboão da Serra	x		x	x		x	x				
Total de Monitores - RMSP		21	5	10	14	13	7	7	12	12	2	1
MP ₁₀ - Partículas inaláveis												
SO ₂ - Dióxido de enxofre												
NO _x - Óxidos de nitrogênio												
CO - Monóxido de carbono												
O ₃ - Ozônio												
RAD - Radiação total e ultra-violeta												
UR - Umidade relativa do ar												
TEMP - Temperatura do ar												
VV - Velocidade do vento												
DV - Direção do vento												
P - Pressão atmosférica												

Fonte: Proposta de Reestruturação da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – CETESB 2008.

Segundo Curilov (2006) os objetivos típicos para avaliação da qualidade do ar através das redes automáticas são:

- Criar base científica para o desenvolvimento das ações de controle;
- Avaliar se os níveis de poluição estão dentro dos padrões legais;
- Avaliar a eficácia das ações de controle;
- Avaliar as tendências da qualidade do ar;
- Avaliar os níveis de poluição aos quais a população está exposta;
- Informar a população dos níveis de poluição do ar;
- Fornecer informações para o gerenciamento da qualidade do ar;
- Identificar as principais fontes poluidoras;
- Avaliar o impacto de determinadas fontes;
- Identificar a influência sobre os ecossistemas em geral;
- Criar subsídios para o desenvolvimento e validação de ferramentas de gestão atmosférica.

A título de gestão da poluição atmosférica é importante que a rede de monitoramento forneça:

- Os mais altos níveis e concentração de poluentes esperados para área de abrangência da rede;
- As concentrações representativas das áreas de maior densidade populacional;
- O impacto da poluição no meio ambiente devido a determinadas fontes ou grupos de fontes;
- Os níveis médios de concentração de poluentes na atmosfera para a região, considerados como necessidade de monitoramento contínuo.

Uma rede de monitoramento da qualidade do ar bem dimensionada consiste de um grupo de estações onde diferentes estações respondem a diferentes necessidades de avaliação. Cada estação atende a determinado objetivo prioritário de monitoramento. Embora uma estação possa atender a mais de um objetivo simultânea, isso nem sempre é possível. (CURILOV, 2006).

Na tabela 3.9 são indicados os métodos de medição empregados para os diversos parâmetros amostrados pela rede de monitoramento da CETESB no Estado de São Paulo.

Tabela 3.9 – Métodos de Medição dos Parâmetros

REDE	PARÂMETRO	MÉTODO
Rede Automática	partículas inaláveis	radiação Beta
	dióxido de enxofre	fluorescência de pulso (ultravioleta)
	óxidos de nitrogênio	quimiluminescência
	monóxido de carbono	infravermelho não dispersivo (GFC)
	ozônio	ultravioleta
	enxofre reduzido total	oxidação térmica - fluorescência de pulso (ultravioleta)
Rede Manual	partículas inaláveis finas - MP _{2,5}	gravimétrico/amostrador dicotômico
	partículas inaláveis - MP ₁₀	gravimétrico / amostrador de grandes volumes acoplado a um separador inercial
	partículas totais em suspensão	gravimétrico/amostrador de grandes volumes
	fumaça	refletância
	dióxido de enxofre	cromatografia iônica/amostrador passivo
Parâmetros Meteorológicos	direção e velocidade de vento	óptico-mecânico / ultra-sônico
	temperatura	temistor resistivo de platina (PT100)
	umidade	elemento capacitivo
	radiação global	fotovoltaico
	pressão	transdutor de pressão
	radiação UVA	fotovoltaico

Fonte: CETESB (2009)

Segundo a CETESB a diferença entre a rede automática e manual está na capacidade de transmissão na forma de médias horárias cuja amostragem é realizada em intervalos de cinco segundos. As informações são transmitidas para um banco de dados específico onde serão analisadas tecnicamente e disponibilizadas para consulta pública, sendo atualizadas de hora em hora no site da CETESB. Enquanto que na rede manual os amostradores passivos coletam as informações durante 24 horas a cada 06 dias durante 01 mês. Os amostradores passivos são levados para os laboratórios da CETESB para análise e posteriormente as informações coletadas são inseridas nos respectivos bancos de dados da Companhia.

“As análises dos dados de qualidade do ar consideram os períodos de curto prazo, ou seja, 1,8 e 24 horas conforme o poluente, e longo prazo, que neste caso é representado pelas médias anuais dos valores diários” (CETESB, p.26, 2009).

Ao longo do dia são medidas as concentrações dos poluentes, sendo que os materiais particulados e o dióxido de enxofre têm os resultados obtidos através da média diária das concentrações. No caso do ozônio e do dióxido de nitrogênio é calculada a maior concentração horária do dia. Para o monóxido de carbono é considerada a maior concentração média dentro das 8 horas do dia. (CETESB, p.28, 2009).

A tabela 3.10 apresenta os critérios de representativa utilizados no tratamento dos dados coletados e na elaboração dos relatórios divulgados pela CETESB.

Tabela 3.10 – Critérios de Representativa Adotados pela CETESB

Rede Automática	
• Média horária:	3/4 das medidas válidas na hora
• Média diária:	2/3 das médias horárias válidas no dia
• Média mensal:	2/3 das médias diárias válidas no mês
• Média anual:	1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro
Rede Manual	
• Média diária:	pelo menos 22 horas de amostragem
• Média mensal:	2/3 das médias diárias válidas no mês
• Média anual:	1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro

Fonte: CETESB (2009)

b. Padrões de Qualidade do Ar (PQAr)

O nível de poluição atmosférica é determinado pela quantificação das substâncias poluentes presentes no ar.

“Um PQAr é um nível determinado de concentração para um dado poluente na atmosfera, definido legalmente, e adotado pelos órgãos responsáveis pelo controle da poluição do ar para uma região específica.” (ÁLVARES JR., LACAVA, FERNANDES, 2002).

No Estado de São Paulo a Secretaria do Meio Ambiente por meio da CETESB gerencia os padrões de qualidade do ar aprovados pela resolução CONAMA 03/90 (Anexo 2) e que foram estabelecidos pelo IBAMA através de estudos toxicológicos e estatísticos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e que fixam os níveis de segurança necessários que garantam ao mesmo tempo a proteção da saúde e do meio ambiente.

O PQAr para um determinado poluente é definido como sendo a concentração média no período de um dia, e tal valor de concentração não deve ser excedido em 99% do tempo amostrado, significa que o PQAr não pode ser ultrapassado mais do que três vezes ao ano.

Conforme definido anteriormente os poluentes são classificados em primários e secundários assim como os padrões de qualidade do ar.

A CETESB (III) define padrões primários e secundários como sendo:

“Primários: as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo”.

“Secundários: as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo”.

A criação dos padrões secundários teve por objetivo a criação de uma base sólida para a política de prevenção da qualidade do ar, uma vez que, estes parâmetros não se aplicam em curto prazo em áreas em desenvolvimento.

Conforme a resolução CONAMA nº 03/90 a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III de acordo com propósito de uso. Ainda de acordo com a resolução 03/90 enquanto não houver classificação da área em questão, deve-se aplicar os padrões primários estabelecidos pela mesma resolução.

Os parâmetros regulamentados são fixados e apresentados de acordo com a tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (CONAMA Nº 03/90)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO µg/m ³	PADRÃO SECUNDÁRIO µg/m ³	MÉTODO DE MEDIÇÃO
partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
partículas inaláveis	24 horas ¹	150	150	separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
fumaça	24 horas ¹	150	100	refletância
	MAA ³	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100	pararosanilina
	MAA ³	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas ¹	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
ozônio	1 hora ¹	160	160	quimiluminescência

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano
2 - Média geométrica anual
3 - Média aritmética anual

Fonte: CETESB (2009)

Conforme citado anteriormente todos os valores de PQAr são valores médios baseados em um período de amostragem, sendo assim o PQAr primário de 8 horas de CO, que é de 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9ppm), será ultrapassado quando a concentração média em oito horas consecutivas for maior que 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e ocorrer mais que uma vez ao ano.

Na Tabela 3.11 são apresentados os critérios para episódios agudos de poluição do ar que trata da declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requeridos. Além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes também estão contidos na mesma resolução.

“A Legislação Estadual (DE 8.468 de 08/09/76) também estabelece PQAr para episódios agudos, porém abrange um número menor de parâmetros. Os parâmetros fumaça, partículas inaláveis e dióxido de nitrogênio não têm padrões e critérios estabelecidos pela Legislação Estadual.” (CETESB, 2009).

A Legislação Estadual é mais rigorosa, comparado com a Legislação Federal, em relação ao nível de atenção aos critérios de episódio do Ozônio que não deve ultrapassar 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para os demais parâmetros os critérios são os mesmos (tabela 3.12).

Tabela 3.12 – Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar (CONAMA N° 03/90)

PARÂMETROS	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
partículas totais em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	375	625	875
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	250	420	500
fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	800	1.600	2.100
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	65.000	261.000	393.000
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1 h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8 h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1 h	400*	800	1.000

* O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na legislação estadual que é mais restritiva (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fonte: CETESB (2009)

Segundo a resolução CONAMA nº 03/90 episódio crítico de poluição do ar ocorre na presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes: dióxido de enxofre (SO₂), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP10), fumaça (FMC), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂).

A tabela 3.13 apresenta as ações preventivas visando minimizar os efeitos dos poluentes à saúde.

Tabela 3.13 – Qualidade do Ar e Prevenção à Saúde.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	CO (ppm)	NO _x (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	Fumaça (µg/m ³)	PTS (µg/m ³)	Significado
Boa	0-50	0-50	0-80	0 - 4,5	0-100	0-80	0-60	0-80	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51-100	>50-150	>80-160	>4,5 - 9	>100 - 320	>80-365	>60-150	>80 - 240	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101-199	>150 e <250	>160 e <200	>9 e <15	>320 e <1130	>365 e <800	>150 e <250	>240 e <375	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200-299	≥250 e <420	≥200 e <800	≥15 e <30	≥1130 e <2260	≥800 e <1600	≥250 e <420	≥375 e <625	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares)
Péssima	≥ 300	≥420	≥800	≥30	≥2260	≥1600	≥420	≥625	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB (2009)

A tabela 3.14 indica os principais efeitos à saúde relativos a cada poluente.

Tabela 3.14 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	CO (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)
Boa	0-50	0-50	0-80	0-4,5	0-100	0-80
Regular	51-100	>50-150	>80-160	>4,5-9	>100-320	>80-365
Inadequada	101-150	>150 e ≤200 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	>160 e ≤180 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	>9 e ≤12 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir o esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso	>320 e ≤720 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	>365 e ≤576 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças
	151-199	>200 e <250 Evitar esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	>180 e <200 Evitar esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	>12 e <15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar esforço físico e vias de tráfego intenso	>720 e <1130 Evitar esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	>576 e <800 Evitar esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças
Má	200-250	≥250 e ≤350 Evitar qualquer esforço físico ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	≥200 e ≤400 Evitar qualquer esforço físico ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	≥15 e ≤22 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre e vias de tráfego intenso	≥1130 e ≤1690 Evitar qualquer esforço físico ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças	≥800 e ≤1200 Evitar qualquer esforço físico ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças
	251-299	>350 e <420 Evitar sair ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias, idosos e crianças	>400 e <800 Evitar sair ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias, idosos e crianças	>22 e <30 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre e vias de tráfego intenso	>1690 e <2260 Evitar sair ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias, idosos e crianças	>1200 e <1600 Evitar sair ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias, idosos e crianças
Péssima	≥300	≥420 Todas as pessoas devem evitar qualquer atividade ao ar livre	≥800 Todas as pessoas devem evitar qualquer atividade ao ar livre	≥30 Todas as pessoas devem evitar qualquer atividade ao ar livre	≥2260 Todas as pessoas devem evitar qualquer atividade ao ar livre	≥1600 Todas as pessoas devem evitar qualquer atividade ao ar livre

Fonte: CETESB (2009)

4. EMISSÕES VEICULARES

4.1. Mobilidade Urbana na RMSP

Segundo Álvares; Lacava; Fernandes (2002) “é crescente o interesse dos governos na instalação das fábricas de automóveis, geradoras de crescimento econômico, dado o efeito multiplicador implícito neste processo”.

O final dos anos 50 ficou marcado pelo desenvolvimento da indústria automobilística brasileira e foi o marco para o rápido crescimento da frota de veículos. Segundo o SINDIPEÇAS⁴ (2009), o Brasil ocupava em 1995 o décimo lugar na produção mundial de veículos. Em 2008 o país passou a ocupar a sexta posição no mesmo ranking, conforme ilustrado na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Principais países fabricantes de autoveículos – 1998 a 2008.

Em milhares de unidades/Thousand of units													
Ranking 2008	País / Country	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Varição/Growth (%) 2008/2007
1	Japão/Japan	10.050	9.895	10.145	9.777	10.257	10.286	10.512	10.800	11.484	11.596	11.564	-0,28
2	China/China	1.628	1.830	2.069	2.334	3.287	4.444	5.234	5.708	7.189	8.882	9.323	4,96
3	Estados Unidos/USA	12.006	13.025	12.800	11.425	12.280	12.115	11.989	11.947	11.264	10.781	8.705	-19,25
4	Alemanha/Germany	5.727	5.688	5.527	5.692	5.469	5.507	5.570	5.758	5.820	6.213	6.041	-2,78
5	Coreia do Sul/South Korea	1.954	2.843	3.115	2.946	3.148	3.178	3.469	3.699	3.840	4.086	3.807	-6,84
6	BRASIL/BRAZIL	1.586	1.357	1.691	1.817	1.792	1.828	2.317	2.531	2.611	2.971	3.220	8,39
7	França/France	2.954	3.180	3.348	3.628	3.602	3.620	3.666	3.549	3.169	3.016	2.568	-14,85
8	Espanha/Spain	2.826	2.852	3.033	2.850	2.855	3.030	3.012	2.753	2.777	2.890	2.542	-12,04
9	Índia/India	513	818	801	815	895	1.162	1.511	1.639	2.020	2.307	2.315	0,36
10	México/Mexico	1.453	1.550	1.936	1.841	1.805	1.575	1.577	1.684	2.046	2.095	2.191	4,57
11	Canadá/Canada	2.173	3.059	2.962	2.533	2.629	2.553	2.712	2.688	2.572	2.578	2.078	-19,40
12	Rússia/Russia	1.015	1.170	1.206	1.251	1.220	1.279	1.386	1.355	1.508	1.660	1.790	7,82
13	Reino Unido/United Kingdom	1.976	1.974	1.814	1.685	1.823	1.846	1.857	1.803	1.650	1.750	1.650	-5,76
14	Itália/Italy	1.693	1.701	1.738	1.580	1.427	1.322	1.142	1.038	1.212	1.284	1.024	-20,29
15	Tailândia/Thailand	143	321	406	455	564	751	960	1.125	1.194	1.301	1.392	6,96
16	Turquia/Turkey	ND/NA	298	431	271	347	533	823	879	988	1.099	1.147	4,34
17	Irã/Iran	ND/NA	119	278	323	452	582	789	817	905	997	ND/NA	ND/NA
18	República Tcheca/Czech Republic	410	376	455	465	447	442	448	602	855	938	946	0,87
19	Polónia/Poland	415	575	505	348	311	322	601	613	715	785	945	20,38
20	Bélgica/Belgium	406	1.017	1.033	1.187	1.057	909	900	927	918	834	761	-8,75
	Subtotal/Subtotal	48.927	53.649	55.293	53.223	55.666	57.283	60.477	61.915	64.735	68.065	64.007	-5,96
	Outros/Others	2.975	2.610	3.082	3.081	3.388	3.315	365	4.529	4.599	5.125	6.185	20,69
	Total/Total	51.902	56.259	58.374	56.304	59.054	60.598	60.842	66.444	69.334	73.190	70.192	-4,10

Fonte: SINDIPEÇAS (2009)

Álvares; Lacava; Fernandes (2002) destacam que o número de viagens está cada vez maior, bem como as distâncias percorridas. Esse fato pode ser explicado pelo fenômeno da urbanização que se caracteriza pela existência de um grupo cada vez maior de

⁴ SINDIPEÇAS: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores.

peças que vivem e trabalham nas cidades e necessitam se locomover e transportar mercadorias diariamente.

A urbanização é um dos fatores que contribuíram para o crescimento da frota de veículos no Brasil. Na região sudeste, por exemplo, onde está concentrada quase metade da população brasileira (figura 4.1), conseqüentemente a mais alta taxa de urbanização e infraestrutura de transporte do país.

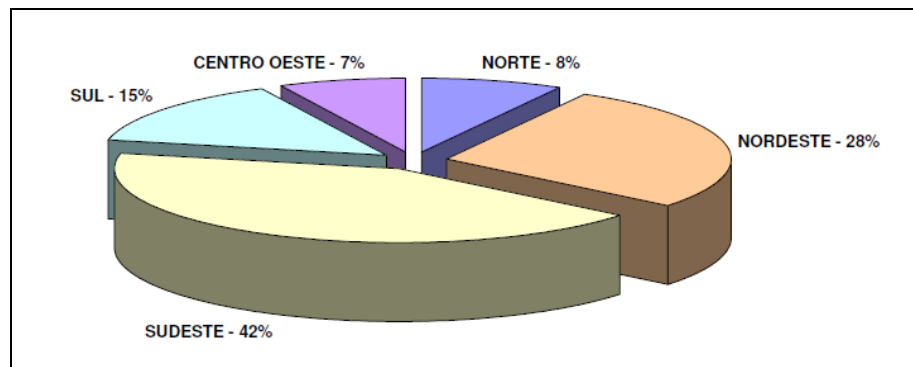


Figura 4.1 – Distribuição percentual da população brasileira por região.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE – 2007.

Evidentemente que a urbanização desenfreada causa a dispersão geográfica de áreas residências, comerciais, industriais e etc., é o motivo principal do elevado número de viagens, seja por motivo de trabalho, consumo ou lazer, conforme ilustrado na figura 4.2.

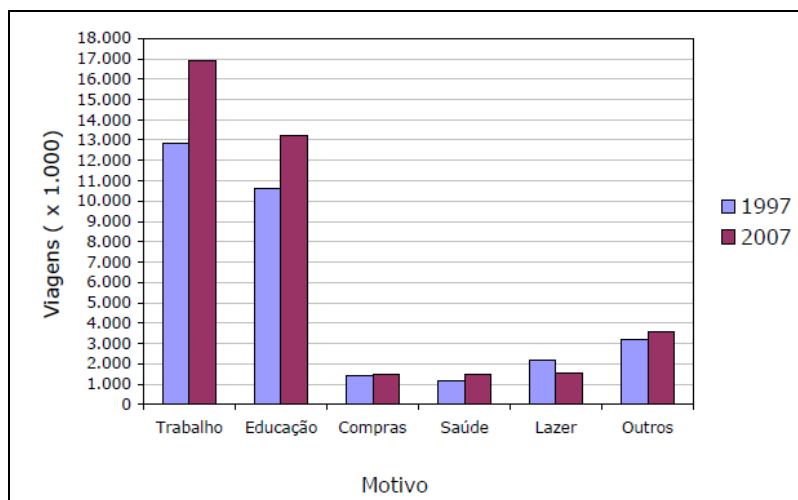


Figura 4.2 – Total de Viagens por Motivos na RMSP.

Fonte: Pesquisa Origem Destino⁵ – Metrô-SP.

⁵ A Pesquisa Origem e Destino, ou simplesmente Pesquisa O/D, é realizada desde 1967 na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, com periodicidade de dez anos, constitui-se no principal instrumento de coleta de informações sobre viagens, servindo de base para os estudos de planejamento de transporte.

Os principais resultados extraídos da última pesquisa O/D (Origem Destino), realizada em 2007, indicaram:

- O total de 38,1 milhões de viagens realizadas diariamente na RMSP, em 2007, apresentou divisão percentual entre os modos motorizados e não-motorizados, de 66% e 34%, respectivamente.
- O crescimento do número de viagens totais no período 1997/2007 foi de 21%. As viagens motorizadas tiveram acréscimo de 23% no período.
- A divisão modal ou distribuição percentual entre os modos coletivo e individual reverteu a tendência observada no passado, de queda de participação do modo coletivo. Em 2007, a divisão modal foi de 55% para o modo coletivo e 45% para o individual, retomando percentuais próximos aos observados na Pesquisa Origem e Destino de 1987.
- A população da RMSP, de 19,5 milhões de habitantes em 2007, cresceu 16% no período 1997/2007, mesmo percentual de crescimento da frota de automóveis particulares, resultando na mesma taxa de motorização de 1997, de 184 veículos por mil habitantes.
- Os empregos tiveram crescimento expressivo no decênio 1997/2007, de 30%, totalizando 9,1 milhões em 2007. As matrículas escolares, em número de 5,3 milhões, cresceram 5% no período.
- A renda média familiar mensal na RMSP, em valores de outubro de 2007, passou de R\$ 3.042,00 para R\$ 2.211,00 no período 1997/2007.

O advento do automóvel prometia vantagens como comodidade, mobilidade e velocidade, que serviram de marketing estratégico para o desenvolvimento da economia na época. Entretanto, os custos da dependência do automóvel estão se tornando cada vez mais evidentes. A promessa de mobilidade e liberdade perderam força diante dos grandes congestionamentos. Por outro lado, é injusto que os usuários do transporte público fiquem diariamente presos nos congestionamentos causados pelo excesso de veículos particulares.

Como consequência desse aumento desordenado de veículos em relação às vias, a velocidade média dos carros na capital caiu de 29 para 27 km/h, de 2006 para 2007,

nos horários de pico. Para quem usa ônibus para se locomover, a lentidão é ainda maior: 12 km/h, de acordo com o sindicato que reúne as empresas de transporte urbano (SP-Urbanss). O ideal, segundo estudo do órgão, seria de 20 km/h.

Em termos de circulação e transporte é evidente o aumento da participação do automóvel nas viagens realizadas, principalmente na cidade de São Paulo, onde, apesar da grande concentração de veículos, a utilização do transporte coletivo também se caracteriza como o mais intensa do país. A tabela 4.2 ilustra a evolução das viagens de acordo com a pesquisa O/D do Metrô (2007).

Tabela 4.2 – Evolução das viagens motorizadas por modo principal na RMSP.

MODO	1997		2007	
	Viagens (x 1.000)	%	Viagens (x 1.000)	%
Metrô	1.698	8,3	2.223	8,8
Trem	649	3,2	815	3,2
Ônibus*	7.254	35,5	9.034	35,9
Fretado	461	2,3	514	2,0
Escolar	411	2,0	1.327	5,3
Auto	9.638	47,1	10.381	41,3
Táxi	103	0,5	91	0,4
Moto	146	0,7	721	2,9
Outros	98	0,5	61	0,2
TOTAL	20.458	100,0	25.167	100,0

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 1997 e 2007

(*) Em 1997 inclui lotação.

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

A tabela 4.3 apresenta, com base na pesquisa O/D do Metrô-SP (2007), o panorama geral da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), destacando a evolução nos números de habitantes, número de veículos, número de viagens, etc.

Tabela 4.3 – Informações Gerais da RMSP.

VARIÁVEIS	1967	1977	1987	1997	2007
POPULAÇÃO (milhares de habitantes)	7.097	10.276	14.248	16.792	19.535
TOTAL DE VIAGENS (milhares/dia)	-	21.304	29.400	31.432	38.094
VIAGENS MOTORIZADAS (milhares/dia)	7.187	15.263	18.642	20.458	25.167
FROTA DE AUTOS (milhares) ¹	493	1.392	2.014	3.092	3.601
ÍNDICE DE MOBILIDADE TOTAL ²	-	2,07	2,06	1,87	1,95
ÍNDICE DE MOBILIDADE MOTORIZADA ³	1,01	1,49	1,31	1,22	1,29
TAXA DE MOTORIZAÇÃO ⁴	70	135	141	184	184
EMPREGOS (milhares)	-	3.758	5.647	6.959	9.066
MATRÍCULAS ESCOLARES(milhares)	1.088	2.506	3.676	5.011	5.251

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 1967/1977/1987/1997 e 2007

¹ Em 2007 assumiu-se que a distribuição do nº de automóveis particulares das famílias que não declararam este item é a mesma daquelas que o declararam.

² Índice de Mobilidade Total: Número de viagens totais por habitante

³ Índice de Mobilidade Motorizada: Número de viagens motorizadas por habitante

⁴ Taxa de Motorização: Número de automóveis particulares por 1.000 habitantes

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

Ainda de acordo com a pesquisa O/D, em 1967, o transporte por ônibus respondia por 59,1% do total de viagens na cidade de São Paulo, passando a 54,1% em 1977, a 42,8% das viagens em 1987, a 35,5% em 1997 e a 35,9% em 2007. Enquanto o transporte individual que em 1967 representava 33,9% das viagens realizadas, em 1997 respondia por 47,1% e em 2007 correspondia a 41,3%.

Observa-se que a escolha do transporte individual está diretamente relacionada com a renda familiar mensal, ou seja, quanto maior a renda, maior o número de automóveis por domicílio, conseqüentemente maior o número de viagens neste tipo de mobilidade, conforme ilustrado na tabela 4.4 e na figura 4.3.

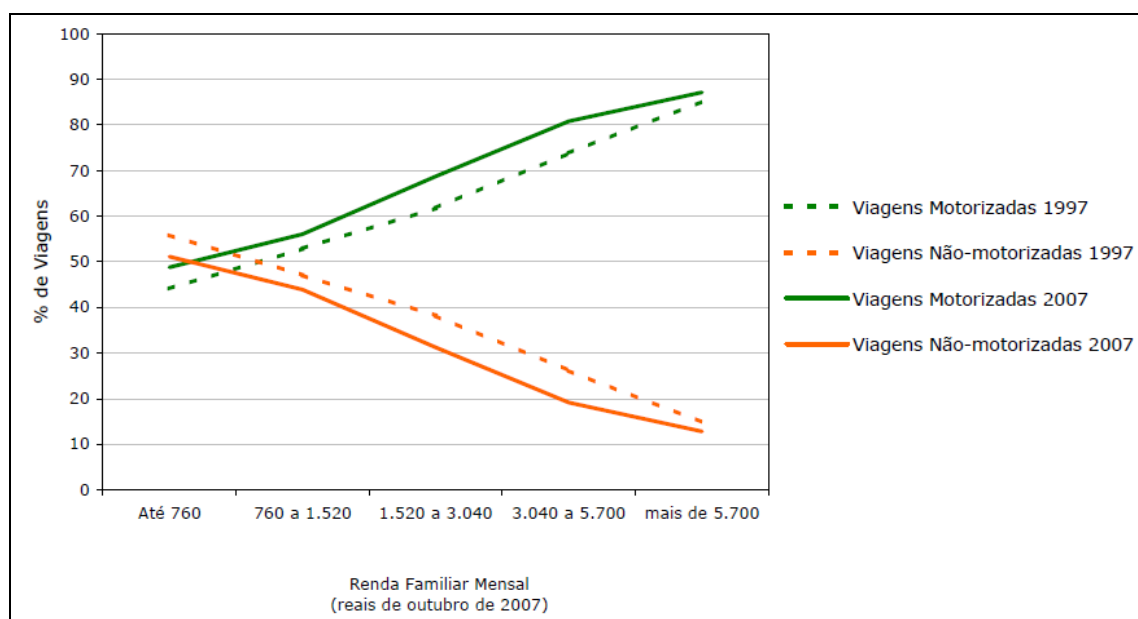
Tabela 4.4 – Número de Viagens por Modo e por Renda Familiar Mensal - RMSP.

1997												
MODO	VIAGENS POR RENDA FAMILIAR(*)										Total	
	até 760		760 a 1.520		1.520 a 3.040		3.040 a 5.700		mais de 5.700		(x1.000)	%
	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%
Coletivo	863	76,4	2.374	74,7	3.740	61,7	2.364	45,7	1.132	23,0	10.473	51,2
Individual	266	23,6	802	25,3	2.324	38,3	2.805	54,3	3.788	77,0	9.985	48,8
Motorizado	1.129	43,1	3.176	51,9	6.064	61,2	5.169	73,7	4.920	85,1	20.458	65,1
Não Motorizado	1.488	56,9	2.944	48,1	3.837	38,8	1.846	26,3	859	14,9	10.974	34,9
TOTAL	2.617	100,0	6.120	100,0	9.901	100,0	7.015	100,0	5.779	100,0	31.432	100,0

2007												
MODO	VIAGENS POR RENDA FAMILIAR(*)										Total	
	até 760		760 a 1.520		1.520 a 3.040		3.040 a 5.700		mais de 5.700		(x1.000)	%
	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%	(x1.000)	%
Coletivo	1.473	76,8	4.280	73,2	5.462	59,6	2.059	39,7	639	21,0	13.913	55,3
Individual	445	23,2	1.568	26,8	3.709	40,4	3.128	60,3	2.404	79,0	11.254	44,7
Motorizado	1.918	47,6	5.848	54,8	9.171	68,2	5.187	80,5	3.043	87,0	25.167	66,1
Não Motorizado	2.113	52,4	4.817	45,2	4.286	31,8	1.256	19,5	455	13,0	12.927	33,9
TOTAL	4.031	100,0	10.665	100,0	13.457	100,0	6.443	100,0	3.498	100,0	38.094	100,0

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 1997 e 2007
 (*) Em reais de outubro de 2007

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

**Figura 4.3 – Evolução do número de viagens por modo e por renda familiar mensal - RMSP.**

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

Comparando a evolução entre os modos coletivo e individual, nota-se uma pequena evolução na mobilidade por modo coletivo nas classes de baixa renda decrescendo a medida que a renda aumenta. O mesmo cenário não ocorre quando se trata do modo individual, onde o crescimento predomina desde a baixa renda até atingir a parcela da população com renda mais elevada, conforme ilustrado na figura 4.4.

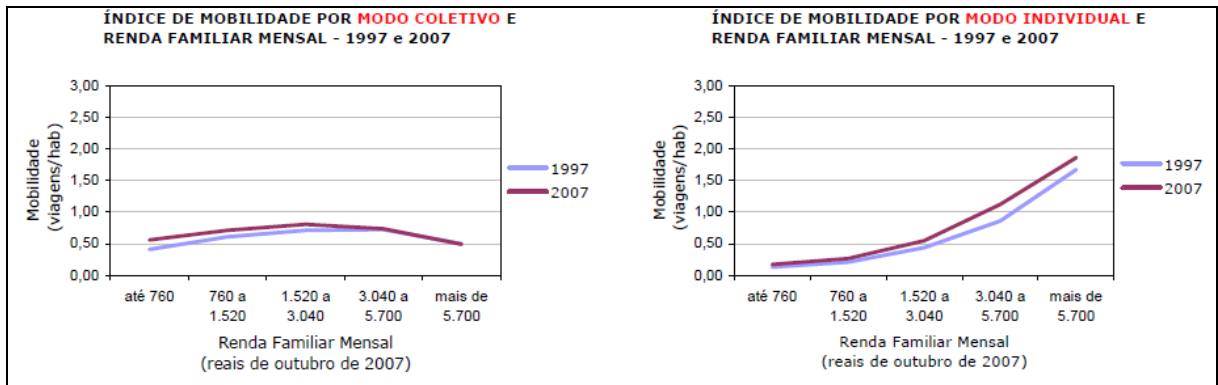


Figura 4.4 – Índice de Mobilidade por Modo e por Renda Familiar Mensal - RMSP.

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

“O planejamento do trânsito raramente considera a visão daqueles que não estão no trânsito motorizado, ou seja, daqueles que sofrem passivamente com suas conseqüências. A urbanização, como acontece em muitas cidades européias e japonesas, permitem que os habitantes façam de 30 a 60% de suas viagens de bicicleta ou caminhando. Por outro lado, a forma dispersa de cidades no estilo americano encoraja a dependência do carro” (Álvares, Lacava, Fernandes, 2002, p. 317).

No Brasil o uso de bicicletas como forma de transporte está relacionado diretamente à renda familiar. Nas classes mais altas a bicicleta é vista como forma de lazer e esporte.

A figura 4.5 ilustra a evolução dos diferentes modais no período de 1977 a 2007, com destaque para o aumento no número de viagens a pé.

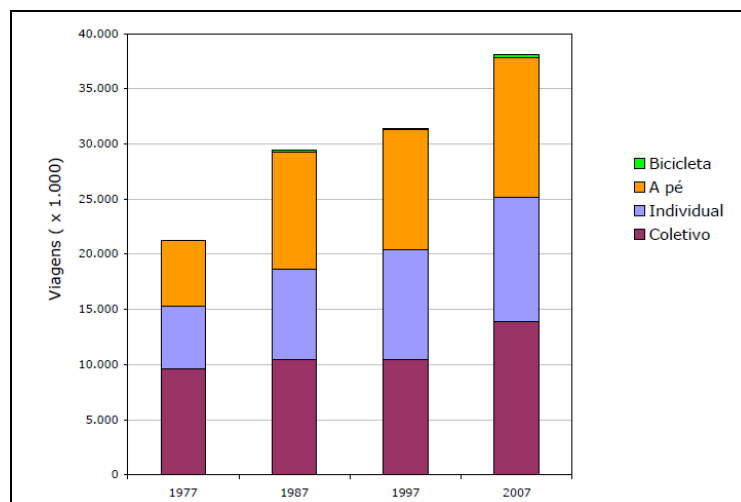


Figura 4.5 – Evolução do Número de Viagens por Modo - RMSP.

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

4.2. A Frota de Veículos Automotores

O mercado de automóveis no Brasil está efervescente, milhares de carros são licenciados no Brasil diariamente.

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

Segundo a FENABRAVE⁶ (2008) “as vendas de carros estão concentradas nas capitais e grandes cidades que possuem os maiores problemas de congestionamentos. Além disso, 20 municípios compraram metade de todos os automóveis vendidos no ano passado. A outra metade foi diluída entre os mais de 5 mil municípios do País”.

Atualmente, a frota brasileira é altamente diversificada, com veículos leves e pesados, movidos a álcool, gasolina-álcool ou óleo diesel, conforme ilustrado na figura 4.6.

Combustível	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Álcool	21%	20%	19%	18%	16%	14%	9%	10%	10%
Diesel	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	8%
Gasolina	69%	70%	71%	72%	72%	71%	73%	64%	58%
Bicombustível					2%	5%	8%	16%	24%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Frota considerada: automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus.

Figura 4.6 – Evolução percentual da frota nacional por tipo de combustível.

Fonte: SIF – SINDIPEÇAS (2009).

Segundo o SINDIPEÇAS (2009), em 2006 a frota nacional possuía 2.184.636 veículos movidos a dois combustíveis (gasolina e álcool), em 2007 esse número passou para 3.943.467 e em 2008 chegou a 6.763.674. Em 2006 73% dos veículos leves foram produzidos com tecnologia denominada “flex”, em 2008 o índice subiu para 85% da produção destinada ao mercado interno.

De acordo com a tabela 4.5, 41% da frota têm idade superior a 10 anos, e é responsável por 77% das emissões de monóxido de carbono na atmosfera, em função da tecnologia que possuem ser anterior às leis do ar limpo (*Clear Air Act*). Os demais 55% de veículos da frota respondem por pouco mais de 1/5 do total das emissões.

Apesar do recorde de vendas de modelos zero-quilômetro, a frota brasileira tem se renovado lentamente por conta do elevado número de carros antigos em uso. Um bom

⁶ FENABRAVE – Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores

exemplo desta situação é indicada na tabela 4.5, que quantifica percentualmente a participação de veículos por idade da frota na RMSP.

Tabela 4.5 – Frota de veículos por idade na RMSP.

IDADE DA FROTA	Nº AUTOS(x 1.000)	%
até 1 ano	320	8,89
2 anos	224	6,22
3 anos	243	6,75
4 anos	187	5,18
5 anos	174	4,83
6 a 10 anos	974	27,05
mais de 10 anos	1.479	41,08
TOTAL	3.601	100,00

Fonte: Metrô-Pesquisa OD 2007

(*) Em 2007 assumiu-se que a distribuição do nº de automóveis particulares das famílias que não declararam este item é a mesma daquelas que o declararam. Adotou-se ainda, para a frota não declarada, a mesma distribuição etária da frota declarada.

Fonte: Relatório de Origem Destino – Metrô-SP (2007).

Segundo o SINDIPEÇAS (2009), “a frota nacional de veículos, comerciais leves e importados é superior a 28 milhões de veículos, sendo 22 milhões de automóveis cuja participação no mercado é de 80%. Os comerciais leves são responsáveis por 14,21% e ainda os importados contribuem com 9%. As demais parcelas estão divididas entre caminhões, ônibus, tratores, etc”.

A figura 4.7 ilustra a evolução de emplacamentos nacional de veículos e a figura 4.8 indica o percentual de emplacamentos nas regiões brasileiras em 2008.

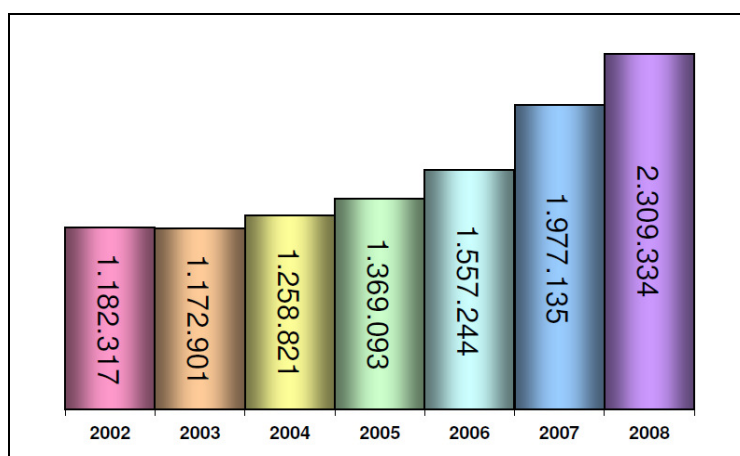


Figura 4.7 - Evolução anual do emplacamento de veículos no Brasil

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FENABRAVE (2008)

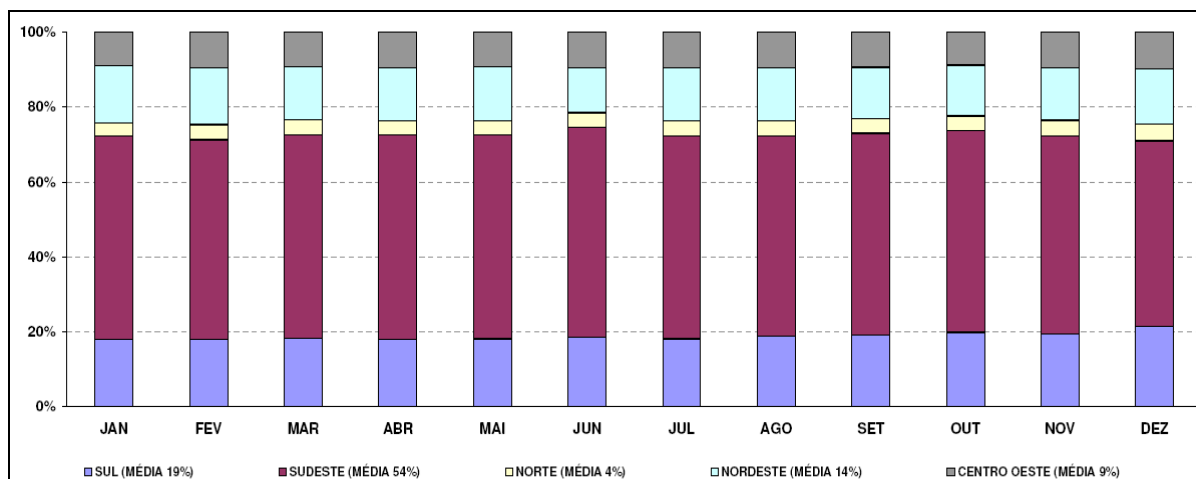


Figura 4.8 – Percentual de emplacamentos de automóveis por regiões brasileiras.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FENABRAVE (2008)

Tabela 4.6 – Frota de veículos circulantes no Brasil desde 1960.

FROTA VEICULAR CIRCULANTE BRASILEIRA - 1960/2008							
ANO	AUTOMÓVEIS	%	COMERCIAIS LEVES	%	IMPORTADOS	%	TOTAL
1960	56.029	18,11	114.581	37,03	0	0,00	170.610
1970	1.375.681	55,15	647.295	25,95	0	0,00	2.022.976
1980	7.361.729	74,36	1.331.795	13,45	0	0,00	8.693.524
1990	10.796.993	77,63	1.684.320	12,11	118	0,00	12.481.431
1991	11.046.230	77,80	1.713.695	12,07	15.778	0,11	12.775.703
1992	11.258.551	78,01	1.745.017	12,09	39.195	0,27	13.042.763
1993	11.710.731	78,25	1.832.006	12,24	110.230	0,74	13.652.967
1994	12.332.047	78,50	1.950.077	12,41	304.291	1,94	14.586.415
1995	13.174.135	78,80	2.103.236	12,58	673.411	4,03	15.950.782
1996	13.956.748	79,06	2.266.871	12,84	880.366	4,99	17.103.985
1997	14.861.407	79,35	2.441.583	13,04	1.143.659	6,11	18.446.649
1998	15.339.265	79,27	2.596.064	13,42	1.467.099	7,58	19.402.428
1999	15.587.503	79,43	2.645.686	13,48	1.617.557	8,24	19.850.746
2000	15.961.778	79,29	2.784.614	13,83	1.761.758	8,75	20.508.150
2001	16.509.717	79,42	2.891.056	13,91	1.899.852	9,14	21.300.625
2002	17.004.200	79,66	2.955.259	13,84	1.969.969	9,23	21.929.428
2003	17.397.581	79,83	2.997.299	13,75	1.995.763	9,16	22.390.643
2004	17.979.685	79,91	3.093.459	13,75	2.023.302	8,99	23.096.446
2005	18.627.576	80,00	3.205.013	13,76	2.067.198	8,88	23.899.787
2006	19.446.027	80,13	3.347.291	13,79	2.169.186	8,94	24.962.504
2007	20.721.665	80,30	3.557.436	13,78	2.373.494	9,20	26.652.595
2008	22.245.767	80,01	3.950.712	14,21	2.765.664	9,95	28.962.143

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SINDIPEÇAS (2009)

Segundo o SINDIPEÇAS (2009), “os veículos que rodam pelo país tem idade média de 9 anos igualando-se aos Estados Unidos, o México e o Canadá. Em 2000, a média era de 9,4 anos, faixa mantida com poucas alterações até 2006”. Não houve tempo hábil para uma renovação mais significativa porque a venda de veículos zero quilômetro passou a ser mais significativa a partir de 2004.

Tabela 4.7 – Índice de Renovação da Frota.

Segmento	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Automóveis	9a 4m	9a 3m	9a 3m	9a 3m	9a 4m	9a 4m	9a 5m	9a 5m	9a
Caminhões	13a 1m	12a 9m	12a 7m	12a 4m	12a	11a 9m	11a 8m	11a 5m	10a 10m
Comerciais leves	7a 10m	8a 1m	8a 4m	8a 7m	8a 8m	8a 8m	8a 10m	8a 11m	8a 3m
Ônibus	10a 1m	10a	9a 11m	9a 11m	9a 11m	10a	10a	9a 11m	9a 6m
Total	9a 4m	9a 3m	9a 3m	9a 4m	9a 4m	9a 4m	9a 6m	9a 5m	9a

Fonte: SINDIPEÇAS (2009)

Para a indústria, a vida útil de um automóvel é de 20 anos, enquanto para os comerciais leves (picapes, utilitários esportivos e jipes) é de 15 anos. Caminhões e ônibus variam de 17 a 25 anos, dependendo do tipo.

Uma das razões para o baixo índice de renovação está na proporção de vendas dos veículos usados negociados em relação aos veículos novos (figura 4.9). A média é de 2,4 usados para cada novo. A região sul é a que apresenta maior proporção de usados negociados sobre novos (3,3). Esse número já foi 4,1 em 2008.

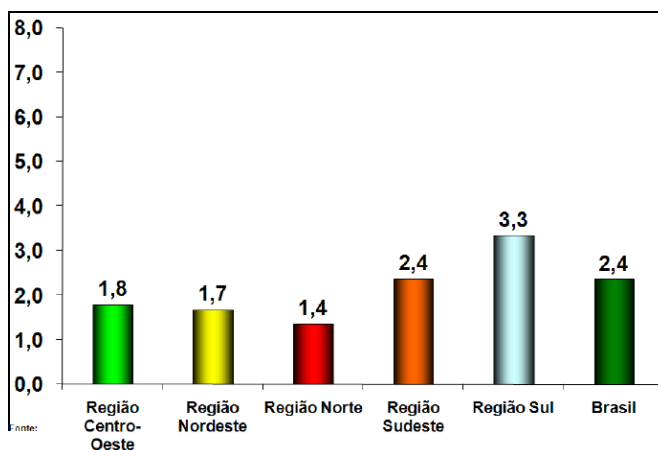


Figura 4.9 - Proporção de vendas entre veículos usados e veículos novos no 1º semestre de 2009.

Fonte: FENABRAVE (2009)

Na lista das cidades que lideram as compras, 15 são capitais, com São Paulo à frente, em seguida Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR) e Rio de Janeiro.

Segundo dados do Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (Detran-SP), em janeiro de 2009 a frota paulistana tinha um total de 6.396.088 veículos, um crescimento de 406.854 veículos, em comparação ao mês de janeiro de 2008, que somava 5.989.234 unidades o que representa um aumento de 6,36%, proporção quase 12 vezes maior

que o ritmo de crescimento da população da cidade São Paulo (0,55% ao ano em 2007, segundo a Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo - 2008).

Os dados recém divulgados pelo Detran-SP indicam que os automóveis compõem a maior parcela da frota em circulação - 74%. Em segundo lugar estão as motocicletas, seguidos pelos utilitários.

Existe, hoje, aproximadamente um veículo para cada dois habitantes na capital. Se enfileirada, a frota paulistana, de aproximadamente 6.396.088 veículos, seria quase suficiente para dar uma volta na Terra, que tem cerca de 40 mil quilômetros de circunferência.

Em 2002, só duas cidades tinham menos de 2 habitantes por veículo. Hoje, 16 municípios estão nessa situação.

O líder no ranking é São Caetano do Sul, no ABC paulista, seguido por Águas de São Pedro com 1,41 e 1,50 habitante, por veículo, respectivamente. Os dois municípios são conhecidos por concentrarem população pequena e de alta renda em relação à média. Nos EUA, essa taxa de motorização é de 1,30.

O bom momento econômico do país, com os expressivos resultados de vendas apresentados mês a mês pela indústria automobilística, tem contribuído para a piora do problema urbano enfrentado por São Paulo: carros demais para ruas de menos. Nos últimos dez anos, o número de veículos cresceu 25%, enquanto a infra-estrutura urbana, com a quantidade de ruas e avenidas, aumentou apenas 6%, segundo dados da CET (Companhia de Engenharia de Tráfego).

A figura 4.10 apresenta os recordes anuais de congestionamentos que foram registrados na maior cidade da América do Sul devido a grande quantidade de veículos que circulam pelos 17 mil quilômetros de vias da capital.

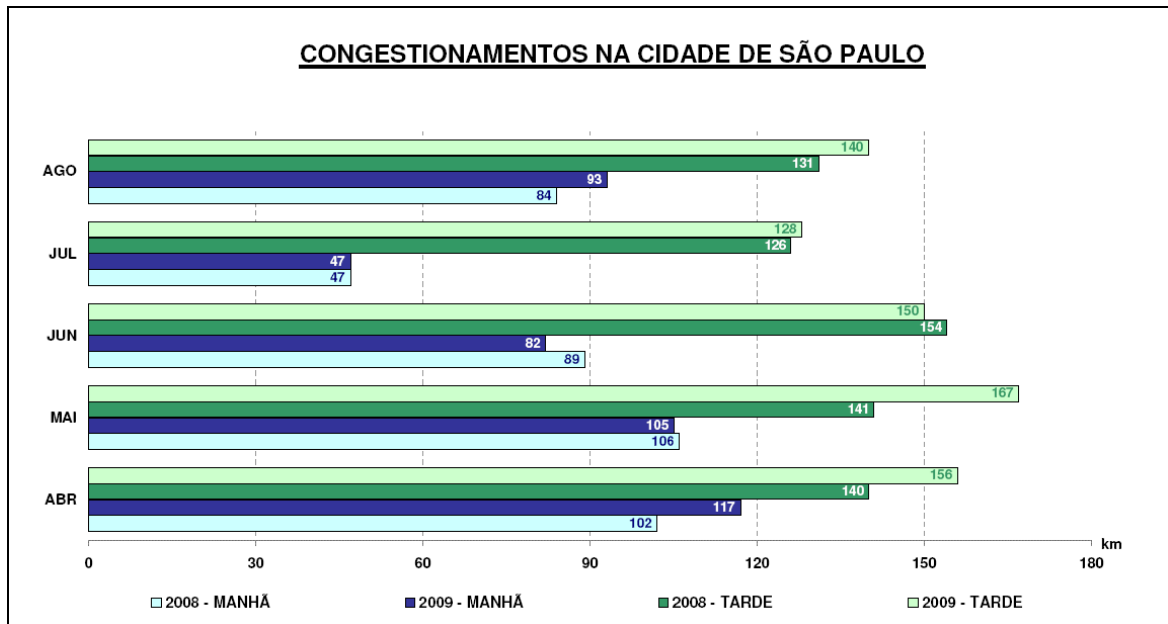


Figura 4.10 – Evolução dos Congestionamentos nos Horários de Pico em 2008 e 2009.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da CET-SP

Tabela 4.8 – Recordes de Lentidão na Cidade de São Paulo - 2008.

RECORDES DE LENTIDÃO EM SÃO PAULO NO PERÍODO DA MANHÃ				
RANKING	KM	HORÁRIO	DATA*	MOTIVOS
1º	186	09:00	11/mar	Diversos acidentes com vítimas na cidade e chuvas em vários pontos da capital.
2º	165	09:00	6/mar	Vários acidentes com vítimas, caminhões e ônibus quebrados nos principais corredores.
3º	155	09:30	4/mar	Atropelamento fatal na av. Moreira Guimarães; falta de energia em vários bairros da cidade; acidentes com vítimas nas marginais.
4º	150	09:00	7/mar	Acidentes com vítimas na marginal Tietê/ligação Leste-Oeste/av. do Estado/Rubem Berta) e diversas ocorrências envolvendo caminhões quebrados.
5º	149	09:00	3/mar	Acidentes com vítimas nas marginais Tietê e Pinheiros/ ônibus quebrado na av. 23 de Maio.
* ANO 2008				
RECORDES DE LENTIDÃO EM SÃO PAULO NO PERÍODO DA NOITE				
RANKING	KM	HORÁRIO	DATA*	MOTIVOS
1º	266	19:00	9/mai	Excesso de veículos e tombamento de um caminhão na Marginal Tietê que interditou o acesso para a pista expressa da Dutra
2º	229	19:00	3/abr	Chuvas, causando transbordo no córrego Ipiranga e tombamento de caminhão com vítima na Marginal Tietê próximo a Ponte Júlio de Mesquita Neto
3º	222	19:00	13/mar	Diversos acidentes na cidade e chuvas em vários pontos da capital
4º	208	19:00	28/fev	Acidente com vítima na rodovia Presidente Dutra com bloqueio total da via, causando reflexo no trânsito à tarde na marginal Tietê, além de outras ocorrências registradas nos principais corredores da cidade
5º	181	19:00	24/jan	Véspera de feriado prolongado e vários veículos quebrados
* ANO 2008				

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da CET-SP (2009)

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

Especialistas apontam diversas explicações para a alta da taxa de motorização no Estado, incluindo a situação econômica favorável dos últimos anos e a demanda reprimida existente principalmente no interior e nas classes de renda mais baixa.

Para o prefeito da cidade de São Paulo Gilberto Kassab, a principal origem do problema vem da falta de investimento da prefeitura no metrô nos últimos 28 anos.

Entre as soluções praticadas pela atual gestão, segundo o atual prefeito, destacam-se a implantação de novos corredores de ônibus e a recuperação de sete dos dez existentes, mais rigor na fiscalização, investimentos nos equipamentos da CET, instalação de semáforos inteligentes e GPS nos ônibus, investimentos no metrô, divulgação de 175 rotas alternativas, 19 obras em pontos de gargalo no trânsito, política de estacionamento e carga e descarga em 17 locais e a remoção de 167 lombadas em ruas e avenidas da cidade. As últimas quatro ações fazem parte de um pacote emergencial lançado pela prefeitura foi considerado tímido por especialistas no assunto.

A expansão das motocicletas é outro fator destacado por técnicos, tanto em substituição ao transporte coletivo, como por conta do uso desse tipo de veículo em atividades comerciais como motoboy e mototaxi.

- Custos sociais associados aos transportes.

Estudos do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA indicam que viagens com duração entre 40 e 60 minutos, entre 60 e 80 minutos, e acima de 80 minutos provocam redução média da produtividade dos funcionários de 14%, 16% e 21%, respectivamente.

“A Comissão da Comunidade Européia entende que deverão ser analisadas as potencialidades de se recorrer a instrumentos de formação de preços para internalização das

externalidades definidas como custos externos decorrentes das perdas ambientais e sociais associadas ao transporte motorizado”. (Álvares, Lacava, Fernandes, 2002, p. 319).

As principais externalidades que devem ser consideradas nestes instrumentos são:

- **A nível ambiental** => Poluição Atmosférica e o Efeito de Estufa;
- **A nível socio-ambiental** => Ruídos, acidentes e congestionamentos;
- **A nível sócio-econômico** => Custos da utilização das Infra-estruturas necessárias para mobilidade urbana, incluindo transportes públicos.

Tabela 4.9 – Estimativas aproximadas dos custos externos dos transportes.

Custos Externos dos Transportes	% PIB
Poluição atmosférica	0,4%
Ruído	0,2%
Acidentes	1,5%
Congestionamentos	2,0%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da OCDE⁷, apud Álvares, Lacava, Fernandes (2002)

4.3 – O Programa de Inspeção e Manutenção Veicular (I/M)

O I/M deve abranger todos os municípios que apresentam comprometimento da qualidade do ar, de modo a atender de forma otimizada às exigências estabelecidas pelas referidas resoluções. Segundo Álvares, Lacava, Fernandes (2002), relatam que este programa foi criado como instrumento para controle da poluição atmosférica e sonora veicular.

A legislação específica do programa I/M, bem como os procedimentos de inspeção encontram-se no anexo 3.

4.3.1 Características gerais do I/M

O I/M – SP está vinculado ao sistema de registro e licenciamento anual, conforme o § 3º do artigo 131 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), de tal forma que os veículos reprovados na inspeção não possam ser licenciados sem o reparo das causas que originaram a reprovação. Assim, os veículos reprovados deverão ser encaminhados para os reparos necessários e submetidos à reinspeção.

A inspeção veicular deverá ocorrer anualmente, conforme o artigo 7º da Resolução nº 07/93 do CONAMA.

⁷ OCDE – Organisation de Coopération et de Développement Economiques

De acordo com Álvares, Lacava, Fernandes (2002), o histórico dos registros de inspeção devem estar contidos em bancos de dados informatizados que possibilitem acessos rápidos a quaisquer parâmetros constantes do registro.

A fim de coibir facilitações pelos inspetores, todas as inspeções devem ser realizadas através de monitoramento por câmeras de vídeo em cada uma das estações.

A conveniência no atendimento dos usuários é fundamental para o sucesso do programa. Aspectos como tarifa única e justa; realização da inspeção em qualquer estação dentro de uma área geográfica, semelhante à área de circulação potencial dos usuários; inspeção com hora marcada; licenciamento no mesmo local das inspeções; serviço rápido, preciso, sem interrupções e sem filas; impessoalidades e isenção das inspeções e conseqüentemente confiança no sistema, constituem a base de sustentação política desses programas (Álvares, Lacava, Fernandes, 2002, p. 340).

De acordo com a CONTROLAR⁸ (2009), em 2009, todos os veículos a diesel, as motocicletas e os caminhões, além dos veículos a gasolina, álcool, gás natural e flex produzidos de 2003 a 2008 deveriam ser inspecionados. O veículo que não realizou a inspeção, não pode ser licenciado e está sujeito a multa.

Em 2010 a inspeção veicular ambiental será obrigatória para todos os veículos fabricados antes de 2009 inclusive para aqueles veículos fabricados antes de 2002 que não participaram da inspeção obrigatória de 2009. Outra novidade para o ano de 2010 será a avaliação do nível de ruído em todos os veículos. Atualmente a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê que os veículos até nove passageiros poderão emitir 95 decibéis na parte dianteira e 103 decibéis na traseira (Jornal do Carro – 14/10/09).

As figuras 4.11 e 4.12 ilustram a inspeção veicular por meio de posto móvel da empresa CONTROLAR . Nas figuras diversos equipamentos são instalados na via pública a fim de coletar os índices de emissões de cada veículo trafegante.

⁸ CONTROLAR é a empresa contratada pela prefeitura e responsável pela inspeção veicular ambiental na cidade de São Paulo.



Figura 4.11 – Inspeção Veicular nas ruas da Capital – Avenida Souza Bandeira em 29/11/08.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 4.12 – Equipamentos para a medição dos índices de poluição.

Fonte: Elaboração própria.

A figura 4.13 ilustra a coleta de dados por meio de fotos e dos níveis de emissões de cada veículo que trafegou pelo local. Os dados são armazenados nos computadores da empresa instalados no interior do veículo.



Figura 4.13 – Armazenagem dos dados nos computadores instalados dentro do veículo da empresa.

Fonte: Elaboração própria.

4.4 – Combustíveis Automotivos

“A importância do petróleo em nossa sociedade é extensa e fundamental. O petróleo não é apenas uma das principais fontes de energia utilizadas pela humanidade. Além de sua importância como fornecedor de energia, os seus derivados são a matéria prima para a manufatura de inúmeros bens de consumo”. (MARIANO, 2005, p.1)

O petróleo é considerado uma fonte de energia de origem fóssil, não renovável e uma mistura complexa de inúmeros compostos orgânicos (enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais), com predominância de hidrocarbonetos, cujas frações leves formam os gases e as frações pesadas o óleo cru. A distribuição destes percentuais de hidrocarbonetos é que definem os diversos tipos de petróleo existentes no mundo.

O petróleo pode ser encontrado através de reservatórios em diversas profundidades, sendo os mais rasos a - 10m e são considerados mais pastosos e os mais leves em grandes profundidades (na faixa de - 2.500 m a - 5.000 m).

Os solventes, óleos combustíveis, gasolina, óleo diesel, querosene, gasolina de aviação, lubrificantes, asfalto, plástico entre outros são os principais produtos obtidos a partir do petróleo.

Segundo Carvalho (1995), a partir do local de sua extração, o petróleo bruto é transportado para as refinarias, onde é feito o refino que consiste na transformação física e química cujo objetivo é a separação do petróleo bruto para obtenção dos seus derivados. O principal processo da refinaria é a destilação fracionada pois é através dele que se obtém a maior quantidade possível de derivados de alto valor comercial, ao menor custo operacional.

Os principais produtos resultantes da refinação são:

- Gás natural;
- GLP;
- Gasolina;
- Nafta;
- Querosene;
- Óleo diesel;
- Óleos lubrificantes;
- Óleos combustíveis;
- Matéria-prima para fabricar asfalto e parafina.

Álvares, Lacava e Fernandes (2002) esclarecem que para se obter bons resultados na relação entre motores e combustíveis, é necessário que haja sintonia entre a indústria automobilística e a indústria dos combustíveis.

4.4.1 – Álcool etílico carburante:

Com significativa presença na economia brasileira, a cultura da cana-de-açúcar é importante para o país desde a sua colonização. Hoje, a experiência brasileira com etanol de cana-de-açúcar é o mais bem sucedido programa de combustível alternativo já desenvolvido no planeta.

O etanol (nome técnico do álcool etílico carburante) é uma fonte de energia limpa e renovável diferentemente dos combustíveis de origem fóssil.

No Brasil, existe etanol hidratado, com 5% de água, que abastece os automóveis flex e também o etanol anidro, com 0,5% de água, conforme citado anteriormente.

Conforme determinado na Resolução ANP nº. 36, o AEAC (álcool etílico anidro combustível), que é adicionado à gasolina, recebe adição de corante laranja enquanto que o álcool combustível AEHC (álcool etílico hidratado combustível) deve apresentar-se "límpido e incolor".

Principais Características do Álcool Etílico Carburante (Fonte: Portal BR Distribuidores):

- Não é derivado do petróleo;
- É obtido a partir da fermentação da cana-de-açúcar;
- É incolor;
- Pode ser utilizado em qualquer veículo movido a álcool.

O etanol apresenta várias vantagens sobre a gasolina. A começar pelo preço que normalmente é mais baixo e mais vantajoso, mesmo na condição de combustível com menor poder calorífico, que implica em aumento no consumo quando comparado com a gasolina.

O poder calorífico não influi na potência, mas influi no volume de combustível consumido. Esta é a razão pela qual os carros a álcool consomem mais combustível do que os carros a gasolina, sendo os motores de mesma cilindrada e geração.

Tabela 4.10 – Características da gasolina e do álcool etílico carburante

Gasolina:	Álcool Hidratado:
Estequiometria: 13,8: 1	Estequiometria: 8,9 : 1
Octanagem: \pm 81 (MON)	Octanagem: \pm 90 (MON)
Pressão de Vapor: \pm 38 kPa	Pressão de Vapor: \pm 9 kPa
Poder calorífico: 9.600 kcal/kg	Poder calorífico: 6.100 kcal/kg
Calor de Vaporiz: 101 kcal/kg	Calor de Vaporiz: 201 kcal/kg
Densidade a 20°C: 756 kg/m ³	Densidade a 20°C: 810 kg/m ³

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da revista Notícias da Oficina (2003).

4.4.2 – Gasolina:

“A gasolina é um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio) e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio etc”. (Portal BR Distribuidores).

A tabela 4.10 abaixo mostra os principais constituintes da gasolina, bem como de suas propriedades e processos de obtenção.

Tabela 4.11 – Composição e processo de obtenção da gasolina.

Constituintes	Processo de Obtenção	Faixa de Ebulição (°C)	Índice de octano Motor (Clear)
Butano	Destilação e processos de transformação	zero	101
Isopentano	Destilação, processos de transformação, isomerização	27	75
Alcoilada	Alcoilação	40 - 150	90 - 100
Nafta leve de destilação	Destilação	30 - 120	50 - 65
Nafta pesada de destilação	Destilação	90 - 220	40 - 50
Hidrocraqueada	Hidrocraqueamento	40 - 220	80 - 85
Craqueada cataliticamente	Craqueamento catalítico	40 - 220	78 - 80
Polímera	Polimerização de olefinas	60 - 220	80 - 100
Craqueada termicamente	Coqueamento retardo	30 - 150	70 - 76
Reformada	Reforma catalítica	40 - 220	80 - 85

Fonte: Portal BR Distribuidores (2009)

Todos os hidrocarbonetos apresentam uma propriedade comum: oxidam-se facilmente libertando calor, portanto podem ser denominados de combustíveis, ou seja, materiais que emitem calor ao reagirem com o oxigênio, num processo de combustão.

A volatilidade é uma importante característica dos combustíveis e é determinada pela porcentagem relacionada à facilidade do mesmo passar do estado líquido para o estado gasoso. Para se ter uma idéia da importância da volatilidade, para um bom funcionamento de um motor, a volatilidade de um combustível não deve ser nem muito elevada e nem muito baixa, pois:

- Se for muito elevada:

- Haverá perdas no reservatório do carburador pelo tubo de equilíbrio;
- Formarão bolhas de vapor no circuito de alimentação, principalmente durante o verão;
- Formarão gelo no carburador durante o inverno, impedindo o funcionamento do motor;

- Se for muito baixa teremos:

- Dificuldade na partida do motor;
- Alimentação não uniforme nos cilindros;
- Diminuição da aceleração;
- Maior tempo para que o motor atinja a temperatura ideal de funcionamento;

- Diluição do óleo lubrificante, porque os combustíveis menos voláteis não são capazes de serem queimados na combustão;
- Maior formação de carvão nas câmaras de combustão e no céu do pistão.

O poder calorífico também é uma característica importante e pode ser definida como a quantidade de calor emitida pela combustão completa de um combustível por unidade de massa ou volume dependendo do estado físico do mesmo.

Quanto mais alto for o poder calorífico, maior será energia contida no combustível.

Um combustível é constituído, sobretudo de hidrogênio e carbono, para o hidrogênio o poder calorífico de 28.700 Kcal/kg enquanto que o carbono é de 8.140 Kcal/kg, por isso, quanto mais rico em hidrogênio for o combustível maior será o seu poder calorífico.

No caso do automóvel, os combustíveis mais comuns são a gasolina e o álcool etílico carburante, cujos poderes caloríficos típicos são, respectivamente, 9.600 e 6.100 kcal/kg.

O poder calorífico da gasolina é superior ao do álcool (também denominado etanol), portanto, carros movidos a etanol apresentam maior consumo de combustível, em comparação aos que utilizam o derivado de petróleo, estando ambos em condições idênticas de desempenho mecânico.

Para funcionar satisfatoriamente, não basta o motor a explosão ser alimentado por um combustível capaz de explodir. É indispensável que a explosão ocorra de um modo regular, no tempo e no modo projetado, para provocar o aproveitamento esperado das pressões internas, sem produzir ondas de choque que possam danificar os mecanismos.

O índice de *octanas*⁹ da gasolina mostra o quanto o combustível pode ser comprimido antes de entrar espontaneamente em ignição. Quando a gasolina entra em ignição por compressão e não pela faísca da vela de ignição ocorre o chamado efeito detonação. A gasolina com menor proporção de octanas (como a gasolina "comum" de 87 octanas) suporta uma quantidade menor de compressão antes de entrar em ignição.

Esse valor é determinado em motores de testes minuciosamente controlados, de duas formas: a RON (Reserch Octane Number – Número de Octanas Teórica) e o MON (Motor Octane Number – Número de Octanas do Motor). A média entre os dois métodos é chamada de AKI – AntiKnock Index (Índice Antidetonante).

⁹ Octanagem é a propriedade do combustível resistir à elevada compressão no cilindro sem entrar em combustão espontânea.

Para garantir esta regularidade, a gasolina recebe substâncias antidetonantes, que funcionam como retardadores químicos da explosão e garantem que esta só aconteça no momento certo do ciclo.

Descoberto em 1924, o antidetonante mais usado foi o chumbo tetraetila, um composto altamente nocivo à saúde e ao meio ambiente porque era jogada na atmosfera na forma de pequenas partículas, permanecendo a maioria em suspensão na atmosfera por um bom tempo. Em média cada litro de gasolina continha 0,7 cm³ de chumbo tetraetila. Hoje, no Brasil, de 20 a 25% de etanol anidro (0,5% água) são adicionadas à gasolina¹⁰ a fim de exercer a função antidetonante em substituição aos compostos de chumbo.

Motores equipados com um conversor catalítico devem utilizar combustíveis isentos de chumbo (antidetonante citado no capítulo anterior) a fim de evitar danos ao conversor.

Segundo a BR Distribuidora, existem 02 (dois) tipos de gasolina automotiva comercializadas no Brasil: Comum e Premium. A partir destas duas especificações, as distribuidoras podem ofertar gasolinas comerciais que atendam, ou superem os parâmetros da categoria em que estão enquadradas.

Importante ressaltar que a gasolina conhecida popularmente como "aditivada" nada mais é, do que a gasolina comum com aditivos. A Gasolina Podium, comercializada exclusivamente pela Petrobras, é uma gasolina Premium, de especificação superior e única (Portal BR Distribuidores).

¹⁰ Conforme disposto na Resolução do Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA), n.º 37, de 27 de junho de 2007, publicada no Diário Oficial da União em 28 de junho de 2007, o percentual obrigatório de álcool etílico na gasolina é, a partir da zero hora do dia 1º de julho de 2007, de 25%. A margem de erro admissível é de mais ou menos 1%, conforme disposto no art. 9º, parágrafo 2º, da Lei 10.203/2001.

Tabela 4.12 – Características das gasolinas podium, aditivada e comum.

DIFERENÇA ENTRE AS GASOLINAS BR			
Característica	Gasolina Podium	Gasolina Aditivada Supra	Gasolina Comum
Octanagem IAD	95 Maior Desempenho	87	
Classificação ANP	Premium	Comum	
Enxofre (máx. ppm)	30 Menos Poluente	1.000	
Aditivos	Sim Detergentes/Dispersantes		Não possui
Álcool Anidro	Obrigatório em todas as gasolinas automotivas brasileiras, em percentual definido pela legislação.		
Cor	Levemente alaranjada	Verde, em razão do corante adicionado pela BR	Amarelada

Fonte: Portal BR Distribuidores (2009)

4.4.2.1 – Características da Gasolina

Principais características da Gasolina Comum (Fonte: Portal BR Distribuidores):

- É a gasolina mais simples (IAD = 87);
- Não recebe nenhum tipo de aditivo;
- Recebe adição de álcool anidro, conforme legislação vigente;
- Possui teor de enxofre = 1000 ppm;
- Não recebe corante, possuindo assim, a coloração natural das gasolinas (incolor a amarelada);
- Pode ser utilizado em qualquer veículo movido à gasolina.

Principais características da Gasolina Aditivada (Fonte: Portal BR Distribuidores):

- Possui a mesma octanagem da gasolina comum (IAD = 87), diferenciando-se desta em razão da presença de detergentes/dispersantes que mantêm limpo o sistema de combustão, os bicos injetores e as válvulas do motor;
- Recebe adição de álcool anidro, conforme legislação vigente;
- Possui teor de enxofre = 1000 ppm;
- Recebe um corante que a deixa com a cor esverdeada para diferenciá-la da gasolina comum;
- Pode ser utilizada em qualquer veículo movido à gasolina, especialmente os equipados com injeção eletrônica.

Principais características da Gasolina Podium (Fonte: Portal BR Distribuidores):

- Recebem detergentes/dispersantes que mantêm limpo todo sistema de combustão (bicos injetores, válvulas de injeção, etc);
- Recebe adição de álcool anidro, conforme legislação vigente;
- É menos poluente, apresentando Teor de Enxofre = 30 ppm;
- É levemente alaranjada devido ao corante laranja adicionado ao álcool anidro;
- Pode ser utilizada em qualquer veículo movido a gasolina, especialmente os equipados com injeção eletrônica, sendo recomendada para veículos que possuem motores de alto desempenho (taxa de compressão a partir de 10:1) e/ou que requeiram combustível com alta octanagem.

Segundo a distribuidora BR, para a produção da gasolina Premium são utilizados processos ainda mais sofisticados que fornecem correntes de elevada octanagem.

Além da octanagem, outros fatores devem ser considerados para a produção de uma gasolina de qualidade elevada, como, por exemplo, a sua volatilidade, a sua estabilidade e a sua corrosividade, de forma a garantir o funcionamento adequado dos motores (Portal BR Distribuidores).

O tempo para produção de uma gasolina varia muito dependendo do tipo de petróleo, do processo utilizado, da quantidade que se precisa produzir e do tipo de gasolina (comum ou premium). Este tempo pode levar de algumas horas até mesmo 1 semana (Portal BR Distribuidores).

Segundo Álvares, Lacava e Fernandes (2002), “a indústria dos combustíveis deve tomar os cuidados necessários com a produção da gasolina *premium*, de alta octanagem, para que esta não apresente componentes aromáticos e olefínicos em demasia, de modo a não se tornar fonte de hidrocarbonetos, alta reatividade fotoquímica e de toxicidade elevada”.

4.5 – Aspectos econômicos dos combustíveis no Estado de São Paulo:

Segundo dados do Balanço Energético do Estado de São Paulo – BEESP (2008), desenvolvido e publicado pela Secretaria de Saneamento e Energia, a oferta total de energia no Estado de São Paulo, em 2007, foi de 903.874×10^9 kcal, significando um acréscimo de 6,4% em relação ao ano anterior (849.471×10^9 kcal). Em termos de energia primária, quase todos os insumos energéticos apresentaram crescimentos na oferta,

destacando-se a cana de açúcar com um acréscimo de 12,1% (271.720×10^9 kcal) em relação aos 242.397×10^9 kcal do ano anterior e o gás natural com um acréscimo de 6,9% (46.176×10^9 kcal) em relação aos 43.208×10^9 kcal do ano anterior. Em termos de energia secundária, houve um acréscimo de 22,6% (13.068×10^9 kcal) em relação ao ano de 2006.

Em relação à evolução do Consumo Final dos principais energéticos destacou-se o aumento do consumo do Álcool Etílico (36,6%), Bagaço de Cana (12,1%) e Gás Natural (7,3%). Merece destaque o contínuo crescimento da participação do gás natural na matriz energética paulista que, gradualmente, vem substituindo outros energéticos, com um consumo final energético, em 2007, representando 8,1% da energia total do Estado de São Paulo.

A figura 4.14 ilustra o percentual de aumento no consumo dos diversos insumos em detrimento aos derivados de petróleo que sofreram ligeira retração no período de 2002 a 2007.

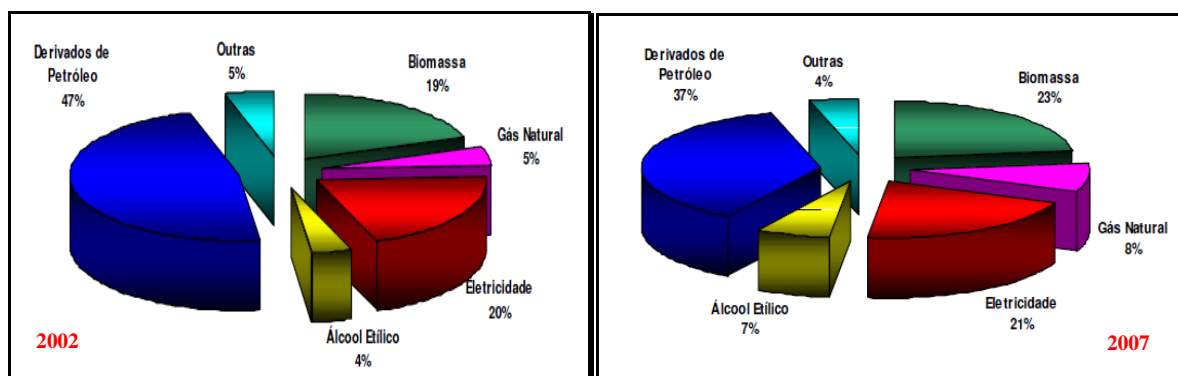


Figura 4.14 – Estrutura do consumo final energético (427.731×10^9 kcal) – 2002 e 2007.

Fonte: Balanço Energético de São Paulo – Secretaria de Saneamento e Energia (2008).

Segundo o BEESP, no setor de Transportes, de tradicional domínio dos Derivados de Petróleo, destacaram-se os consumos do Óleo Diesel (39,5%), da Gasolina (24,4%), do Álcool Etílico¹¹ (20,3%) e do Querosene (10,0%), conforme pode ser observado no gráfico 1.8. Os demais itens foram constituídos por: Óleo Combustível (2,6%), Gás Natural (2,9%) e Eletricidade (0,4%). O Transporte Rodoviário foi responsável por cerca de 85,8% do total do consumo deste setor (Figura 4.15).

¹¹ Álcool Etílico corresponde à somatória dos valores registrados do álcool hidratado mais os valores do álcool anidro utilizados principalmente no setor de transportes.

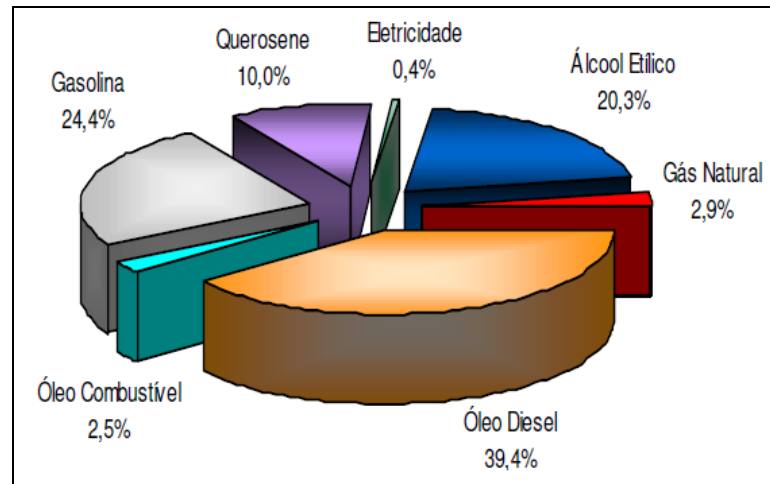


Figura 4.15 – Estrutura de consumo do setor de transportes (174.017×10^9 kCal)

Fonte: Balanço Energético de São Paulo – Secretaria de Saneamento e Energia (2008)

As figuras 4.16 e 4.17 ilustram a evolução da produção e do consumo, tanto da gasolina quanto do álcool hidratado, ambos utilizados pela frota veicular no Estado de São Paulo. É evidente o progressivo aumento no consumo e a na produção de álcool hidratado a partir de 2004, quando realmente se iniciaram as vendas dos veículos zero km tipo *flex* e a comercialização dos *kits flex* para conversão dos veículos em uso à gasolina.

É importante ressaltar que o Código de Trânsito Brasileiro, em seus artigos 98 e 106, e a Lei Federal nº 8.723/93, referente à emissões de poluentes, em seu artigo 6º, restringem quaisquer alterações das características de projeto dos veículos e dos seus equipamentos de segurança, ou seja, as modificações de projeto não autorizadas são proibidas pela legislação (Álvares, Lacava, Fernandes, 2002)

Com base nos dados do BEESP pode-se afirmar que tanto a produção quanto o consumo de álcool hidratado chegaram aos mesmos patamares do consumo e da produção de gasolina no ano de 2007, devendo este número aumentar ainda mais à medida que aumenta a frota de veículos tipo *flex* e suas adaptações nas ruas de São Paulo.

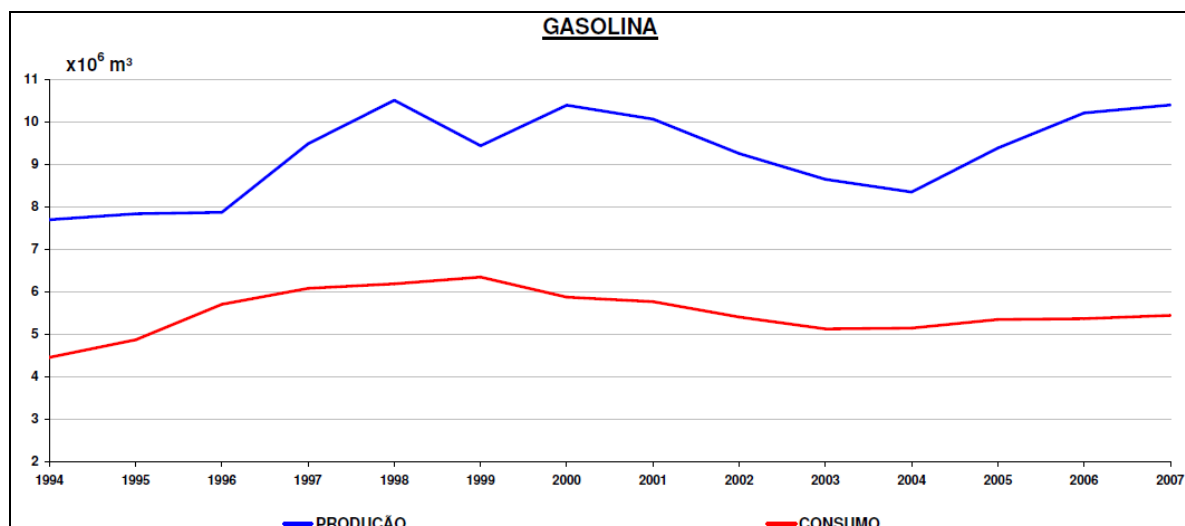


Figura 4.16 – Evolução da produção e consumo da gasolina no Estado de São Paulo

Fonte: Elaboração própria com base no BEESP (2008).

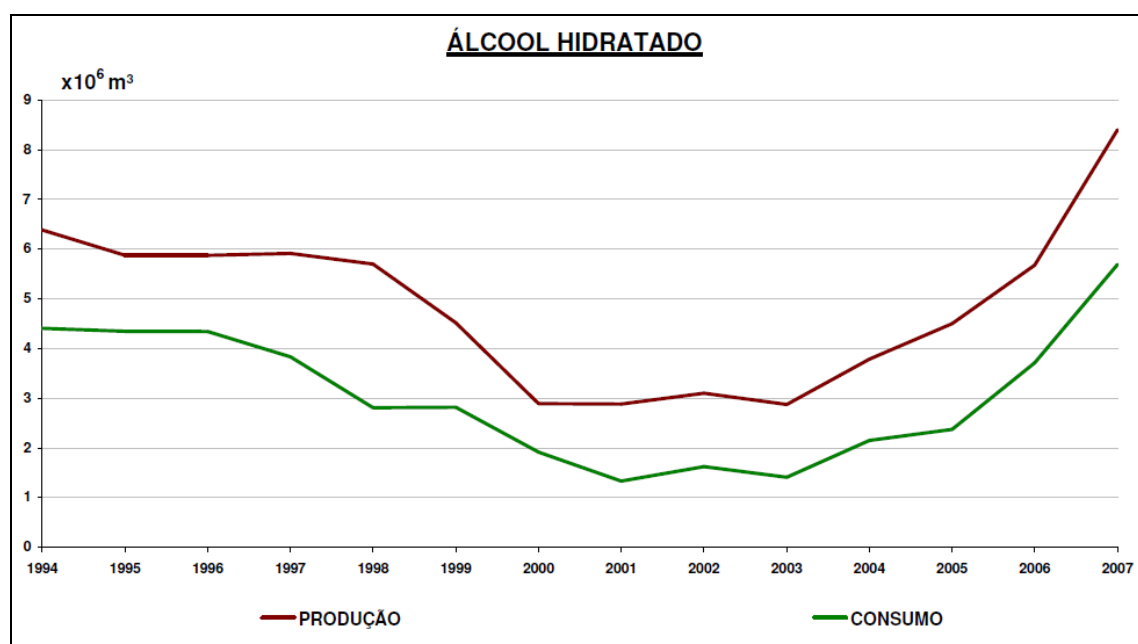


Figura 4.17 – Evolução da produção e consumo do álcool hidratado no Estado de São Paulo

Fonte: Elaboração própria com base no BEESP (2008).

A figura 4.18 ilustra a evolução percentual da participação dos principais combustíveis derivados do petróleo e também do combustível vegetal – álcool etílico. Importante ressaltar que os valores contabilizados para o álcool etílico nesta figura são resultantes da somatória do consumo do álcool anidro (adicionado à gasolina) e do consumo do álcool hidratado.

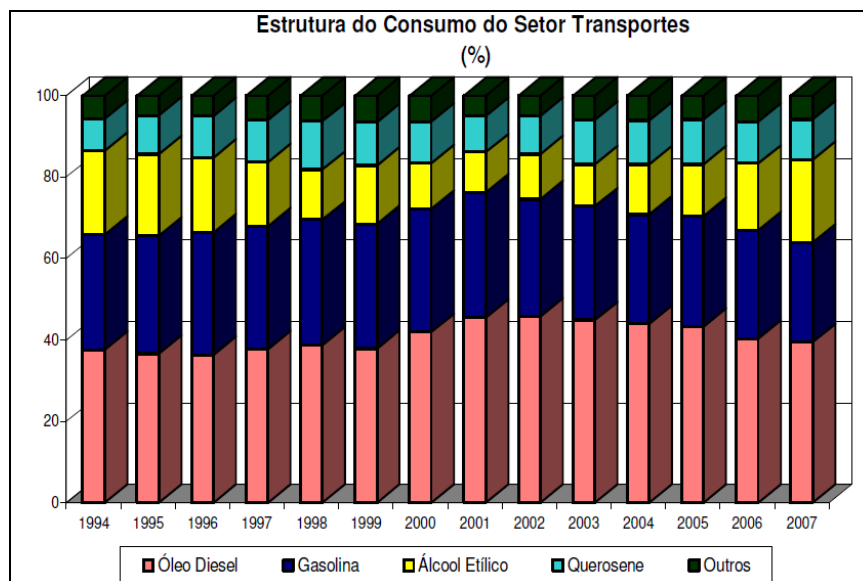


Figura 4.18 – Participação dos combustíveis no setor de transportes do Estado de São Paulo.

Fonte: Balanço Energético de São Paulo – Secretaria de Saneamento e Energia (2008).

4.6 – Os Motores do ciclo Otto

Nikolaus August Otto foi o responsável pela invenção dos motores em que a combustão é iniciada a partir de uma centelha elétrica. Milhares de veículos em todo o mundo são equipados com esse tipo de motor também conhecidos como motores do ciclo Otto.

No início mais potência era uma necessidade, tanto que na época foi criado o conceito de que um motor de quatro cilindros era bom, mas um motor com seis ou oito era muito melhor.

Para resolver os problemas elétricos dos motores surgiu Robert Bosch criador do sistema de ignição, bombas geradoras e baterias com o objetivo de se obter uma rotação mais elevada e conseqüentemente gerar mais potência com ganhos equivalentes em confiabilidade e longevidade.

Os últimos descendentes do motor original de Otto chegaram recheados de novos equipamentos eletrônicos. Atualmente os motores têm injeção seqüencial de combustível, ignição de alta potência com avanço individualizado por cilindro, etc. O combustível é injetado com tamanha precisão, graças ao sistema de gerenciamento eletrônico, que um carro de passeio, cada vez mais, registra baixíssimos consumos de combustível e apresenta ainda severo controle dos gases que saem pelo escapamento.

Na atualidade os projetistas de motores têm a difícil tarefa de compatibilizar a redução nas emissões, com baixo consumo de combustível e elevado rendimento mecânico

dos motores. Este desafio fica cada vez mais urgente com a diminuição dos recursos naturais como o petróleo, e as exigências estabelecidas em relação ao meio ambiente.

Após um século, várias iniciativas de governos, montadoras e empresas diversas mostram, que pela primeira vez na história, os carros movidos a bateria são uma alternativa real ao motor a combustão. Dois fatores tornaram este momento especial: a contribuição das emissões dos veículos para o aquecimento global e o abalo financeiro das montadoras americanas (Mansur, 2009).

Mansur (2009) destaca ainda que os carros elétricos deverão superar dois desafios, o preço: cada modelo custa o dobro dos carros a combustão e a autonomia: é preciso carregar o veículo durante 8 horas.

Outras soluções estão sendo estudadas como, por exemplo, o carro que troca bateria quando descarregada por outra previamente carregada e o carro híbrido que usa um motor a combustão e outro elétrico que pode ser carregado durante o movimento do veículo ou na tomada (Mansur, 2009).

4.6.1 – O Processo de Formação da Combustão dos motores

Os motores de combustão interna (figura 4.19) caracterizam-se por obter potência transformando, em calor, a energia química da mistura ar/combustível para depois convertê-la em trabalho mecânico, ou seja, a mistura ar/combustível é formada fora dos cilindros e entra em combustão por uma fonte de ignição separada (vela de ignição). Diferentemente do que acontece com o motor Diesel¹², por exemplo, onde a mistura (ar – combustível) se forma no interior dos cilindros e a ignição ocorre quando o ar é aquecido por meio da compressão da mistura nos cilindros, provocando a combustão espontânea da mesma.

¹² Rudolf Diesel, engenheiro alemão inventor do motor de ciclo Diesel.

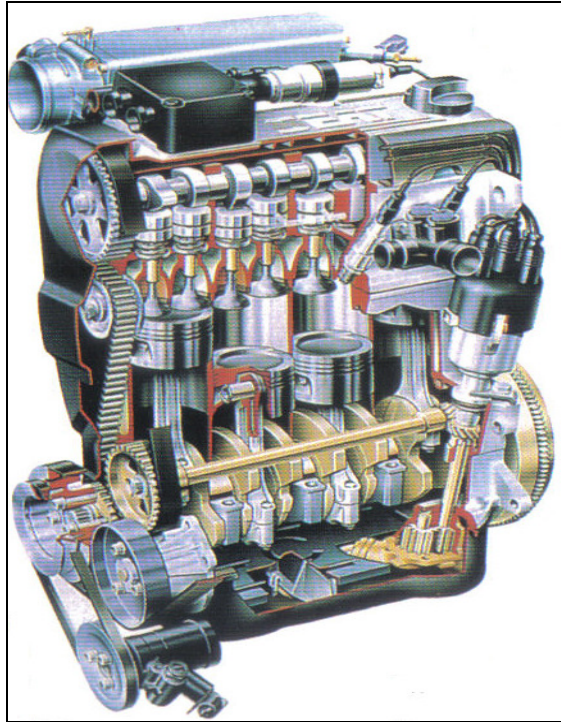


Figura 4.19 – Partes internas de um motor do ciclo Otto.

Fonte: Fundamentos da tecnologia automobilística – Volkswagen do Brasil (1998).

Quanto mais cilindros o motor tiver, mais suave será seu funcionamento, já que os intervalos de ignição entre os cilindros são menores gerando assim, menores vibrações.

A figura 4.20 ilustra o movimento dos pistões e as etapas de formação da combustão dentro da câmara. Seguem abaixo enumerados os componentes internos dos cilindros:

- 1 – Pistão;
- 2 – Biela;
- 3 – Árvore de manivelas;
- 4 – Válvula de admissão;
- 5 – Válvula de escape;
- 6 – Vela de ignição;
- 7 – Cilindro;
- 8 – Câmara de combustão.

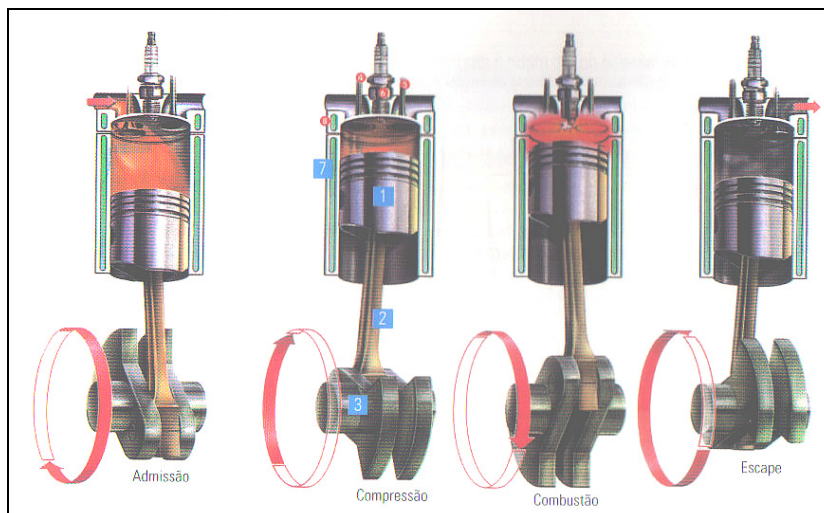


Figura 4.20 – Pistões do motor durante as quatro etapas do processo de combustão.

Fonte: Fundamentos da tecnologia automobilística – Volkswagen do Brasil (1998).

Os motores de quatro tempos (tanto Diesel como Otto) necessitam de quatro movimentos nos pistões e de duas voltas completas na árvore de manivelas para completar o ciclo de trabalho.

O fluxo dos gases de admissão e de escape é controlado pelas respectivas válvulas. Os dois extremos dos movimentos dos pistões no cilindro são conhecidos como ponto morto superior (PMS) e ponto morto inferior (PMI). O mecanismo da árvore de manivelas e bielas tem a função de converter o sobe e desce dos pistões em movimento rotativo. Assim durante o primeiro tempo (admissão), o pistão se movimenta no cilindro do ponto morto superior para o inferior provocando a diferença de pressão que gerará o deslocamento volumétrico para o interior dos cilindros. No segundo tempo (compressão) o movimento do pistão ocorre do ponto morto inferior para o ponto morto superior. Nesta condição, a mistura é comprimida, encontrando as válvulas de admissão e escape fechadas. No terceiro tempo (combustão) a mistura comprimida recebe uma centelha elétrica, entra em combustão, elevando violentamente a pressão no interior do cilindro e empurrando o pistão para a parte inferior. Este tempo também é denominado de tempo motor, pois é o único a realizar trabalho. A força gerada pela combustão empurra o pistão que, através da biela, faz girar a árvore de manivelas, transformando movimento retilíneo em movimento rotativo. No quarto tempo (escape) o pistão sobe outra vez, a válvula de escape se abre e os gases queimados são expelidos para a atmosfera através do sistema de escapamento preparando o cilindro para a realização de um novo ciclo.

Ao entrar no cilindro e ser submetida à compressão, essa mistura atinge temperaturas entre 400 e 600°C, estando um pouco abaixo do que seria sua auto-ignição. Assim, é necessária uma centelha para iniciar sua combustão.

Os motores atuais são desenvolvidos com base na utilização da gasolina regular, que possui 87 octanas, está diretamente relacionada com a taxa de compressão dos motores.

A taxa de compressão é um elemento físico-matemático que está presente nos motores de ciclo Otto (álcool, gasolina ou gás natural), entre outros. Em todos esses motores a compressão interna exerce papel fundamental no seu rendimento. Em geral, quanto maior a taxa de compressão, maior o rendimento termomecânico desses motores - porém, a compressão tem limites, seja pela constituição do motor (ferro, alumínio etc.), pelo limite à detonação/pré-ignição do combustível, seja pelo limite de pressão/temperatura ou de durabilidade suportado pelo motor em questão. Quanto maior for a taxa de compressão, melhores deverão ser as propriedades antidetonantes do combustível.

A potência, medida em HP ou CV, é proporcional à cilindrada e à rotação do motor. Seu cálculo é feito pela medida do esforço de torção no eixo de manivelas, provocado pela explosão, multiplicada pelo giro do motor.

4.6.2 – Influência da Relação Ar-Combustível

Para que o motor tenha um funcionamento suave, econômico e não contamine o ambiente, o mesmo necessita receber a perfeita mistura ar/combustível (ESTEQUIOMETRIA) em todas as faixas de rotação. Nos motores a gasolina/álcool é função do carburador ou do sistema de injeção eletrônica manter a proporção da mistura, enquanto que nos motores diesel esta função é da bomba injetora.

A diminuição da emissão de poluentes está intimamente ligada à economia de combustível e esta, por sua vez, depende da introdução de novas tecnologias. Um carburador, por melhor que seja e por melhor que esteja sua regulagem, não consegue alimentar o motor na proporção ideal de mistura em qualquer regime de funcionamento. Os sistemas de injeção eletrônica têm essa característica de permitir que o motor receba somente o volume de combustível que ele necessita (Figura 4.21).

O advento do sistema de injeção eletrônica de combustível representou um dos maiores avanços no sentido de melhorar o desempenho dos veículos, reduzindo o consumo de combustível e, ao mesmo tempo, diminuindo o nível de emissão de gases

poluentes na atmosfera. No entanto, para que o sistema proporcione todos estes benefícios, é preciso que dois componentes também estejam em perfeito funcionamento: a sonda lambda e o catalisador.

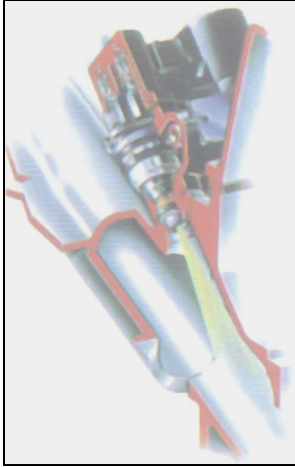


Figura 4.21 – Bicos de injeção eletrônica de combustível.

Fonte: Fundamentos da tecnologia automobilística – Volkswagen do Brasil (1998).

A mistura ar-combustível nos motores pode variar de acordo com o combustível utilizado. Por exemplo, no caso do álcool hidratado a relação é de aproximadamente 8,9:1, que significa 8,9 gramas de ar para 1 grama de combustível, para a gasolina em torno de 13,8:1 e no caso do Diesel pode chegar até 24:1.

A relação ar/combustível, quando expressa como base na relação estequiométrica, é conhecida pelos técnicos pela letra grega lambda. Lambda igual a 1,0, significa mistura em proporções quimicamente corretas, que teoricamente deveria resultar em uma combustão completa. Valores de lambda menores que 1,0 caracteriza mistura rica, com falta de ar, e maiores que 1,0 significa mistura pobre, com excesso de ar (Figura 4.22).

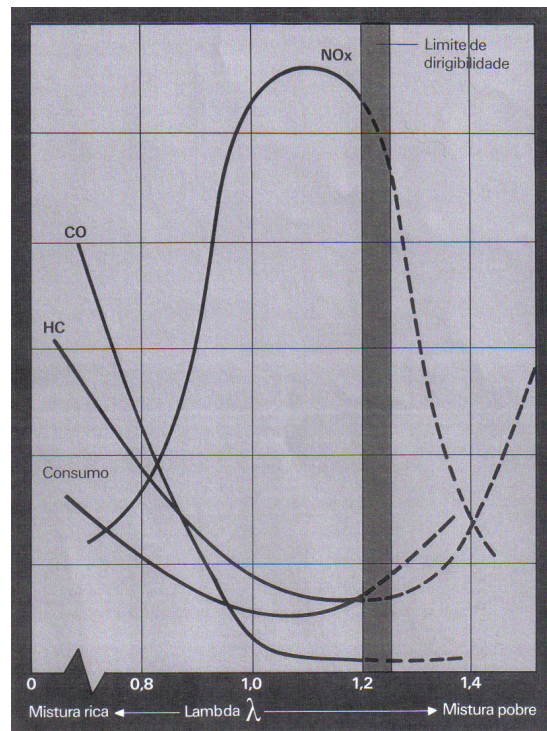


Figura 4.22 – Curva característica de trabalho da sonda lambda

Fonte: Desconhecida.

Quando o motor opera com a razão estequiométrica, a produção de óxidos de nitrogênio é máxima, porque a temperatura é maior. Se o motor estiver operando misturas com excesso de combustível e *déficit* em oxigênio, em relação à quantidade estequiométrica, as emissões de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) são mais elevadas, enquanto as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) são mais baixas, devido à queima incompleta da gasolina; o nível de óxidos de nitrogênio (NOx) é reduzido porque a temperatura adiabática de chama é menor, além de ocasionar a formação de depósitos de carbono nas partes internas do motor (cilindros e velas) e ainda provocar maior consumo de combustível (Hinrichs, Kleinbach, 2003).

Gasolina bem refinada e óleo especial para o motor quando usados em quantidades apropriadas depositam muito pouco carbono. Os restos da combustão completa saem pela descarga.

Por outro lado, com misturas pobres em combustível e ricas em oxigênio a combustão é completa e as quantidades de monóxido de carbono e hidrocarbonetos são mais baixas; neste caso, a emissão de óxidos de nitrogênio é maior, uma vez que a temperatura de operação é mais baixa. Esta mistura provoca superaquecimento do motor, perda de potência e pode ocasionar a queima das válvulas de escape.

Para que a eficiência do sistema fosse plena, seria necessário medir a quantidade de oxigênio presente no sistema de exaustão e alimentar o sistema com esta informação para corrigir a proporção da mistura. Assim surgiu um novo tipo de sensor denominado “Sonda Lambda” que detecta continuamente o teor de oxigênio no gás de escape e informa a ECU (Unidade de Controle Eletrônico) sobre a condição de mistura ar/combustível do veículo. A ECU utiliza esta informação para decidir se é necessário alterar a mistura para atingir uma condição ideal ou não. Isto é conhecido como controle realimentado (*closed-loop*), pois o sinal de saída do sensor realimenta o controlador (ECU) que pode então comandar corretamente o sistema de mistura ar/combustível, proporcionando uma ótima e eficiente conversão catalítica reduzindo, em consequência, a emissão de poluentes garantindo uma boa dirigibilidade.

A figura 4.23 ilustra as principais características de uma sonda lambda.

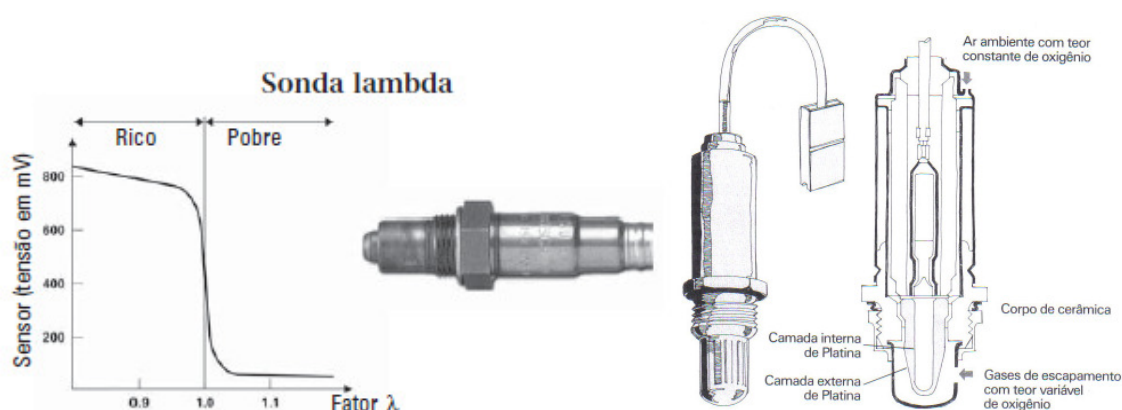


Figura 4.23 – Sonda Lambda

Fonte: Revista Notícias da Oficina – 2003.

A sonda lambda e a unidade eletrônica de comando podem gerenciar o funcionamento do sistema de duas maneiras:

1) Sistema de Controle de Retroalimentação de Circuito Fechado:

O Sistema de Controle de Retroalimentação de Circuito Fechado (CLFCS) é aquele no qual a central eletrônica monitora e gerencia a proporção ar-combustível comandando os injetores de combustível com a informação que recebe do sensor de oxigênio. Na operação do CLFC, o sensor de oxigênio (sonda lambda) mede o conteúdo de oxigênio nos gases do escapamento relativo a estequiometria. A entrada de ar e a injeção de combustível são subseqüentemente controladas pela Unidade Eletrônica de Comando (ECU)

para afetar a proporção estequiométrica entre o oxigênio (ar) e o combustível. O objetivo da ECU é manter a proporção ar-combustível dentro dos limites adequados. Neste âmbito estreito, altas conversões (80% - 90%) do CO, HC e NO_x podem ser realizadas simultaneamente. Se a proporção ar-combustível ficar abaixo de 14,7:1 (motores à gasolina), os gases do escapamento terá uma parcela maior de reagentes redutores (CO, HC) do que reagentes oxidantes (O₂, NO_x), e o motor opera sob condições ricas. Se a proporção ar-combustível exceder 14,7:1, o motor operará sob condições pobres. As reações de redução do NO_x são favorecidas sob condições ricas, ao passo que as condições pobres favorecem as reações de oxidação catalítica do CO e dos hidrocarbonetos, conforme descrito anteriormente.

2) Sistema de Controle de Circuito Aberto:

Este sistema opera ignorando as informações enviadas pelo sensor de oxigênio, ou seja, ocorre que em determinadas condições de operação requerem que as misturas sejam mais ricas ou mais pobres do que aquela normalmente considerada ideal, por exemplo, partidas do motor, operação do motor a frio, condições de torque alto, aceleração, desaceleração, condições de carga moderadas até pesadas e nos momentos em que a válvula reguladora de combustível está totalmente aberta os sinais enviados pelo sensor de oxigênio são ignorados.

4.6.3 – Catalisadores automotivos

Em 1975 o catalisador surgiu como mais uma tecnologia a integrar os automóveis da época. Com intuito de controlar as emissões de CO e hidrocarbonetos, depois da combustão, por meio da sua reação química com o oxigênio, o catalisador permitiu uma nova forma de regulação do motor obtendo uma melhor eficiência com redução nas emissões atmosféricas, principalmente NO_x, e ainda permitiu reduzir o consumo de combustível por meio das possíveis alterações na estequiometria do motor (Hinrichs, Kleinbach - 2003).

Um catalisador é uma substância que afeta a velocidade de uma reação, mas que emerge do processo inalterado. Um catalisador, normalmente, muda a velocidade de reação, promovendo um caminho molecular diferente (mecanismo) para a reação. Por exemplo, o hidrogênio e o oxigênio gasosos são virtualmente inertes à temperatura ambiente, mas reagem rapidamente quando expostos à platina, que por sua vez, funciona como catalisador da reação. Podemos, então, definir catalisador como sendo o elemento que acelera a velocidade da reação química sem se consumir nela. Geralmente, o catalisador é um metal

de transição, um óxido de um metal de transição ou, no caso dos organismos vivos, uma enzima. Um catalisador pode também se chamar de conversor catalítico.

Os catalisadores, utilizados nos escapamentos dos automóveis e na indústria, possuem a capacidade e a finalidade de diminuir a poluição causada pela emissão de gases nocivos à saúde, produzidos no interior do motor do automóvel e nos processos de combustão em caldeiras e fornos.

O escapamento é constituído pelo conjunto de tubos que coletam os gases na saída do motor para liberá-los na traseira do veículo. Este conjunto é constituído por um coletor, um catalisador (depois de 1993) e um silenciador. Todo o conjunto deve apresentar-se em perfeitas condições, não só por razões ecológicas, mas também por razões técnicas e econômicas: rendimento do motor e consumos.

O catalisador é constituído por vários pequenos canais perfurados. A superfície destes canais é coberta por uma camada de metal precioso (platina, paládio, ródio) depositados numa base, a que se pode chamar “washcoat”. Quando ocorre o contacto entre os gases de escape com estes metais, ocorrem, então, reações químicas que transformam os gases nocivos em gases não poluentes. O catalisador é capaz de reduzir as emissões de CO, HC e NOx em até 90% com uma mistura ar-combustível próximo à mistura estequiométrica (Lambda = 1,0). O efeito do catalisador começa quando os gases de escape atingem cerca de 300°C.

A figura 4.24 ilustra o processo químico que ocorre dentro do catalisador automotivo.

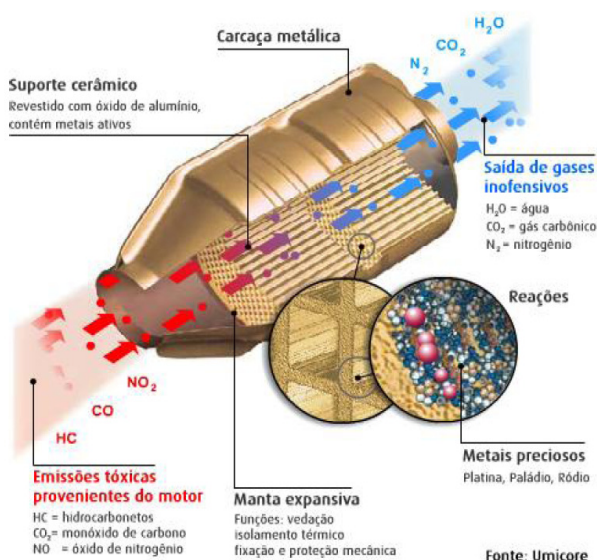


Figura 4.24 – Catalisador Automotivo

Fonte: Umicore

4.7 – Veículos bicombustíveis.

Os veículos denominados bicombustíveis ou “flex” foram lançados no mercado nacional em 2003. Estes veículos são equipados com motores que podem ser abastecidos tanto com álcool etílico carburante (etanol), quanto com gasolina, ou ainda os dois simultaneamente e em qualquer proporção.

O funcionamento adequado do motor se deve ao trabalho da sonda lambda instalada no escapamento que analisa e mede, a partir dos gases emitidos, o combustível que está sendo consumido.

Imediatamente a sonda envia o resultado da medição para a ECU (Unidade de Comando Eletrônico) que comandará diversas variáveis, como por exemplo: o tempo de injeção, o ponto de ignição e a recuperação dos vapores do filtro de carvão ativado. Tudo isso para que o motor funcione adequadamente para cada condição de queima.

As principais alterações nos motores flex foram:

- Eixo de comando de válvulas com novo desenho;
- Anéis de compressão com novo material;
- Taxa de compressão adequada;
- Velas de ignição com melhores propriedades para partida a frio;
- Sonda Lambda adaptada para funcionamento com os dois combustíveis;
- Bicos injetores que permitem a passagem de maior quantidade de combustível;
- Válvulas de admissão e escape com tratamento na superfície (anticorrosão e desgaste);
- Anéis de assento de válvula de admissão e escape com novo material;
- Corpo de borboleta com entrada do sistema auxiliar de gasolina para partidas a frio.

Os novos motores flex foram desenvolvidos para funcionarem sem o reservatório de partida a frio. Este reservatório foi desenvolvido para auxiliar as partidas do motor através da injeção automática de gasolina no corpo da borboleta nos dias mais frios ou quando o teor de gasolina dentro do tanque é inferior a 20%.

As novas gerações de motores são, cada vez, mais econômicos, menos poluentes e trabalham com mais torque sem perder a potência, isso tudo significa que os novos motores apresentam respostas mais rápidas fazendo com que o tempo de aceleração diminua e conseqüentemente o consumo de combustível também.

5. Avaliação dos níveis de emissões de poluentes veiculares.

5.1. Metodologias para o Cálculo das Emissões

As emissões de gases do efeito estufa por meio de fontes móveis são melhor calculadas através do método Tier-1¹³ ou top-down, pois contabiliza apenas as emissões de dióxido de carbono CO₂.

O CO₂ é responsável por mais de 97% das emissões totais de GEE de fontes móveis. Por sua vez, o N₂O e o CH₄ contribuem com cerca de até 3% e 1%, e as incertezas são de cerca de 50% e 40%, respectivamente, devido principalmente aos fatores de emissão. As emissões veiculares de metano - CH₄ contidas nos hidrocarbonetos não queimados - HC, de óxido nitroso - N₂O, bem como as de monóxido de carbono - CO e óxidos de nitrogênio - NO_x, que também contribuem direta ou indiretamente com o efeito estufa, são mais difíceis de estimar com precisão. Seus fatores de emissão típicos, além de serem extremamente reduzidos, quando comparados aos de CO₂, dependem de detalhado conhecimento da tecnologia de motorização, das condições de manutenção dos motores, da qualidade do combustível e das diversas características da operação (ÁLVARES Jr.; LINKE, 2003).

O cálculo do inventário dos GEE (Gases de Efeito Estufa) pela quilometragem anual e a partir dos fatores de emissão podem ser obtidos também pelo método *Tier-2* ou *bottom-up*. Os resultados podem ser menos precisos quando comparados com o método *top-down*, porém a escolha da metodologia dependerá da qualidade dos dados primários locais existentes.

Apesar das diversas incertezas nos resultados alcançados com a aplicação da metodologia *Tier-2* ou *bottom-up*, a mesma será utilizada neste estudo pois permitirá identificar e quantificar os gases de efeito estufa de forma separada, simples e objetiva.

Segundo Landmann (2004) “a função matemática da metodologia *bottom-up*, utilizada pela CETESB para composição dos dados do inventário de emissão veicular, estabelece a relação entre a idade do veículo, a quilometragem percorrida pelo mesmo no decorrer de um ano e ainda utiliza os fatores de emissão de cada categoria veicular”.

¹³ Tier 1 e 2 correspondem neste texto à nomenclatura específica utilizada pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) referente às diferentes metodologias de cálculo de inventários de emissões de GEE, nada tendo haver com o “Tier” utilizado nas categorias de controle da legislação de emissões veiculares nos Estados Unidos.

A equação que descreve o cálculo da quantidade de poluentes emitida:

$$EF = N * KM * FE_F \quad (\text{Eq. 5.1})$$

Onde:

EF: Emissão do poluente considerado para a frota (g.ano^{-1});

N: Número de veículos que compõem a frota da localidade em questão;

KM: Quilometragem média anual (km);

FE_F: Fator de emissão unitário da frota para o poluente de interesse [$\text{g.}(\text{veículo.km})^{-1}$].

5.2 – Aplicação da metodologia *bottom-up*

a. Fatores de emissões

Para a mensuração dos fatores de emissões declarados na tabela 5.1, os veículos novos e protótipos são submetidos a ensaios laboratoriais de análises de emissões veiculares da CETESB de acordo com os procedimentos de ensaios norte-americano US-FTP75¹⁴ (Figura 5.1). Segundo Szwarcfiter (2004) o ensaio consiste em colocar os veículos em dinamômetros de rolo, nos quais os veículos são guiados por motoristas especializados que simulam diferentes ciclos de partidas, acelerações, desacelerações e paradas com o objetivo de representar as condições reais de tráfego urbano (viagem padrão) e coletar continuamente amostragem de CO, HC, NO_x e CO₂.

O modelo norte-americano de regulamentação das emissões veiculares foi tido como exemplo para diversos países, incluindo o PROCONVE, no Brasil. Os limites de emissão do PROCONVE de 1997, por exemplo, foram inspirados nos limites americanos de 1987 (Tier 0), onde as soluções técnicas de ignição/injeção eletrônica, catalisador de três vias e sonda lambda possibilitaram o controle mais preciso da mistura ar/combustível conforme citado no capítulo 4. (SZWARCFITER, 2004)

É importante ressaltar que os fatores de emissões declarados na tabela 5.1 não correspondem necessariamente aos fatores em condições reais uma vez que não se leva em consideração as diversas variáveis de utilização, como por exemplo o estado de conservação das ruas e avenidas e nem mesmo o estado de manutenção dos veículos.

¹⁴ FTP – Federal Test Procedure

Tabela 5.1 – Limites de emissões do PROCONVE

Ano	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO ² (g/km)	MP ³ (g/km)	EVAP. ⁴ (g/teste)	CÁRTER	CO-ML (% vol)
89 - 91	24	2,1	2	-	-	6	nula	3
92 - 96 ⁶	24	2,1	2	0,15	-	6	nula	3
92 - 93	12	1,2	1,4	0,15	-	6	nula	2,5
mar/94	12	1,2	1,4	0,15	0,05	6	nula	2,5
jan/97	2	0,3	0,6	0,03	0,05	6	nula	0,5
mai/03	2	0,3	0,6	0,03	0,05	2	nula	0,5
jan/05(40%)	2	0,165	0,257	0,03	0,05	2	nula	0,57
jan/06(70%)	2	ou	ou	0,03	0,05	2	nula	0,57
jan/07(100%)	2	0,306	0,603	0,03	0,05	2	nula	0,57
jan/09	2	0,05 ⁵ ou	0,12 ⁷ ou	0,02	0,05	2	nula	0,57
jan/09	2	0,306	0,253	0,02	0,05	2	nula	0,57

1 - Medições de acordo com a NBR6601 (US-FTP75), e conforme as Resoluções CONAMA n° 15/95 e n° 315/02.

2 - Apenas para veículos do ciclo Otto. Aldeídos totais de acordo com a NBR 12026.

3 - Apenas para veículos do ciclo Diesel.

4 - Apenas para veículos do ciclo Otto, exceto a GNV.

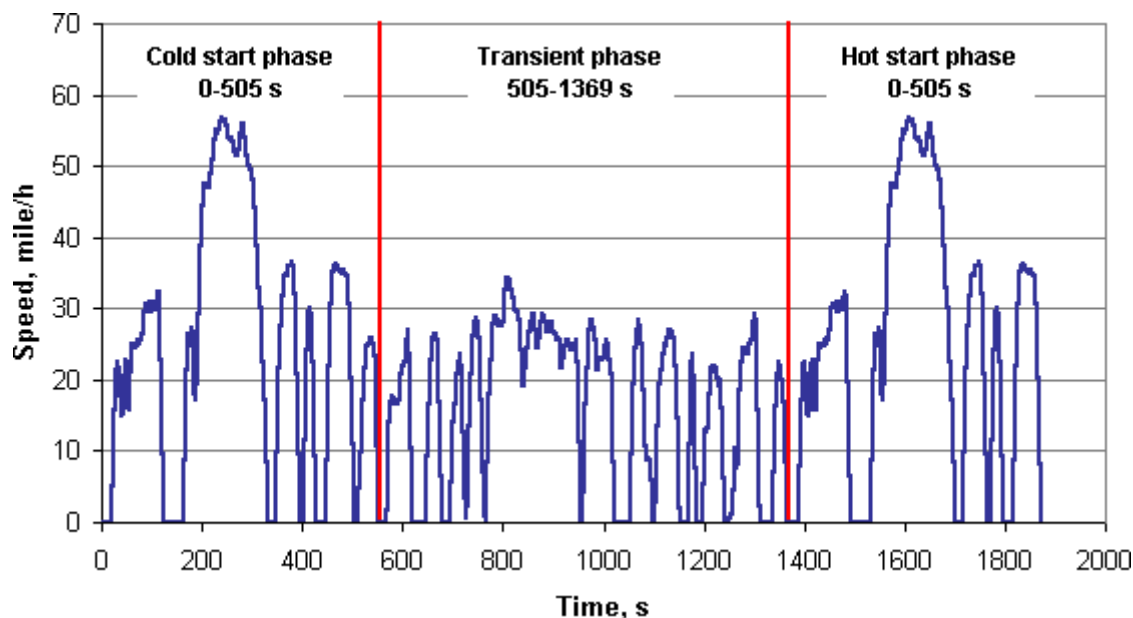
5 - Hidrocarbonetos não metano (NMHC).

6 - Hidrocarbonetos totais somente para veículos a GNV, que também atendem ao item (5).

7 - Apenas para veículos do ciclo Otto, inclusive a GNV.

Fonte: CETESB (2009)

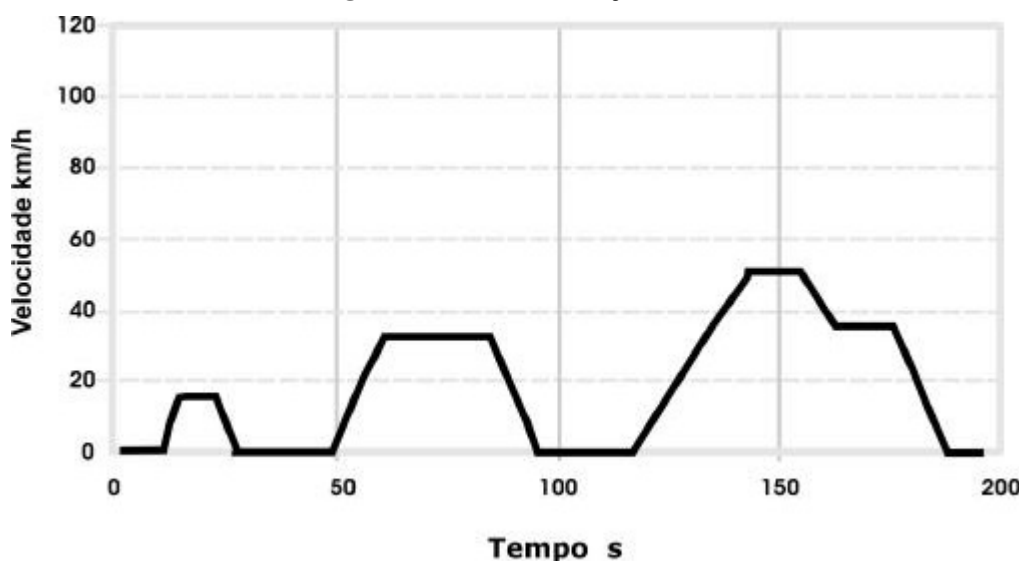
Segundo Szwarcfiter (2004) vários outros países estabeleceram, nas décadas de 60 e 70, legislações e medidas regulamentando o controle de emissões veiculares, através de limites de emissões, dentre eles o Japão e a Comunidade Econômica Européia.

Figura 5.1 – Ciclo de direção – US-FTP75

Fonte: <http://herkules oulu.fi>

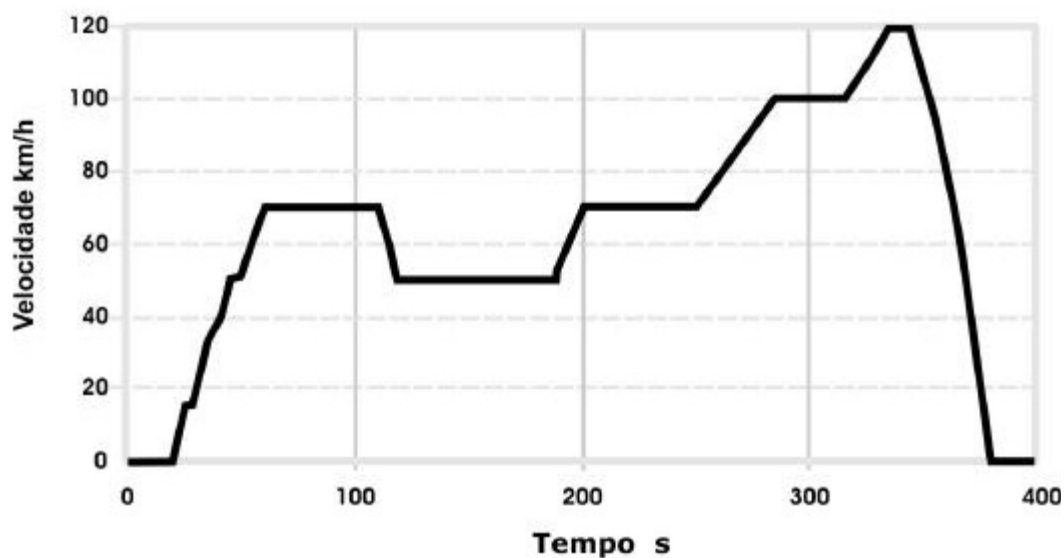
Szwarcfiter (2004) esclarece que o modelo europeu de emissões dos veículos leves são medidas em dois dinamômetros, diferentemente do ciclo norte-americano e são denominados ECE 15 que é um ciclo urbano elaborado para representar as condições de direção de cidades como Paris e Roma com velocidade baixa dos veículos. O ciclo denominado EUDC (Extra Urban Driving Cycle) foi adicionado ao teste ECE por representar formas mais agressivas de direção com velocidades mais altas (Figuras 5.2 e 5.3).

Figura 5.2 – Ciclo de direção ECE



Fonte: SZWARCFITER (2004)

Figura 5.3 – Ciclo de direção EUDC

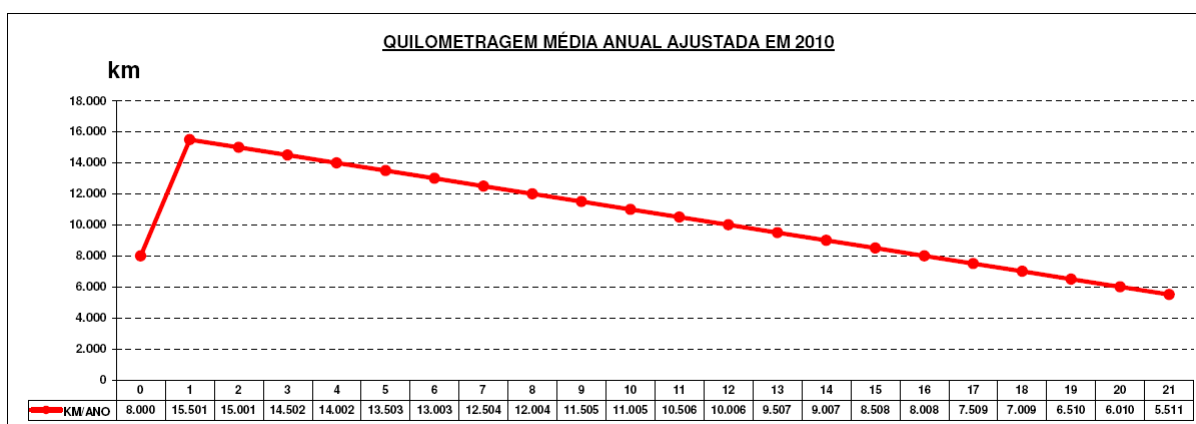


Fonte: SZWARCFITER (2004)

b. Quilometragem média anual

Segundo o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (2010) do Ministério do Meio Ambiente (MMA), não estão disponíveis no Brasil informações precisas quanto a intensidade de uso da frota de veículos do ciclo Otto. Os valores apresentados na figura 5.4 foram ajustados a partir do Balanço Energético Nacional e também com base nos estudos sobre a atividade de veículos em São Paulo realizado pelo International Sustainable Systems Research Center (ISSRC) em parceria com a CETESB em 2004, que indicam uma diferença na intensidade de uso de aproximadamente dez vezes entre os veículos mais novos e os veículos mais velhos.

Figura 5.4 – Quilometragem média anual ajustada.



Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários do Ministério do Meio Ambiente (2010).

O Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (2010) abrange desde os veículos zero quilômetro até veículos com cinquenta anos de uso. No entanto a figura 5.4 leva em consideração somente os veículos com até vinte e um anos de uso, pois são aqueles que se enquadram nas primeiras fases do PROCONVE, que por sua vez, é objeto deste estudo.

Com intuito de facilitar a aplicação metodológica e a compreensão dos resultados, os números apresentados na figura 5.4 foram agrupados por fase do PROCONVE, sendo na fase 1 os veículos entre $21 \geq N > 18$ anos, cuja soma das quilometragens correspondem a $18.030 \text{ km.ano}^{-1}$. Na fase 2 os veículos com $18 \geq N > 13$ anos, correspondem a $40.040 \text{ km.ano}^{-1}$. A fase 3 apresenta os veículos com idades entre $13 \geq N > 3$ anos, cuja quilometragem corresponde a $117.543 \text{ km.ano}^{-1}$. Na fase 4 veículos entre $3 \geq N > 1$ anos,

onde a somatória da quilometragem corresponde a $45.000 \text{ km.ano}^{-1}$ e a fase 5 corresponde aos veículos zero quilômetro com aproximadamente $8.000 \text{ km.ano}^{-1}$.

Todos os valores de quilometragem citados serão apresentados sintetizados no item 5.3.

c. Número de veículos que compõem a frota da localidade em questão

Conforme citado anteriormente a frota de veículos que circula na RMSP é responsável por 90% da poluição atmosférica desta região, segundo dados da CETESB (2009). Desta forma pretende-se aplicar a metodologia *bottom-up* para tornar possível a análise da situação da poluição veicular na cidade de São Paulo, que por sua vez, é a mais poluída dentre todas as outras cidades da RMSP.

A busca por informação a respeito da quantidade exata de veículos que circulam na cidade de São Paulo mostrou-se uma tarefa difícil. Os números divulgados pelos órgão competentes e responsáveis pelo assunto não são coincidentes e apresentam variações que interferem diretamente nos resultados da metodologia em questão.

A fim de minimizar este problema, com base nos dados do DENATRAN (10/2009) foi considerado que a cidade de São Paulo possui aproximadamente 4.455.452 automóveis das seguintes categorias: veículos leves, comerciais leves e táxis. Os demais automóveis, caminhões e ônibus foram desconsiderados por consumirem outros derivados de petróleo independentemente da gasolina e do álcool.

A Tabela 5.2 é a base de todo o estudo e foi elaborada a partir do número de veículos da frota nacional obtido por meio do SINDIPEÇAS que, até este momento, foi a fonte que apresentou maior segurança e confiabilidade nas informações.

Tabela 5.2 – Percentual de participação da frota nacional por fase do PROCONVE.

FASE	IDADE	ANO	FROTA	FROTA ACUMULADA	%	IDADE	ANO	FROTA
L5	1	2009	3.171.868	3.171.868	10%	25	1985	141.832
L4	2	2008	2.883.516	5.299.905	17%	26	1984	85.597
	3	2007	2.416.389			27	1983	64.594
L3	4	2006	1.849.351	14.285.185	46%	28	1982	41.905
	5	2005	1.613.043			29	1981	30.146
	6	2004	1.512.755			30	1980	31.486
	7	2003	1.260.644			31	1979	20.569
	8	2002	1.337.858			32	1978	13.078
	9	2001	1.425.329			33	1977	8.156
	10	2000	1.300.454			34	1976	5.024
	11	1999	1.083.294			35	1975	3.096
	12	1998	1.297.078			36	1974	1.912
	13	1997	1.605.379			37	1973	1.115
L2	14	1996	1.422.249	5.381.766	17%	38	1972	539
	15	1995	1.409.740			39	1971	265
	16	1994	1.123.113			40	1970	155
	17	1993	864.034			41	1969	108
	18	1992	562.630			42	1968	130
L1	19	1991	550.845	1.515.913	5%	43	1967	27
	20	1990	474.911			44	1966	17
	21	1989	490.157			45	1965	8
	22	1988	360.362	1.319.994	4%	46	1964	4
	23	1987	204.500			47	1963	3
	24	1986	305.362			48	1962	4
				30.974.631	100%			

L5 - CRESCIMENTO ESTIMADO DE 10% EM RELAÇÃO À 2008.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SINDIPEÇAS (2008).

A partir da soma dos veículos expressa na coluna frota acumulada foi possível obter o percentual de distribuição da frota nacional em cada fase do PROCONVE. Este mesmo percentual serviu posteriormente na separação dos 4.455.452 veículos da cidade de São Paulo nas respectivas fases do mesmo programa, conforme ilustrado na tabela 5.4.

Com as informações acima é possível iniciar a aplicação da metodologia com a criação do primeiro cenário que ilustra a quantidade de poluentes emitidos anualmente na atmosfera paulistana em concordância com os fatores de emissão do PROCONVE. Importante ressaltar que no desenvolvimento dos cenários foram considerados somente os quatro poluentes CO, HC, NO_x e CHO por apresentarem significativa evolução com as fases do programa de controle da poluição, conforme indicado na tabela 5.1.

5.3 – Elaboração dos cenários e discussão dos resultados obtidos

Cenários são simulações desenvolvidas para a obtenção da quantidade de poluentes emitidos pela frota veicular em locais e condições específicas diretamente ligadas a quantidade e idade dos veículos em circulação através da metodologia *bottom-up*.

A metodologia adotada permite a criação de diversas possibilidades na simulação e obtenção dos resultados. O primeiro cenário servirá de base para os demais que foram escolhidos aleatoriamente com o intuito de se alcançar significativas reduções na quantidade de poluente emitidos pelos veículos servindo como alternativas consistentes nas decisões que devem ser tomadas na busca da melhoria na qualidade do ar da cidade.

CENÁRIO 1

A tabela 5.3 ilustra a aplicação da metodologia *bottom-up* e apresenta a suposta situação atual dos níveis de poluição por fase e por tipo de poluente emitido pelo escapamento dos veículos que compõem a frota da capital paulista.

Tabela 5.3 – Metodologia *bottom-up* (Cenário atual)

	N	FEF - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF TOTAL (t.ano ⁻¹)
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	
L1 - 5%	222.773	24	2,1	2	-	18.030	96.398	8.435	8.033	-	112.866
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%	757.427	12	1,2	1,4	0,15	40.040	363.928	36.393	42.458	4.549	447.329
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%	2.049.508	2	0,3	0,6	0,03	117.543	481.811	72.272	144.543	7.227	705.853
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023	83.165
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	445.545	2	0,05	0,12	0,02	8.000	7.129	178	428	71	7.806
Zero Km											
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)							1.017.434	122.731	203.983	12.870	1.357.019

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

É evidente que a evolução nos limites de emissões do PROCONVE foi responsável pela redução significativa nos níveis de poluição da capital. Isso é comprovado através da tabela 5.4, onde é possível verificar que na fase 5 (L5) há muito mais veículos do que na fase 1 (L1), por exemplo, e a quantidade de poluentes que é emitida pelos veículos nesta fase é consideravelmente menor do que na primeira fase. A principal razão para esse cenário está no desenvolvimento e aplicação de novas tecnológicas embarcadas nos veículos

novos. Pode-se afirmar que sem o avanço tecnológico não seria possível atender nem mesmo os limites impostos pela segunda fase do programa.

CENÁRIO 2:

A tabela 5.4 ilustra a simulação do segundo cenário onde foi mantido o mesmo número de veículos do cenário 1 e a mesma quilometragem média anual, porém os veículos da fase 1 foram adicionados à fase 5. Conseqüentemente os fatores de emissões da primeira fase foram substituídos pelos fatores de emissões da fase 5. O objetivo é obter redução nos índices de poluição da capital com a substituição dos veículos com mais de dezoito anos por veículos zero quilômetro.

Tabela 5.4 – Substituição dos veículos de L1 por veículos zero quilômetro adicionados à L5.

	N	FEI - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF.POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	TOTAL (t.ano ⁻¹)
L1 - 5%		24	2,1	2	-	18.030	0	0	0	-	0
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%	757.427	12	1,2	1,4	0,15	40.040	363.928	36.393	42.458	4.549	447.329
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%	2.049.508	2	0,3	0,6	0,03	117.543	481.811	72.272	144.543	7.227	705.853
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023	83.165
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	668.318	2	0,05	0,12	0,02	8.000	10.693	267	642	107	11.709
Zero Km											
TOTAL - EF.POLUENTE (t.ano ⁻¹)							924.601	114.385	196.164	12.906	1.248.056

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

É importante ressaltar que os veículos contidos na primeira fase adicionados à quinta fase resultou em aumento nos níveis de poluentes desta fase. No entanto analisando esse aumento através da tabela 5.4 é possível perceber que somente o CHO não apresentou redução em relação à cenário atual, os demais poluentes apresentaram pequena redução conforme ilustrado na figura 5.5. Esta mesma figura apresenta os índices e os percentuais de redução de poluentes emitidos na aplicação da metodologia. Nota-se que este cenário apresentou redução geral de 8%, ou seja, quase 109.000 toneladas de poluentes deixariam de ser lançadas na atmosfera da capital paulista por ano. Para se ter uma idéia do que isso significa, a cidade de São Paulo recolhe diariamente, segundo a prefeitura, 17.000 toneladas de lixo. Portanto a redução obtida corresponde a 6 dias de trabalho no recolhimento do lixo da cidade.

Pode-se afirmar que estes resultados alcançados, em partes, devido a sofrível conservação dos veículos com mais de 18 anos. Verifica-se que um veículo fabricado em 1991 emite cerca de 8 vezes mais monóxido de carbono que outro que tenha entrado em circulação em 2001 por exemplo, lembrando que ambos os veículos já foram fabricados dentro das regulamentações do PROCONVE.

Conclui-se, portanto, que a substituição dos veículos mais velhos contidos nesta fase é necessária, pois haverá contribuição, mesmo com uma pequena parcela, na melhoria das condições do ar na cidade de São Paulo.

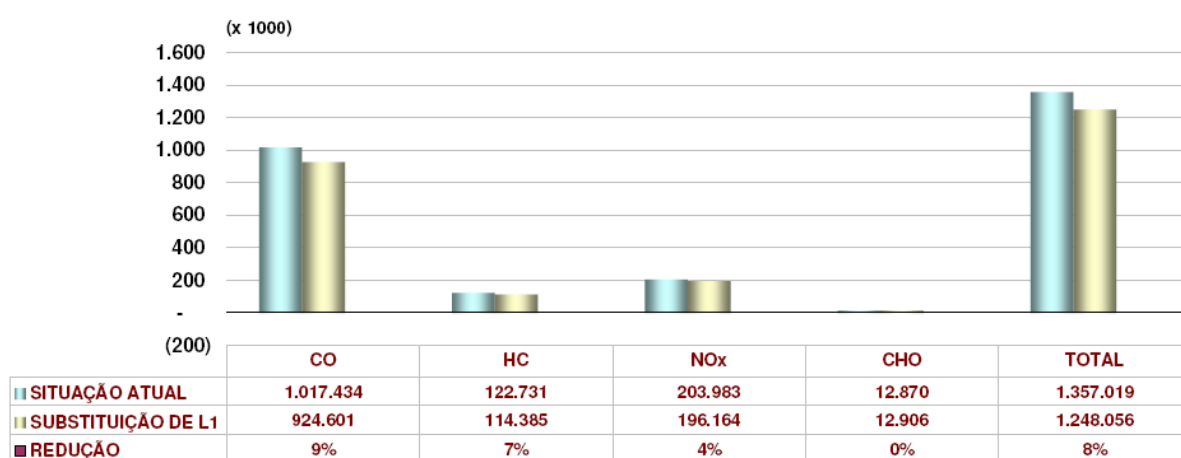


Figura 5.5 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 1.

Fonte: Elaboração própria.

CENÁRIO 3:

Seguindo a mesma metodologia aplicada no cenário 2, a tabela 5.5 apresenta o terceiro cenário onde os fatores de emissão da segunda fase do programa foram substituídos pelos mesmos fatores da quinta fase, em outras palavras, isto significa dizer que os veículos com idade entre 13 e 18 anos foram substituídos por veículos zero quilômetro. Novamente a quantidade de veículos da fase 2 foi adicionada à fase 5, assim como ocorreu no cenário anterior.

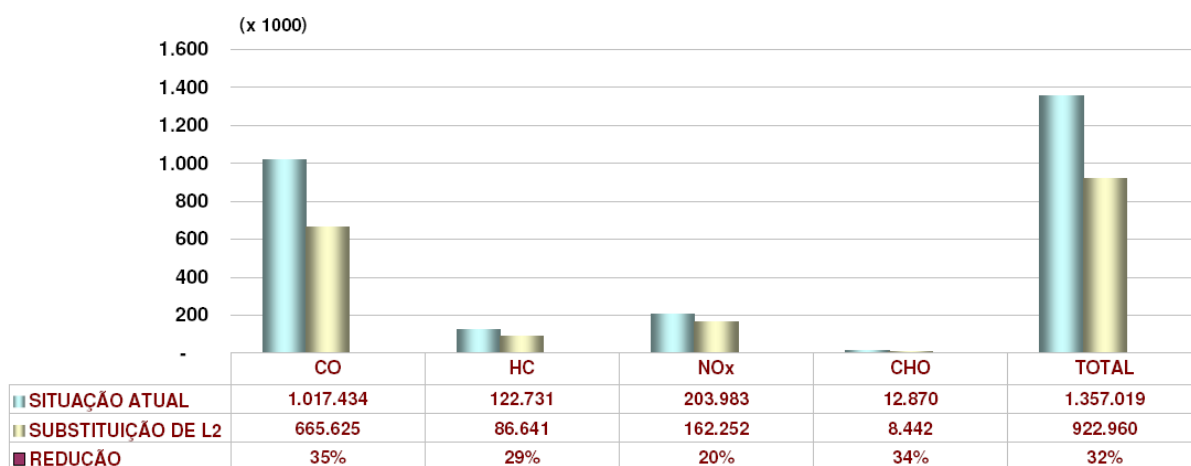
Tabela 5.5 – Substituição dos veículos de L2 por veículos zero quilômetro adicionados à L5.

	N	FEf - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)			
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO
L1 - 5%	222.773	24	2,1	2	-	18.030	96.398	8.435	8.033	-
21 ≥ N > 18 anos										
L2 - 17%		12	1,2	1,4	0,15	40.040	0	0	0	0
18 ≥ N > 13 anos										
L3 - 46%	2.049.508	2	0,3	0,6	0,03	117.543	481.811	72.272	144.543	7.227
13 ≥ N > 3 anos										
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023
3 ≥ N > 1 anos										
L5 - 10%	1.202.972	2	0,05	0,12	0,02	8.000	19.248	481	1.155	192
Zero Km										
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)							665.625	86.641	162.252	8.442

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

Quando comparado com o cenário atual esta mudança apresentou significativa redução no número de poluentes emitidos. A emissão total de poluentes apresentou redução em torno de 32%, ou seja, mais de 430.000 toneladas de poluentes deixariam de ser lançadas na atmosfera da capital paulista por ano, conforme ilustrado na figura 5.6.

**Figura 5.6** – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 2.

Fonte: Elaboração própria.

A adição de novos veículos à fase 5 não impactou em aumento nos índices de emissões gerais, muito pelo contrário, houve reduções significativas em todos os poluentes, conforme ilustrado na figura 5.6. Pode-se afirmar portanto que a substituição dos

veículos com idade entre 13 e 18 anos por veículos zero quilômetro também é factível e trará benefícios à qualidade do ar da cidade.

CENÁRIO 4:

Seguindo os mesmos critérios dos cenários anteriores, a tabela 5.6 apresenta o quarto cenário deste estudo onde os veículos com idade entre 3 e 13 anos, onde está contida a maior parcela de veículos da frota paulista, são substituídos por veículos zero quilômetro. Novamente essa quantidade de veículos da fase 3 é adicionada à fase 5.

Tabela 5.6 – Substituição dos veículos de L3 por veículos zero quilômetro adicionados à L5.

	N	FEF - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF TOTAL (t.ano ⁻¹)
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	
L1 - 5%	222.773	24	2,1	2	-	18.030	96.398	8.435	8.033	-	112.866
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%	757.427	12	1,2	1,4	0,15	40.040	363.929	36.393	42.458	4.549	447.329
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%		2	0,3	0,6	0,03	117.543	0	0	0	0	0
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023	83.165
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	2.495.053	2	0,05	0,12	0,02	8.000	39.921	998	2.395	399	43.713
Zero Km											
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)							568.416	51.279	61.408	5.971	687.074

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

Com esta substituição obteve-se somente 49% redução, o que equivale a quase 670.000 toneladas de poluentes a menos na atmosfera por ano, conforme ilustra a figura 5.7.

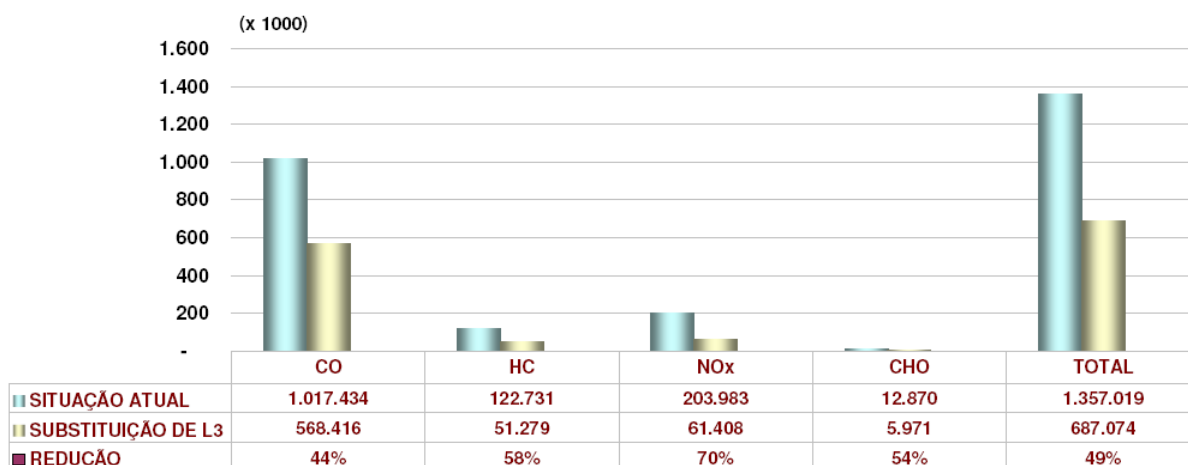


Figura 5.7 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos da fase 3.

Fonte: Elaboração própria.

Quando comparado aos dois cenários anteriores este quarto cenário foi o que apresentou, até o momento, maior índice percentual de redução nas emissões de poluentes. Observa-se que os resultados alcançados ocorrem devido a grande quantidade e alta quilometragem rodada pelos veículos desta fase, mesmo sendo pequena a evolução nos valores que compõem os fatores de emissões da fase 3 quando comparados com os fatores da fase 5.

Analisando a figura 5.7 percebe-se que o cenário proposto apresentará resultados vantajosos para o meio ambiente, porém esses resultados serão mais significativos se os veículos considerados mais velhos também forem substituídos. Importante observar que a quantidade de veículos contidos na fase 3 reflete os motivos pelos quais a frota veicular tem atualmente a idade média de 9 anos.

CENÁRIO 5:

A partir dos resultados e conclusões obtidas através da metodologia comparativa entre os cenários até aqui apresentados, em particular o cenário 4, buscou-se novas alternativas para alcançar reduções mais significativas que realmente tragam benefícios ao meio ambiente.

Com este objetivo foi criado o cenário 5 cuja proposta é a composição entre os cenários 2 e 3 apresentados anteriormente. Ou seja, neste quinto cenário substitui-se os fatores de emissões das fases 1 e 2 simultaneamente pelos fatores da fase 5. Em outras palavras a quantidade de veículos expressa nas fases 1 e 2 com mais de 13 anos foram substituídos por veículos zero quilômetro e adicionados à fase 5, conforme ilustra a tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Substituição dos veículos de L1 e L2, simultaneamente, por veículos zero quilômetro adicionados à fase 5.

	N	FEI - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	TOTAL (t.ano ⁻¹)
L1 - 5%		24	2,1	2	-	18.030	0	0	0	-	0
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%		12	1,2	1,4	0,15	40.040	0	0	0	0	0
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%	2.049.508	2	0,3	0,6	0,03	117.543	481.811	72.272	144.543	7.227	705.853
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023	83.165
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	1.425.745	2	0,05	0,12	0,02	8.000	22.812	570	1.369	228	24.979
Zero Km											
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano⁻¹)							572.791	78.295	154.433	8.478	813.997

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

Este cenário apresentou evolução significativa e atingiu 58% de redução o que representa aproximadamente 544.000 toneladas de poluentes deixariam de ser lançados na atmosfera por ano. Esse número corresponde ao trabalho de trinta e dois dias no recolhimento do lixo da cidade.

Esse resultado é expressivo, porém menor quando comparado ao cenário anterior que até este momento do estudo foi o cenário que atingiu o maior índice de redução nas emissões de todos os poluentes envolvidos, conforme explicado anteriormente.

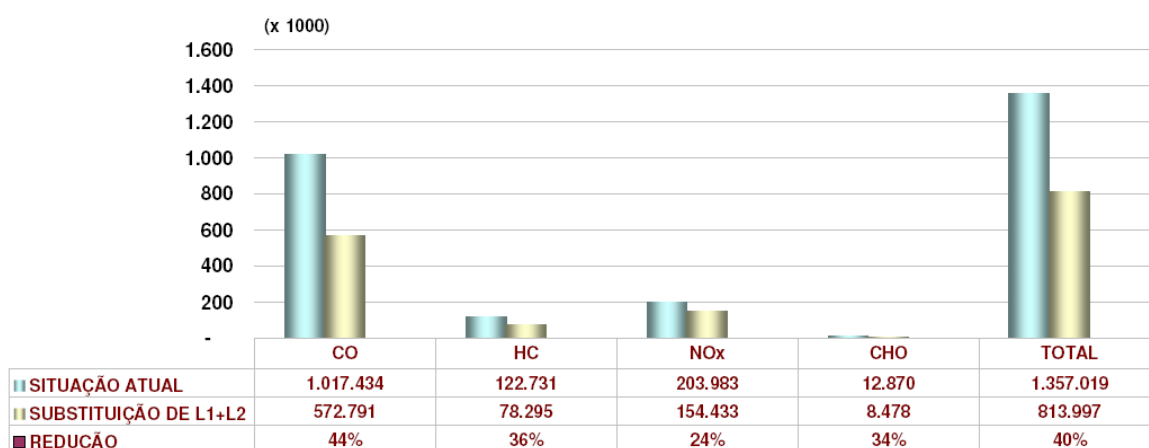


Figura 5.8 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos das fases 1 e 2.

Fonte: Elaboração própria.

CENÁRIO 6:

A tabela 5.8 ilustra o sexto cenário que segue a mesma linha de raciocínio do cenário anterior, porém conjugando a substituição dos veículos com idade entre 3 e 18 anos (fases 2 e 3) por veículos zero quilômetro.

Tabela 5.8 – Substituição dos veículos de L2 e L3, simultaneamente, por veículos zero quilômetro adicionados à fase 5.

	N	FEI - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF TOTAL (t.ano ⁻¹)
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	
L1 - 5%	222.773	24	2,1	2	-	18.030	96.398	8.435	8.033	-	112.866
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%		12	1,2	1,4	0,15	40.040	0	0	0	0	0
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%		2	0,3	0,6	0,03	117.543	0	0	0	0	0
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023	83.165
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	3.252.480	2	0,05	0,12	0,02	8.000	52.040	1.301	3.122	520	56.983
Zero Km											
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano⁻¹)							216.606	15.189	19.677	1.543	253.015

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

Com este cenário obteve-se redução geral em torno de 81% o que significa dizer que mais de 1.000.000 de toneladas de poluentes a menos na atmosfera por ano, conforme ilustra a figura 5.9.

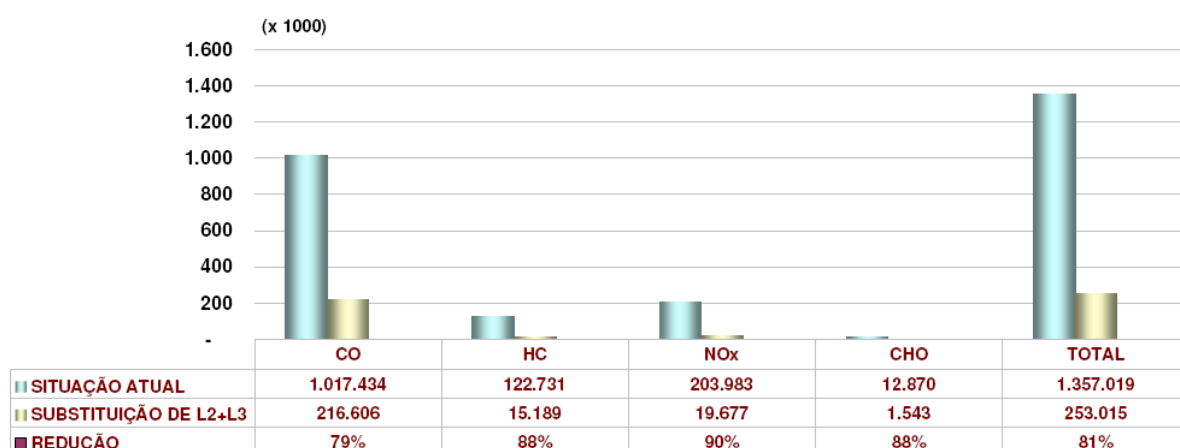


Figura 5.9 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos das fases 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria.

Quando comparado com o cenário anterior nota-se que o cenário 6 alcançou resultado muito superior. O resultado pode ser explicado da seguinte forma: os carros contidos na fase 3 apresentam maior índice de quilometragem rodada e os carros com idade entre 13 e 18 anos (fase 2) contribuem com uma expressiva parcela de poluição por apresentarem fatores de emissão menos restritivos, o que já é conhecido.

Podemos concluir através deste cenário que a situação atual da frota apresenta uma grande quantidade de carros com idade avançada e que estes mesmos carros ainda são utilizados para percorrer grandes distâncias principalmente na ida e na volta do trabalho. Isso explica a grande quantidade de carros quebrados diariamente na cidade.

CENÁRIO 7:

Até o momento os cenários anteriores mostraram que os melhores resultados foram obtidos com a presença dos veículos das fases 2 e 3 substituídos simultaneamente por veículos novos cujos fatores de emissões compreendem a fase 5 do programa. Sendo assim o cenário 7 busca melhorar os resultados integrando as fases 1, 2 e 3 simultaneamente, conforme ilustrado na tabela 5.9. Porém sabe-se que uma parcela dos veículos contidos na fase 3 são relativamente novos com pouco mais de três anos de uso e que não seria factível a substituição dos mesmos por outros mais modernos (zero quilômetro). Estes veículos estão abaixo da idade média da frota que é de 9 anos. Sendo assim buscou-se a substituição de apenas 50% dos veículos da fase 3 a fim de substituir os veículos com mais de 9 anos que se enquadram nesta fase.

Tabela 5.9 – Substituição dos veículos de L1, L2 e 50% de L3, simultaneamente, por veículos zero quilômetro adicionados à fase 5.

	N	FEF - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF TOTAL (t.ano ⁻¹)
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	
L1 - 5%		24	2,1	2	-	18.030	0	0	0	-	0
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%		12	1,2	1,4	0,15	40.040	0	0	0	0	0
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%		2	0,3	0,6	0,03	40.040	0	0	0	0	0
13 ≥ N > 3 anos											
L3 - 46%	1.024.754	2	0,3	0,6	0,03	117.543	240.905	36.136	72.272	3.614	352.926
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%	757.427	2	0,16	0,25	0,03	45.000	68.168	5.453	8.521	1.023	83.165
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	2.450.499	2	0,05	0,12	0,02	8.000	39.208	980	2.352	392	42.933
Zero Km											
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)							348.282	42.569	83.145	5.028	479.025

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

A tabela 5.9 ilustra que a mesma quantidade de carros que estava contida nas fases 1, 2 e 30% da fase 3 foram adicionados à fase 5 seguindo a metodologia aplicada nos cenários anteriores.

Em resumo, o resultado geral evoluiu significativamente e atingiu 65% de redução, ou seja, aproximadamente 877.000 toneladas de poluentes a menos na atmosfera da cidade por ano. Entretanto não foi superior ao resultado do cenário anterior por não considerar todos os carros da fase 3 assim como aconteceu no cenário 6. Outro ponto importante é que mesmo com acréscimo considerável de veículos na fase 5, os níveis de emissão dos quatro poluentes em estudo mantiveram-se bem abaixo dos níveis da situação atual, conforme ilustrado na figura 5.10. Isso mais uma vez comprova a eficiência tecnológica embarcada nos veículos novos.

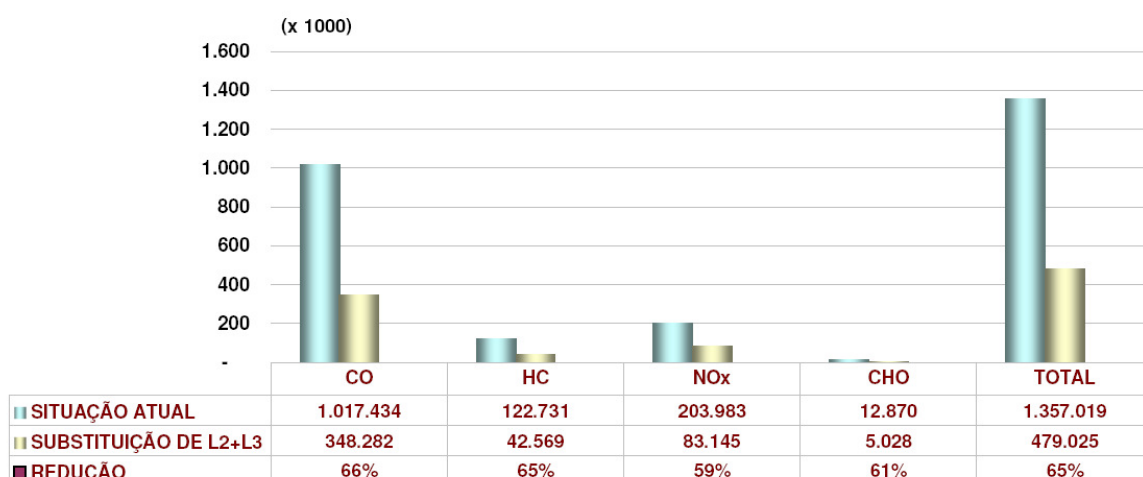


Figura 5.10 – Análise dos níveis de poluentes após a substituição dos veículos das fases 1, 2 e 50% da fase 3.

Fonte: Elaboração própria.

CENÁRIO 8:

Este último cenário foi elaborado para mostrar qual o comportamento dos níveis de emissões se todos os veículos da frota fossem substituídos, independentemente da idade ou da fase do programa que se encontra, por veículos zero quilômetro. O resultado desta condição considerado como ideal é ilustrada na tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Substituição de todos veículos por outros novos adicionados à fase 5.

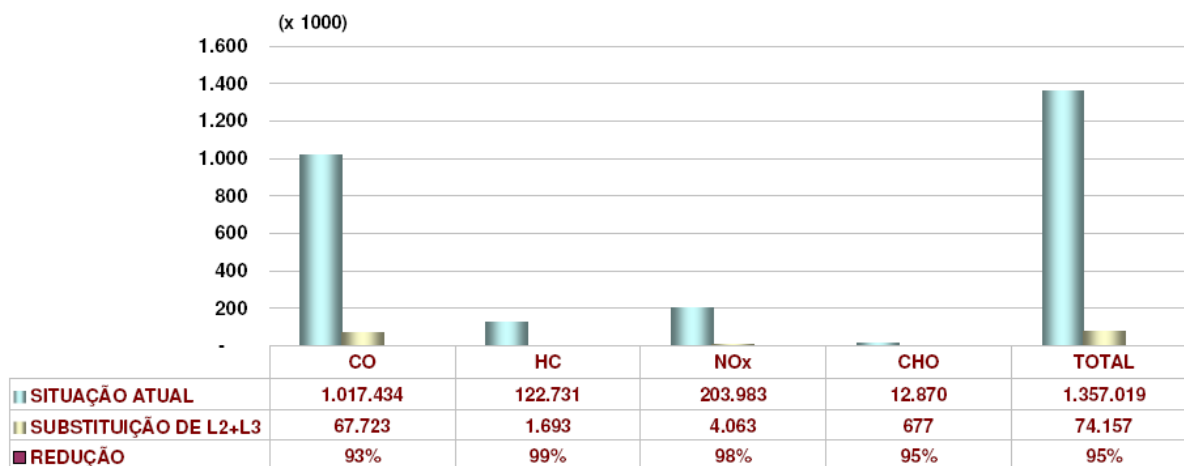
	N	FEI - FATOR DE EMISSÃO [g.(veículo.km) ⁻¹]				km.ano ⁻¹	EF/POLUENTE (t.ano ⁻¹)				EF
		CO	HC	NOx	CHO		CO	HC	NOx	CHO	TOTAL (t.ano ⁻¹)
L1 - 5%		24	2,1	2	-	18.030	0	0	0	-	0
21 ≥ N > 18 anos											
L2 - 17%		12	1,2	1,4	0,15	40.040	0	0	0	0	0
18 ≥ N > 13 anos											
L3 - 46%		2	0,3	0,6	0,03	117.543	0	0	0	0	0
13 ≥ N > 3 anos											
L4 - 17%		2	0,16	0,25	0,03	45.000	0	0	0	0	0
3 ≥ N > 1 anos											
L5 - 10%	4.232.679	2	0,05	0,12	0,02	8.000	67.723	1.693	4.063	677	74.157
Zero Km											
TOTAL - EF/POLUENTE (t.ano⁻¹)							67.723	1.693	4.063	677	74.157

N = Número de veículos

Fonte: Elaboração própria.

O resultado, conforme esperado, foi o melhor índice alcançado em todo o estudo – 95% de redução. Com isso deixariam de ser emitidos aproximadamente 1.300.000 toneladas de poluentes por ano, segundo a metodologia aplicada.

A figura 5.11 apresenta uma análise comparativa dos níveis atuais com os níveis propostos para este cenário onde as reduções dos níveis de emissão foram extremamente positivas para o meio ambiente.

**Figura 5.11** – Análise dos níveis de poluentes após a substituição de todos os veículos usados por veículos novos.**Fonte:** Elaboração própria.

Este cenário ilustra uma condição teórica ideal para a cidade. Na prática diversos são os motivos que impossibilitariam a adoção destes conceitos.

5.4 – Síntese dos resultados

A figura 5.12 apresenta de forma resumida os resultados percentuais obtidos com a aplicação da metodologia *bottom-up* e a criação dos cenários elaborados neste capítulo.

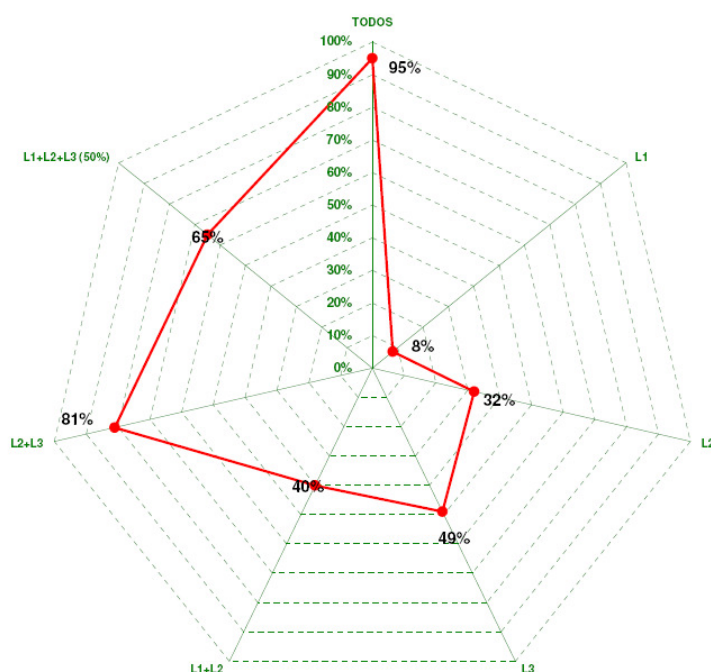


Figura 5.12 – Resumo dos índices obtidos em cada cenário.

Fonte: Elaboração própria.

Analisando pontualmente cada resultado e utilizando cenário 8 como referência pode-se concluir que o cenário que proporcionará melhorias na qualidade do ar da cidade é o cenário 7. No entanto essa escolha se deve ao fato deste cenário ter alcançado o maior percentual de redução e ter se aproximado da condição ideal.

Analisando somente o cenário 6 observa-se que ele atingiu um excelente índice de redução; no entanto na prática, é impossível imaginar a retirada da rua dos veículos com idade entre 3 e 18, permanecendo aqueles com idade superior a 18 anos, assim como acontece no cenário 3. Nessa linha de raciocínio, a escolha pela implantação do cenário 7 seria uma atitude ousada por avançar além das fases 1 e 2, atingindo 50% da fase 3 que são veículos novos e muito comercializados em relação aos veículos da fase 1. Uma decisão mais conservadora, porém consistente, é o cenário 5 que substitui somente os veículos da fase 1 e

2. O cenário 5 apresenta redução de 40% e demonstra ser uma excelente iniciativa para melhoria nas condições atmosféricas da cidade de São Paulo.

Observou-se que os cenários que atingiram os melhores resultados adicionaram parcial ou totalmente os veículos mais velhos do estudo e demonstraram que um dos fatores que provocam o aumento da poluição é a permanência destes veículos na frota. Pode-se explicar este fato analisando inicialmente a pouca tecnologia embarcada nestes veículos. Boa parte desta frota, por questão de projeto ou por falta de manutenção não tem catalisador e não utilizam injeção eletrônica e sonda lambda que são dispositivos fundamentais para a obtenção dos índices atuais. Aqueles que já possuíam catalisadores originais já perderam todas as suas características de funcionalidade, uma vez que a vida útil deste equipamento é de 80.000km de acordo com as especificações do manual do proprietário. Como o motorista não tem o hábito de seguir as recomendações do fabricante, a verdade é que a manutenção preventiva só é feita quando o veículo ainda está na garantia. Após o término desse período as manutenções ocorrerão somente quando o veículo apresentar algum tipo de problema. Assim, a segurança dos passageiros e a proteção ao meio ambiente ficam esquecidas. Manter o carro em bom estado de uso é a melhor forma de manter a segurança e conseqüentemente ajudará muito nas condições tráfego nas ruas. O funcionamento correto do conjunto pode garantir até mesmo economia em consumo de combustível favorecendo o meio ambiente e a saúde das pessoas.

6. Conclusões, recomendações e sugestões para trabalhos futuros

A criação dos cenários é, teoricamente, uma das maneiras de se alcançar o entendimento sobre a grave situação da poluição que a cidade de São Paulo enfrenta a muitos anos.

A metodologia *bottom-up* utilizada pela CETESB é eficaz e permitiu a descoberta de índices exageradamente elevados neste sentido. Sabe-se que estes índices são proporcionais aos demais números que cercam o dia-a-dia da cidade escolhida para estudo. Infelizmente estas informações não são levadas para conhecimento público por meio das autoridades competentes.

Com o intuito de alcançar os objetivos deste tema, inicialmente identificou-se as características da frota: quantidade e idade de acordo com as fases do PROCONVE. Esta iniciativa muitas vezes esbarrou na inconsistência e incoerência dos números, principalmente da frota, que são divulgados pelas diversas entidades governamentais e não governamentais especializadas no tema. Todos admitem que os seus números são oficiais, no entanto nenhum deles possuem o mesmo valor que possa ser adotado como referência segura. Isso porque cada entidade define um critério para coleta e divulgação das informações.

O caótico trânsito da cidade, revelado diariamente nos noticiários, mostra que a quantidade de carros velhos quebrados cresceu 20% no último ano. As quebras ocorrem por diversos motivos, mas podemos afirmar que geralmente são por falta de manutenção. Isso não é privilégio somente dos carros. Caminhões, ônibus, motos, enfim todos agonizando nas ruas da capital provocando engarrafamentos gigantescos aumentando a concentração de poluentes no ar. É importante evidenciar os fatos e esclarecer à sociedade que o carro é um sistema composto por uma série de peças que se desgastam com uso e que precisam ser substituídas por outras novas e de qualidade. Essa questão deve ser vista pelo lado da economia e da segurança também. Muitas mortes poderiam ter sido evitadas se o sistema de freios, por exemplo, estivesse funcionando corretamente.

Diante desses fatos, espera-se que o Programa de Inspeção e Manutenção esclareça e informe à população, carente de informação, os seus reais objetivos e apresente à sociedade os resultados atualizados e consistentes sobre o problema das emissões veiculares. Com base nestas informações espera-se que as autoridades em conjunto com a sociedade elaborem propostas que permitam a retirada de circulação, de forma acelerada, dos veículos leves que chegaram ao fim de sua vida economicamente útil.

Espera-se políticas públicas que permitam facilitar a substituição do velhos por veículos novos, ou seminovos. As montadoras devem participar investindo cada vez mais

na capacitação dos profissionais que trabalham nas suas redes de concessionárias e também nas oficinas especializadas em manutenção e ainda por meio delas deve-se desenvolver um programa de conscientização direcionado aos proprietários de veículos sobre a necessidade da correta manutenção seguindo as especificações do fabricante.

Conscientização política a respeito da redução da carga tributária que incide sobre o conjunto de componentes que controlam as emissões veiculares e que devem ser substituídos ao longo da vida útil do automóvel, a fim de torná-los mais acessíveis a todos os proprietários de veículos automotores.

Aliado a tudo isso deve-se continuar os incentivos ao uso do transporte coletivo e as restrições ao uso dos veículos nos grandes centros, porém novas propostas devem ser elaboradas para que a curto prazo obtenha-se melhorias na qualidade do ar da cidade.

Com intuito de prosseguir com o tema será de grande importância a atualização dos dados divulgados até aqui a partir de fontes seguras, propor novas metodologias para o cálculo das emissões que possam revelar números teóricos e práticos com margens mais confiáveis. Promover por meio de toda comunidade científica a divulgação dos resultados dos trabalhos que vem sendo feito pelo programa de inspeção e manutenção, cuja empresa licitada, no momento é a detentora dos números mais atualizados sobre este tema.

Melhorar a qualidade dos combustíveis e cada vez mais aumentar a fiscalização da rede de postos para que se diminuam as adulterações nos combustíveis atualmente em uso.

Realizar novas pesquisas, por meio da experiência internacional, que proponham soluções ambientalmente corretas no sucateamento dos veículos inutilizados. Desenvolver novas tecnologias que reduzam cada vez mais os níveis de emissões veiculares. Dentre estas novas tecnologias inclui-se o uso de combustíveis alternativos que devem sair da teoria e começar a ganhar espaço no dia-a-dia da sociedade.

Recomenda-se ainda que os próximos estudos e futuros resultados a serem alcançados não fiquem restritos somente à comunidade científica e às entidades responsáveis envolvidas neste assunto, mas que os mesmos possam chegar ao conhecimento da sociedade como um todo a fim incentivar a população a contribuir com novas ações ambientais que favoreçam a redução dos níveis de poluentes favorecendo a saúde e melhorando a expectativa de vida das pessoas que vivem nas cidades atingidas por este problema.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Demetrius Henrique Cardoso de. Mudanças Climáticas: Premissas e Situação Futura. Ed. LCTE. São Paulo., 2007.

ÁLVARES JR., Olímpio; LACAVA, Carlos Ibsen Vianna; FERNANDES, Paulo Sérgio. Emissões Atmosféricas. Senai/DN. Brasília, 2002

BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. Ed. Prentice Hall, São Paulo, 2002.

CANÇADO J.E; BRAGA, A; PEREIRA, L.A.A.; ARBEX, M.A.; SALDIVA, P.H.N; SANTOS, U.P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica J. , Bras. Pneumol. vol.32 suppl.2 São Paulo May 2006.

CARVALHO, Geraldo Camargo de – Química Moderna – Ed. Scipione, 1995.

CETESB. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2008 [recurso eletrônico], CETESB, 2009.

CURILOV, Rosana, et.al. Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – Estação Centro de Santo André. São Paulo: CETESB, 2006. (Relatório – RCET – 8300/C925c/038258 disponível na Biblioteca da CETESB).

EHRlich, Paul R.; EHRlich, Anne H., tradução de TUNDISI, José. População, Recursos, Ambiente: Problemas de Ecologia Humana. Ed. Polígono da Universidade de São Paulo, 1974.

FAIZ, A.; C.S. Weaver e M.P. Walsh – Air Pollution from Motor Vehicles: Standards and Technologies for Controlling Emissions. The World Bank, Washington, D.C, EUA, 1997.

GOLDEMBERG, José; VILLANUEVA, Luz Dondero. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento (2ª Ed. Revisada). Ed. Universidade de São Paulo, 2003.

HINRICHs, Roger; KLEINBACH, Merlin. Energia e Meio Ambiente - Tradução da 3ª Edição Norte Americana - Ed. Pioneira Thomson Learning, 2003.

HOGAN, Daniel Joseph; et. Al (org.). Migração e Ambiente em São Paulo: aspectos relevantes da dinâmica recente. Campinas: Núcleo de Estudos de População / UNICAMP, 2000.

MOTA, Suetônio. Planejamento Urbano e Preservação Ambiental. Edições UFC. Fortaleza, 1981.

LANDMANN, Marcelo Camili – Estimativa das Emissões de Poluentes dos Automóveis na RMSP Considerando as Rotas de Tráfego – PROCAM (Programa de Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo).

LEGGETT, Jeremy. Aquecimento Global: o relatório Greepeace. Tradução: Lissovsky, Alexandre. Ed. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1992.

LINKE, Renato – Avanços no Controle da Poluição – 8º Encontro Técnico Anual da ASEC – CETESB – São Paulo, 2007.

MANSUR, A. – Carro Elétrico – Revista Época – Edição nº 598 de 02 de novembro de 2009. Pg. 70.

MARIANO, Jacqueline Barboza – Impactos Ambientais do Refino de Petróleo – Ed. Interciência – 2005.

MARTINS, Maria Helena R. B., et.al. Proposta de Reestruturação da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP. São Paulo: CETESB, 2008. (Relatório – RCET – 8300/N663p/0663p disponível na Biblioteca da CETESB).

MATAI, Patrícia H. L. dos Santos. Gestão em UTE's. São Paulo, 2009, p.21. Apostila para disciplina do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE). Licenciamento Ambiental Voltado às Usinas Termoeletricas.

MATAI, P. H. L. S. Apostila elaborada para o curso de Geração Termoeletrica (Educação à Distância) do Instituto de Energia e Eletrotécnica da USP, 2009.

MENDES, Francisco E. - Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves no Brasil - 2004.

MORENO, Manuel Francisco Navarro. Ciências do Ambiente. 19ª Edição. São Paulo. Ed. Plêiade, 1997.

NEHMI, Victor A. – Materiais Combustíveis, Plásticos e Cerâmicos – 1ª Edição Distribuidor Disal, 1993.

PINHEIRO, Antônio Carlos F. B.; MONTEIRO, Ana Lúcia da F. B. P. André. Ciências do Ambiente: Ecologia, Poluição e Impacto Ambiental. Ed. Makron. São Paulo, 1992.

Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo. Regiões Metropolitanas do Estado de São Paulo. Imprensa Oficial, 2008.

Secretaria de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo – Balanço Energético. Imprensa Oficial, 2008.

SZWARCFITER, Lila – Opções Para o Aprimoramento do Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos por Veículos Leves no Brasil: Uma Avaliação do Potencial de Programas de Inspeção e Manutenção e de Renovação Acelerada da Frota – Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, 2004.

WELLBURN, Alan. Air Pollution and Climate Change: the biological impact. 2nd Edition. Ed. Longman. England, 1988.

URLs CONSULTADAS

<http://www.der.sp.gov.br/institucional>
Sistema Rodoviário do Estado de São Paulo. Acesso em 09/08/09.

<http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/historico.asp>
CETESB – Histórico Institucional. Acesso em 17/08/09.

http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padres.asp
CETESB – Qualidade do Ar – Informações. Acesso em 22/08/09.

<http://www.conpet.gov.br/quioto/>
CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - Protocolo de Quioto. Acesso em 18/08/09.

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007>
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Contagem da População. Acesso em 12/10/09.

http://www.pitu.stm.sp.gov.br/sintese_od_2007.pdf
PITU – Plano Integrado de Transportes Urbanos – Secretaria dos Transportes Metropolitanos de São Paulo – Acesso em 20/10/09.

<http://www.br.com.br>
Portal BR – PETROBRÁS Distribuidora – Combustíveis – Acesso em 03/11/09.

<http://www.controlar.com.br>
CONTROLAR – Inspeção Veicular – Acesso 07/11/09.

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>.
RESOLUÇÃO CONAMA 03/90 encontrada em Último acesso em 01/06/09

[http:// www.ecologica.com.br/index.html](http://www.ecologica.com.br/index.html). Acesso em maio de 2009.

<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lila.pdf>

8 – ANEXOS

ANEXO 1 – Resolução CONAMA nº 256 – 30/06/1999.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, alterado pelo Decreto 2.120, de 13 de janeiro de 1997, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e, considerando que a emissão de poluentes por veículos automotores contribui para a contínua deterioração da qualidade ambiental, especialmente nos centros urbanos;

Considerando a necessidade de implementação de medidas para a efetiva redução das emissões de poluentes por veículos automotores;

Considerando que as altas concentrações de poluentes - gases e partículas inaláveis – nos grandes centros urbanos resultam no incremento das taxas de morbidade e mortalidade, por doenças respiratórias, da população exposta, especialmente entre crianças e idosos;

Considerando que uma grande parcela de veículos da frota em circulação emite poluentes acima dos níveis aceitáveis;

Considerando que a manutenção adequada dos veículos automotores contribui significativamente para a redução das emissões de poluentes - gases e partículas inaláveis - bem como da poluição sonora;

Considerando que as resoluções do CONAMA de nos 1 de 16 de fevereiro de 1993, 7 de 31 de agosto 1993, 8 de 10 de outubro de 1993, 16 de 13 de dezembro de 1995, 18 de 13 de dezembro de 1995, 227 de 19 de dezembro de 1997, 251 de 12 de janeiro de 1999 e 252 de 1 de fevereiro de 1999 estabelecem padrões de emissão para os Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M, definem competências para estados e municípios, como executores dos Planos de Controle da Poluição por Veículos em Uso - PCPV, assim como estabelecem a forma e a periodicidade das inspeções de emissão de poluentes e ruído;

Considerando as diretrizes estabelecidas pela Resolução do Conselho Nacional de Trânsito CONTRAN nº 84 de 19 de novembro de 1998 para inspeções de segurança veicular;

Considerando os artigos 104 e 131, entre outros dispositivos, da Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro - CTB;

Considerando, outrossim, que os Programas de I/M devem ser instituídos pelos órgãos ambientais dos estados e municípios no menor prazo possível a partir desta data,

RESOLVE:

Art. 1º A aprovação na inspeção de emissões de poluentes e ruído prevista no Artigo n.º 104 da Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro - CTB é exigência para o licenciamento de veículos automotores, nos municípios abrangidos pelo Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso - PCPV, nos termos do Artigo 131, parágrafo 3º, do CTB.

Parágrafo único. Nos termos desta Resolução, caberá aos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente a responsabilidade pela implementação das providências necessárias a consecução das inspeções de que trata o "caput" deste artigo.

Art. 2º Fica concedido o prazo de 18 meses, a partir da data da publicação desta Resolução, para que estados e municípios atendam ao disposto nas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, em especial às de nos 7, de 31 de agosto de 1993 e 18, de 13 de dezembro de 1995, elaborando, aprovando e publicando os respectivos PCPV, e implantando os programas de inspeção e manutenção de veículos em uso - I/M definidos no PCPV.

§ 1º Na hipótese da entidade governamental optar pela execução indireta, fica estabelecido um prazo adicional de 01 (um) ano, prorrogável por mais seis meses, para a efetiva implementação do Programa de I/M.

§ 2º O Ministério do Meio Ambiente, por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, fiscalizará o disposto no "caput" com vistas ao cumprimento dos prazos, auxiliando os Órgãos Seccionais e Locais do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA que venham a encontrar dificuldades técnicas, administrativas ou jurídicas para a consecução dos objetivos desta Resolução.

§ 3º Vencido o prazo estabelecido no "caput" sem que os órgãos executores tenham conseguido atender às metas ou, antes disso, a pedido dos estados e municípios participantes dos estudos do PCPV, o IBAMA assumirá a tarefa de desenvolver o PCPV e/ou implantar o

Programa de I/M, realizando todos os atos e formalidades técnicas, administrativas e jurídicas necessários.

§ 4º O IBAMA terá prazos idênticos aos definidos no "caput" a partir da data que assumir os serviços descritos no parágrafo anterior.

Art. 3º Os órgãos integrantes do SISNAMA, executores de Programas de I/M, poderão fixar a cobrança de percentual no valor de até quinze por cento das tarifas cobradas pelos executores indiretos do serviço, a ser destinada a fundos ou despesas para a preservação e proteção do meio ambiente e/ou para a cobertura dos custos efetivamente incorridos por força da presente Resolução.

Parágrafo único O percentual de que trata o "caput" será destinado, em partes iguais, aos órgãos estaduais (cinquenta por cento) e municipais (cinquenta por cento) de meio ambiente participantes do programa, descontadas eventuais despesas acordadas com terceiros referentes aos serviços de I/M e não cobertas pelo contratado, quando for o caso, conforme detalhamento de direitos e obrigações a serem estabelecidos entre as partes.

Art. 4º Os PCPV estabelecerão as frotas-alvo, por municípios, nos termos do artigo 4º e respectivos parágrafos da Resolução CONAMA n.º 7, de 1993, com base no comprometimento ambiental causado pelo tipo de frota.

§ 1º Os veículos integrantes de frotas de municípios com Programas de I/M devem ser inspecionados na circunscrição do Programa de I/M ao qual pertence o município.

§ 2º Os PCPV poderão estabelecer condições para circulação das frotas de ônibus e caminhões, oriundos de municípios não incluídos em Programas de I/M.

§ 3º O CONAMA regulamentará, mediante Resolução complementar à presente, as condições de circulação para outros veículos, oriundos de Municípios não incluídos em Programas de I/M.

§ 4º As condições previstas no parágrafo 2º deste artigo somente poderão ser implementadas caso existam postos de inspeção de I/M nas vias de acesso às regiões cobertas por Programas de I/M, a fim de inspecionar os veículos de tais frotas, cujos veículos aprovados nas inspeções serão liberados para circular em qualquer área coberta por Programa de I/M.

§ 5º O disposto nos parágrafos 2º e 3º deste artigo aplica-se exclusivamente aos veículos licenciados em municípios onde o Programa de I/M não tenha sido implantado.

Art.5º Os Programas de I/M instituídos e implantados para atender às Resoluções do CONAMA serão implementados de forma harmônica e em um único nível de competência entre o Estado e seus Municípios, princípio que também deve reger a elaboração dos PCPV.

§ 1º Caberá ao órgão estadual de meio ambiente, em articulação com os órgãos municipais de meio ambiente envolvidos, a elaboração dos respectivos PCPV's;

§ 2º Caberá ao órgão estadual de meio ambiente, em articulação com os órgãos ambientais envolvidos, conforme definido no PCPV, a responsabilidade pela execução de Programas de I/M.

§ 3º Os municípios, com frota total igual ou superior a três milhões de veículos poderão implantar Programas próprios de I/M, mediante convênio específico com o Estado.

Art. 6º O início efetivo das inspeções de emissões de poluentes e ruído será formalmente comunicado pelo poder público responsável ao órgão executivo de trânsito do Estado para que este adote as medidas previstas nos parágrafos 2º e 3º do artigo 131 do Código de Trânsito Brasileiro.

Parágrafo único. Para que os órgãos executivos de trânsito dos Estados possam operacionalizar os procedimentos de sua competência no Programa I/M, os órgãos ambientais executores deverão fornecer as seguintes informações:

- I. das multas ambientais aplicadas aos veículos;
- II. dos veículos aprovados nas inspeções de emissões de poluentes e ruído.

Art. 7º As inspeções serão realizadas por profissionais regularmente habilitados em cursos de capacitação específicos para Programas de I/M.

Art. 8º O inspetor de controle de emissões veiculares, para atuar em uma estação, deve atender aos seguintes requisitos:

- I. Possuir carteira nacional de habilitação;
- II. Ter escolaridade mínima de segundo grau;
- III. Ter curso técnico completo em automobilística ou mecânica, ou experiência comprovada no exercício de função na área de veículos automotores superior a um ano.

ANEXO 2 - Aspectos técnicos e diretrizes e avaliação dos objetivos do PROCONVE

As diretrizes e os objetivos do programa consideram os seguintes itens:

- Promover o desenvolvimento tecnológico nacional: o PROCONVE estimulou o desenvolvimento tecnológico a partir da necessidade de atendimento aos limites de emissão pelos fabricantes de veículos.

Exemplos: Implantação de catalisadores de três vias e eletrônica avançada embarcada; Desenvolvimento de métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; e incentivo à pesquisa dos biocombustíveis.

- Criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso: ainda não atendido. Apenas os Estados do Rio de Janeiro e a cidade de São Paulo vêm desenvolvendo esse tipo de medida, que é amplamente utilizada internacionalmente devido aos seus bons resultados.

- Promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos: o PROCONVE realizou campanhas educativas e de divulgação e adota um “selo” que acompanha toda propaganda dos veículos abrangidos pelo Programa. Contudo, ainda não são disponibilizadas de forma transparente informações que permitam a comparação por parte do consumidor dos níveis de emissões dos veículos homologados, como ocorre em diversos países.

- Estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados: os atuais inventários de emissões e a rede de monitoramento possibilitam de forma ainda restrita a avaliação do Programa.

- Promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos: está sendo conduzido pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Todos os combustíveis, inclusive os de ensaio, são objeto de especificação técnica e de fiscalização constante.

Exemplo: a redução nos teores de enxofre do óleo diesel tem sido encarada recentemente como prioritária, visto que é um elemento importante na contaminação dos catalisadores e de filtros avançados, necessários para atender às próximas fases do PROCONVE para veículos pesados. Esta redução já está sendo realizada gradativamente, a partir de especificações acordadas e da capacitação do parque de refino nacional para atender às futuras demandas.

Aspectos técnicos

Os aspectos técnicos do PROCONVE consideram os seguintes itens:

- Definição de combustíveis de referência representativos dos combustíveis comerciais para utilização nos ensaios de homologação, porém com características técnicas mais severas objetivando garantir a reprodutibilidade dos testes.
- Sugestão da melhoria das características técnicas dos combustíveis comerciais, envolvendo medidas como o banimento do chumbo na gasolina e a redução dos teores de enxofre nos combustíveis para viabilizar o uso de catalisadores.
- Implementação de programas de Inspeção e Manutenção (I/M).
- Implementação de medidas voltadas para a informação do público e dos serviços de reparação dos veículos quanto à importância de operar e manter o veículo em condições adequadas.
- Adoção de procedimentos reconhecidos internacionalmente para ensaio de veículos e motores e medição de poluentes.
- Adoção de limites de emissão gradualmente mais restritivos.
- Homologação de protótipos dos veículos novos.
- Exigência de requisitos mínimos de durabilidade dos sistemas de controle de emissão.
- Controle de conformidade das linhas de produção e da importação de produtos homologados.
- Responsabilização legal do fabricante e importador pelas informações prestadas para homologação dos protótipos e demais informações exigidas.

As principais opções adotadas para o controle de emissões veiculares:

- Tecnologias voltadas para otimização da combustão no motor - Injeção eletrônica, ignição eletrônica mapeada – outros benefícios além da redução das emissões.
- Sistemas de contenção das emissões – recirculação dos gases de cárter e de escapamento e o controle das emissões evaporativas.
- Sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento – conversores catalíticos, filtros para partículas e componentes acessórios.
- Mudanças nos combustíveis – restrições ao uso do chumbo (gasolina), redução do teor de enxofre, adição de oxigenados (gasolina), redução dos teores de aromáticos/olefinas, ajuste da curva de destilação, uso de aditivos, aumento do índice de cetana (diesel), etc.

ANEXO 3 – DIRETRIZES DO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO – I/M

Legislação específica do programa I/M SP (Fonte - URL VIII):

1. CONAMA - **Resolução nº. 7 de 31/08/93** - Diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de Programas de Inspeção de Veículos em Uso e delega sua execução para Estados e Municípios.
2. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo) – **Decreto nº 34.099 de 14/04/94** – Estabelece a criação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso no Município de São Paulo.
3. PMSP – **Lei nº. 11.733/95** – Regulamentação sobre as normas de concessão do serviço de I/M - SP
4. PMSP – **Lei nº. 12.157/96** – Alterações no programa I/M – SP
5. CONAMA – **Resolução 251/99** – Estabelece os critérios, procedimentos e limites máximos de emissões para os veículos a diesel.
6. CONAMA – **Resolução 252/99** – Estabelece os limites máximos de ruído para os veículos automotores.
7. CONAMA – **Resolução 256/99 (Anexo 2)** – Adaptações nos Programas de I/M em função da Resolução 84/98 do CONTRAN e da Lei nº. 9.503/97, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro - CTB. A Lei Federal nº. 10.203/01, ratificou disposição da Resolução 256/99, confirmando a competência municipal para implantação do Programa I/M em municípios com frota maior que três milhões de veículos, e regulou a harmonização deste Programa com o futuro Programa de Inspeção de Segurança Veicular.
8. PMSP – **Lei nº 14.717/08** introduziu alterações na **Lei nº11.733/95**.
9. PMSP – **Decreto Nº 50.232/08** – Portarias: 079/SVMA-G/2008 e 080/SVMA-G/2008 de 18/11/08. Regulamentação do Programa I/M – SP.

10. A inspeção de veículos do ciclo Otto é realizada conforme Resolução CONAMA n.º 07/93 e Portaria n.º 04/SVMA-G/2009 e segue os seguintes passos:

PRÉ-INSPEÇÃO VISUAL

Dela fazem parte:

- Verificação da compatibilidade com o cadastro do DETRAN, no tocante a: cor, combustível, categoria, marca/modelo. Caso veículo apresente pelo menos uma das irregularidades acima, o veículo é considerado REJEITADO, não podendo realizar a inspeção, recebendo então, o respectivo Relatório de Inspeção.

- Pré-inspeção visual: antes de iniciar a inspeção, o Inspetor deverá proceder a uma pré-inspeção visual do veículo para verificar se o mesmo está apto a ser inspecionado onde serão verificados: funcionamento irregular do motor, emissão de fumaça visível (exceto vapor d'água), Vazamentos aparentes (lubrificante: gotejamento/combustível/água), alteração do sistema de escapamento (corrosão excessiva, furos, falta de componentes). Caso o veículo apresente pelo menos uma das irregularidades acima, o veículo será considerado REJEITADO, não podendo iniciar os procedimentos de inspeção, sendo então, emitido o Relatório de Inspeção.

INSPEÇÃO VISUAL

Caso o veículo não tenha sido rejeitado, será encaminhado para a inspeção visual. Na inspeção visual, serão verificados a existência e o estado aparente dos itens de controle de emissão, previstos para a respectiva marca/modelo/ano do veículo:

- Sistema PCV (ventilação positiva do cárter) ausente ou danificado;
- Fixação, conexões e mangueiras do sistema PCV, irregulares;
- Sistema EGR (recirculação de gases de escapamento) ausente ou danificado;
- Fixação, conexões e mangueiras do sistema EGR, irregulares;
- Cânister ausente ou danificado;
- Fixação, conexões e mangueiras do cânister, irregulares;
- Presença, tipo de aplicação, estado geral, verificação do conteúdo e fixação do catalisador, irregular;
- Presença, fixação e conexão elétrica de sonda lambda, irregulares;

- Sistema de injeção de ar secundário ausente ou danificado;
- Fixação da bomba e/ou conexões do sistema de injeção de ar secundário, irregulares.

Caso veículo apresente pelo menos uma das irregularidades acima, o veículo é considerado REPROVADO, porém mesmo assim é submetido à medição das emissões dos gases. Antes de iniciar a medição das emissões de gases, o veículo pode ser selecionado para ser submetido à inspeção de ruído.



Figura 1 – Inspeção visual realizada no posto “Controlar Aricanduva” em 07/2009.

Fonte: Elaboração própria.

MEDIÇÃO DE GASES

No veículo que for movido por mais de um combustível, serão efetuados os testes com cada um dos combustíveis. Antes da medição das emissões de gases, deve-se determinar a verificação da rotação de marcha lenta. Se o valor encontrado para a marcha lenta estiver fora da faixa especificada, o veículo é considerado REPROVADO, porém mesmo assim é submetido à medição das emissões dos gases.

Os itens abaixo determinam os procedimentos a serem seguidos para a execução das medições de emissões de gases que é orientada pelo software instalado no computador do equipamento:

- Posicionamento da sonda no escapamento do veículo.



Figura 2 – Inspeção veicular realizada no posto “Controlar Aricanduva” em 07/2009.

Fonte: Elaboração própria.

- Previamente à medição dos gases de escapamento, deverá ser realizada a descontaminação do óleo do cárter mediante a aceleração em velocidade angular constante, de 2500 ± 200 RPM, sem carga e sem uso do afogador, durante um período mínimo de 30 segundos;
- Após a descontaminação de 30 segundos, o equipamento inicia automaticamente a medição dos níveis de concentração de CO, HC e diluição dos gases de escapamento do veículo a $2500 \text{ RPM} \pm 200 \text{ RPM}$, sem carga.

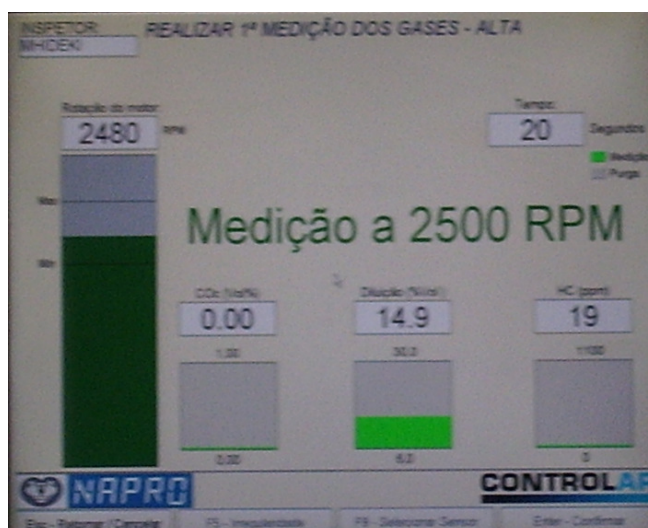


Figura 3 – Tela do Computador durante a inspeção no posto “Controlar Aricanduva”.

Fonte: Elaboração própria.

- Se os valores medidos atenderem aos limites estabelecidos, o motor deverá ser desacelerado e novas medições deverão ser realizadas sob o regime de marcha lenta. Em caso de aprovação, será emitido o certificado de Aprovação do Veículo.

- Se os valores de CO e HC medidos em regime de 2500 ± 200 RPM após a descontaminação de 30 segundos, não atenderem aos limites estabelecidos, o motor deverá ser mantido em aceleração por um período total de até 180 segundos, durante o qual o equipamento deverá efetuar medições sucessivas dos níveis de concentração de CO, HC e diluição dos gases de escapamento.
- Tão logo o equipamento obtenha resultado que possibilite a aprovação do veículo durante o limite de 180 segundos, o motor deverá ser desacelerado e novas medições deverão ser realizadas sob o regime de marcha lenta. Se, depois de decorrido o tempo de 180 segundos, os resultados das medições ainda estiverem acima dos limites, o motor deverá ser desacelerado e o veículo considerado REPROVADO.

A figura abaixo ilustra o certificado de aprovação do veículo após a passagem por todas etapas da inspeção.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO - SVMA
PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO
DE VEÍCULOS EM USO - IM/SP
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
ANO EXERCÍCIO 2009
 Selo n.º: 5050900639751

Marca/Modelo: VW/GOL 1.0	Renavam n.º: 904494101
Placa: HFR1186	Ano Fab./Mod.: 2006 / 2007
Categoria: PARTICULAR	Combustível: ALCO/GASOL
Inspetor: MHIDEKI	Centro: 505
Equipamento: NO1 0161601	Data: 10/07/2009 Hora: 07:19:09

Medição de Gases

Limites			
Marcha Lenta	COc (%Vol)	Diluição (%Vol)	HC (ppm)
600/1200 RPM	1.00	mínimo 8%	1100

Líquido	Valores Medidos			
	RPM	COc	Diluição	HC
1ESC	900	0.00	15.1	7
	2500 RPM	0.00	15.0	19

O licenciamento será liberado em 48 horas. O Meio Ambiente agradece.

Figura 4 – Certificado de aprovação após o término da inspeção.

Fonte: Elaboração própria.