



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE EMISSÕES DE VEÍCULOS
DIVISÃO DE PESQUISA E CERTIFICAÇÃO DE VEÍCULOS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA

REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA

VOL. 26:3 - JUL/SET/87

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Finkeiros
05489-900 - SÃO PAULO - BR. SP

INVENTÁRIO DE EMISSÃO VEICULAR

METODOLOGIA DE CÁLCULO

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Luiz Antonio Fleury Filho

Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Édis Milaré

Secretário

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Nelson Vieira de Vasconcelos

Diretor-Presidente

Antonio Martins de Albuquerque

Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Carlos Pedro Jens

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

José Maria Lopes

Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Lineu Rodrigues Alonso

Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Ricardo Augusto Grecco Teixeira

Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos

Diretor de Controle da Poluição do Interior

PUBLICADO NA REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA
VOL. 26:3 - JUL/SET/87

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA

INVENTÁRIO DE EMISSÃO VEICULAR - METODOLOGIA
DE CÁLCULO

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

Eng^o Eduardo Mascarenhas Murgel
Eng^o Alfred Szwarc
Eng^a Maira Daise S.R. Santos
Eng^o Gabriel Murgel Branco
Eng^o Homero Carvalho

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459 - SP
PABX 210-1100 - Ramal 459

RESUMO CURRICULAR

EDUARDO MASCARENHAS MURGEL - Engenheiro Mecânico pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, há dois anos atuando na área de controle da poluição causada por veículos automotores. Ocupa atualmente o cargo de Engenheiro na Divisão de Fontes Móveis da GPAR - Gerência de Pesquisas de Ar e Ruído da CETESB, onde desenvolve estudos sobre a emissão de veículos automotores, automação do laboratório de emissão veicular, desenvolvimento de softwares específicos e elaboração de normas técnicas.

ALFRED SZWARC - Engenheiro Mecânico pela Escola de Engenharia de Taubaté em 1975, obteve o Grau de Mestre em Ciências pela Universidade de Leeds, Inglaterra, em 1977 e foi bolsista do Programa Hubert. H. Humphrey de Intercâmbio Técnico Brasil - E.U.A., tendo desenvolvido estudos na Universidade do Sul da Califórnia e diversos estágios profissionais no período 1984/85. Atualmente ocupa o cargo de Gerente de Pesquisas de Ar e Ruído na CETESB, empresa onde trabalha desde 1978, desenvolvendo diversas atividades, no campo do Controle da Poluição Ambiental, tendo ainda vários trabalhos publicados.

MAIRA DAISE DA SILVA RIBEIRO DOS SANTOS - Engenheira Química pela Escola Superior de Química Oswaldo Cruz, atua a um ano na área de controle de veículos automotores. Ocupa o cargo de Engenheira da Divisão de Fontes Móveis da GPAR - Gerência de Pesquisas de Ar e Ruído da CETESB.

GABRIEL MURGEL BRANCO - Engenheiro Mecânico pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1971, iniciou as atividades no campo da Engenharia Automotiva no Departamento de Engenharia de Motores da Ford do Brasil em 1972.

Desde 1976 vem desenvolvendo na CETESB diversas atividades no campo do Controle da Poluição do Ar, ocupando ainda cargos de Chefe de Divisão, Gerência e atualmente, Assistência Técnica na Diretoria de Pesquisa. É coordenador do Programa de Controle de Poluição Veicular da CETESB tendo vários trabalhos publicados.

HOMERO CARVALHO - Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena, há onze anos atuando na área de Controle do Meio Ambiente, sendo que nos últimos quatro anos trabalha exclusivamente no controle da poluição causada por veículos automotores.

Atualmente ocupa o cargo de Chefe de Divisão de Fontes Móveis da GPAR - Gerência de Pesquisas de Ar e Ruído da CETESB.

RESUMO

A poluição do ar nos grandes Centros Urbanos torna-se cada dia mais crítica, causando grandes danos e prejuízos à população. Das diversas fontes de poluição do ar, algumas das mais graves são aquelas devidas aos veículos automotores.

Para se estabelecer metas e estratégias de controle ambiental, é necessário que se avalie a contribuição de cada fonte no total das emissões. O instrumento utilizado para isso é o Inventário de Emissão Veicular (IEV), cuja técnica de elaboração, criada pela CETESB, é descrita nesse trabalho.

O método é exemplificado com o IEV da Região Metropolitana de São Paulo, referente a 1985, que mostrou que os veículos movidos a gasolina são os grandes responsáveis pela emissão de Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos, enquanto que os veículos movidos a óleo Diesel são os grandes contribuintes nas emissões de óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre.

Pretende-se, divulgando essa técnica, que sejam elaborados IEV nos diversos centros urbanos brasileiros, trazendo uma maior conscientização do problema, e fornecendo importantes dados às instituições responsáveis pelo controle ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um dos problemas mais sérios das sociedades contemporâneas com o qual convivemos, sofrendo em consequência toda a sorte de danos e prejuízos, fartamente descritos na literatura especializada.

Como decorrência da poluição atmosférica, vários padrões de qualidade do ar estabelecidos em lei no Brasil e alguns outros recomendados por instituições internacionais, vêm sofrendo violações frequentes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), tanto em termos de concentração do poluente no ar atmosférico, quanto em termos do número de violações por ano.

Os resultados do monitoramento contínuo da qualidade do ar na R.M.S.P. mostram claramente que esta região sofre de problemas crônicos* de material particulado (M.P.), óxidos de nitrogênio (NOx), dióxido de enxofre (SO₂) e hidrocarboneto (HC), além de estar sujeita a problemas agudos** de monóxido de carbono (CO) e de oxidantes fotoquímicos, expressos como ozona (O₃), estes últimos gerados pela combinação das emissões de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio em presença de radiação ultravioleta.

Tomando-se como referência o ano de 1981, a análise dos dados obtidos pela CETESB, apontou os veículos automotores como a principal fonte de CO (96% do total emitido na R.M.S.P.), de HC (83%) e NOx (89%) sendo também fonte significativa de SOx (26%) e de MP (24%).

Uma análise deste tipo, indicou que é imprescindível a implantação de um programa agressivo de controle de emissões veiculares, visto que a partir do início do programa a solução do problema é lenta, pois é necessário pelo menos uma década para a substituição da frota de veículos existente por uma frota de veículos com emissão reduzida.

Como resposta a este diagnóstico, a CETESB apresentou à Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, em 1985, um anteprojeto visando o controle das emissões veiculares que, com algumas modificações, transformou-se em 06/05/86 na Resolução nº 18 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Assim ficou instituído o PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores para todo o território nacional.

Uma das ferramentas mais úteis para a avaliação da contribuição dos veículos automotores para a poluição do ar é o Inventário de Emissão Veicular (IEV). Este inventário nada mais é do que o levantamento da emissão de poluentes pela frota de veículos automotores, segundo uma metodologia adequada, na região a ser estudada.

* (referentes às altas médias anuais)

** (relativos às ultrapassagens diárias dos padrões)

O objetivo do inventário é fornecer uma estimativa quantitativa e qualitativa das emissões, que poderá ser utilizada como indicador da eficácia das ações preventivas ou corretivas tomadas dentro do âmbito do PROCONVE, bem como em estudos de avaliação da qualidade ambiental relacionada a cada tipo de fonte de emissão.

Este trabalho pretende apresentar a metodologia utilizada pela CETESB para a elaboração do IEV referente a 1985, para a RMSP.

Pode-se utilizar esta metodologia para outras regiões desde que os parâmetros básicos necessários para os cálculos sejam representativos da região em estudo.

A adoção direta das informações contidas neste estudo em outras regiões deve ser criteriosamente avaliada, devendo ser feitas as devidas ressalvas quando necessário.

2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A seguir, são definidos alguns termos de uso específico utilizados neste trabalho:

- Ano - modelo: refere-se ao total existente dos veículos fabricados num determinado ano.
- Configuração de veículo: é a combinação única de motor, sistema de transmissão e carroceria (inércia e resistência ao movimento).
- Fator de emissão: o fator de emissão (FE) é um valor de emissão obtido através de cálculos teóricos ou medições reais, sendo específico para um dado poluente e típico de um determinado modelo, classe ou frota de veículos. É expresso em gramas do poluente por quilômetro rodado.
- Veículo leve: compreende automóveis, camionetas e furgões com massa inferior a 2.800 kg e com capacidade para transportar até 12 passageiros.

3. FONTES DE EMISSÃO VEICULAR

Num veículo automotor temos a emissão de gases e partículas pelo tubo de escapamento, vapores através do sistema de alimentação de combustível, gases e vapores pelos respiros do cárter e de partículas originadas do desgaste de pneus e freios.

A emissão de gases e partículas pelo tubo de escapamento é devida às reações químicas associadas ao processo de combustão que ocorre no motor. Os poluentes emitidos compreendem CO, HC, NOx, SOx, MP e outros que não estão considerados neste trabalho, como aldeídos, ácidos orgânicos, álcoois, etc. Vale dizer que a emissão de SOx é função do teor de enxofre do combustível e que, no caso do uso do álcool, esta emissão é desprezível visto que o teor de enxofre neste combustível é praticamente nulo.

A emissão de vapores através dos respiros, juntas e conexões do sistema de alimentação de combustível, é denominada emissão evaporativa e basicamente depende da volatilidade do combustível e das condições ambientais.

Os gases e vapores emitidos pelo respiro do cárter são conhecidos como emissão do cárter. Esta emissão é devida ao vazamento de gases de combustão e frações de combustível não queimado pelos anéis de vedação dos pistões durante os períodos de compressão e explosão do motor e se caracteriza pela grande concentração de HC. Além disso, vapores de óleo lubrificante e seus produtos de destilação e pirólise são também constituintes da emissão do cárter.

A emissão de material particulado, além daquela gerada no processo de combustão, também ocorre devido ao desgaste de pneus e de pastilhas ou lonas de freios. No caso dos freios, há poucas informações disponíveis de modo que este item não será considerado neste trabalho. Entretanto, pode-se dizer que a emissão de MP desta fonte é substancialmente inferior que a produzida pelo desgaste de pneus e que, embora o material de atrito dos freios seja a base de amianto, as partículas emitidas não conservam a forma original de fibra em forma de agulha, o que diminui sensivelmente os riscos à saúde-pública.

4. FATORES DE EMISSÃO

No estabelecimento de um inventário de emissões, o F.E. passa a ser o indicador básico de emissão, sendo interessante exprimi-lo em gramas de poluente emitido por quilômetro rodado (g/km), de modo que ao se associar a este valor a quilometragem rodada, pode-se calcular a emissão em massa do poluente sob consideração.

4.1. Emissão de Escapamento em Veículos Leves

4.1.1. Veículos Novos

A emissão para os veículos leves, novos, é determinada segundo ensaios conforme a norma NBR-6601 - Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina, após o veículo ser amaciado. Esta metodologia é semelhante à vigente nos EUA e foi adotada no Brasil devido às condições de simulação de tráfego serem similares às da RMSP.

Os fatores de emissão para veículos novos que estão apresentados no Quadro 1, referem-se à média dos valores obtidos no Laboratório de Emissão Veicular da CETESB, ponderados proporcionalmente à comercialização de cada configuração de veículo. É interessante notar que houve uma elevação significativa do fator de emissão de HC dos veículos à álcool em razão da maior participação na frota de configurações de veículos com níveis de emissão de HC mais elevados. Esse fenômeno é devido apenas à preferência mercadológica e a inexistência de limites de emissão no período.

4.1.2. Veículos em Uso

Devido o uso do veículo, o desgaste de peças e componentes afeta as características de emissão do motor, aumentando especialmente a emissão de CO e HC.

Uma das maneiras utilizadas para se estimar a emissão de um veículo usado é a aplicação ao valor de emissão do veículo novo de um coeficiente, denominado Fator de Deterioração (FD), que é obtido ensaiando-se o veículo de acordo com a NBR-6601, ao longo da sua vida.

Pelo fato da CETESB ainda não dispor de F.D. para os veículos nacionais, adotou-se neste trabalho a metodologia de cálculo descrita na literatura(1), levando-se em conta para a seleção das equações a similaridade tecnológica de modelos sem controle de emissão. Para os veículos a gasolina, anteriores a 1977, utilizou-se os fatores de deterioração para os modelos pré-1968 dos E.U.A., ou seja:

$$FD_{CO} = \frac{78,27 + 2,5 \times Y}{78,27}$$

$$FD_{HC} = \frac{7,25 + 0,18 \times Y}{7,25}$$

Para os veículos fabricados a partir de 1977, inclusive, utilizou-se os fatores de deterioração dos EUA para os modelos 1968/69, ou seja:

$$FD_{CO} = \frac{56,34 + 2,55 \times Y}{56,34}$$

$$FD_{HC} = \frac{4,43 + 0,25 \times Y}{4,43}$$

onde, $Y = \frac{\text{quilometragem acumulada pelo veículo}}{1,61 \times 10.000}$

O valor de Y foi limitado a 6,27, admitindo-se que após percorridos 100.000 km, o que equivale a 6 anos de uso do veículo em média (vide coluna 2, dos quadros 2 e 3, somando os anos de 85 a 80), passa a ocorrer uma estabilização na degradação.

Para a emissão de NOx, considerou-se não haver deterioração ao longo do tempo ($F.D.NOx = 1$), visto que nos motores sem sistemas de controle, existe uma tendência à diminuição desta emissão devido, principalmente, ao desgaste dos anéis dos pistões com consequente diminuição dos picos de temperatura dentro dos cilindros.

Para CO e HC, o F.E. para uma determinada quilometragem passa a ser:

$$FE = FE \text{ (veículo novo)} \times FD$$

4.2. Cálculo do Fator de Emissão para SOx

O FE para SOx pode ser calculado pela seguinte equação:

$$FE_{(SOx)} = \frac{M_{SO_2} \cdot d \cdot S}{M_S \cdot 100 \cdot C}$$

onde:

d = massa específica do combustível (g/l)
S = porcentagem em peso do enxofre no combustível (%)
C = consumo médio de combustível (km/l)
 M_{SO_2} = massa molecular do SO_2 (64g)
 M_S = massa molecular do S (32g)

Para os veículos a gasolina, considerou-se $S=0,08\%$, $C=7,5$ km/l e $d=755$ g/l.

No caso dos veículos diesel, considerou-se $S = 0,7\%$, $C= 2.0$ km/l e $d = 850$ g/l.

Como já foi dito anteriormente, considerou-se desprezível a emissão de SOx nos veículos a álcool.

4.3. Cálculo do Fator de Emissão para Taxis

Os veículos que prestam serviços como taxis, embora no seu aspecto construtivo sejam similares aos outros veículos, se caracterizam por uma operação diferenciada que pode ser definida, entre outros fatores, pela sua maior quilometragem rodada. Assim, é recomendável que no IEV esta frota seja tratada em separado.

Pelo fato da frota de taxis ser composta por veículos a álcool e a gasolina, o cálculo dos F.E. para cada poluente deve ser feito através de uma média ponderada, considerando-se a participação de cada tipo de veículo na frota de taxis. Este cálculo pode ser feito conforme a equação:

$$FE_t = \frac{a}{100} FE_a + \frac{g}{100} FE_g$$

onde:

FE_t = fator de emissão composto para taxis
 FE_a = fator de emissão para veículos a álcool
 FE_g = fator de emissão para veículos a gasolina
a = porcentagem de veículos a álcool
g = porcentagem de veículos a gasolina

4.4. Cálculo do Fator de Emissão para Motocicletas e Similares

Os veículos de duas rodas, classificados como motocicletas, motonetas e ciclomotores podem ser equipados com motores de 2 tempos ou de 4 tempos que apresentam níveis de emissão diferentes. Como esta classe de veículos é tratada em separado no IEV,

torna-se necessário calcular os FE para cada poluente, considerando-se a participação de cada tipo de motor na frota, o que pode ser feito conforme a equação:

$$FE_m = \frac{d \cdot FE_d}{100} + \frac{q \cdot FE_q}{100} \quad \text{onde,}$$

FE_m = fator de emissão composto para motocicletas e similares

FE_d = fator de emissão para veículos com motor de 2 tempos

FE_q = fator de emissão para veículos com motor de 4 tempos

d = percentual de veículos com motor de 2 tempos

q = percentual de veículos com motor de 4 tempos

4.5 Cálculo do Fator de Emissão para os Gases do Câster

O FE de gases do câster para veículos leves a gasolina, anteriores a 1978, foi estimado através de citações da literatura técnica, que mostram um valor de emissão típico de 1% do volume de ar de admissão do motor. Considerando-se que, nos motores do ciclo Otto, esta proporção se mantenha para o volume de combustível gasto e que o consumo médio do veículo leve brasileiro em trânsito urbano é de aproximadamente 7,5 km/l ou seja, 100 g/km, a vazão em massa de hidrocarbonetos expelido, pelo câster será da ordem de 1 g/km.

Tal FE foi adotado neste trabalho, pois pode ser considerado como comparável ao dos veículos americanos pré-63, sem controle de emissão, que é de 2,5 g/km, visto que aqueles motores tinham 8 cilindros, com volume deslocado da ordem de 5 litros, enquanto que os motores brasileiros são, tipicamente, de 4 cilindros com volume total de 1,5l a 2,5l.

O fator de emissão de gases do câster de 1 g/km de HC refere-se apenas aos veículos fabricados antes de 1978, portanto, esse valor deve ser multiplicado pela fração desses veículos no total da frota movida a gasolina. Para os veículos fabricados a partir de Janeiro de 1978, admite-se uma emissão nula visto que os veículos passaram a ser equipados com sistemas de recirculação de gases do câster.

No caso dos veículos diesel, não se dispõe de dados confiáveis que permitam a sua caracterização, portanto, esta emissão não será avaliada neste trabalho. Entretanto, pode-se dizer que ela é inferior à dos veículos a álcool e gasolina pois no motor diesel durante o período de compressão só existe ar, enquanto que nos motores Otto, existe a mistura ar-combustível que gera frações de combustível não queimado (HC) que vazam para o câster.

4.6. Cálculo do Fator de Emissão da Frota

A existência de uma frota composta por veículos de modelos e idades diferentes requer que se conheça, para a elaboração do FE, o Fator de Emissão da Frota (FE), que representa o valor de emissão característico da frota total de veículos sob consideração, resultante da média ponderada dos FE para cada ano-modelo. A ponderação é feita com base no número de veículos constantes da frota de cada ano-modelo e na distribuição da quilometragem média rodada por tempo de uso do veículo.

O cálculo do FE para a emissão de CO, HC e NOx pelo tubo de escape da frota de veículos leves a gasolina e álcool registrada na RMSP, em 1985, pode ser visualizado através dos quadros 2 e 3. Em ambos os quadros temos 8 colunas que apresentam as seguintes características:

- coluna 1 - refere-se à distribuição da frota por ano-modelo (faixas etárias). Esta distribuição consiste em 12 períodos, sendo 11 representativos de anos-modelo, inclusive do ano base da realização do inventário e 1 período que agrupa os veículos com mais de 11 anos. Esta distribuição foi feita com base em um estudo da CETESB (2) que indicou que a vida média da frota de um determinado ano-modelo é de cerca de 11 anos, sendo que permanecem em circulação veículos desta frota por até 22 anos.
- coluna 2 - refere-se à quilometragem média anual por faixa etária e os valores apresentados foram obtidos em um estudo da CETESB (2). Pode-se observar que os veículos que rodam menos, são geralmente mais velhos pois a sua confiabilidade tende a ser menor.
- coluna 3 - refere-se ao número de veículos registrados na RMSP em cada ano civil, conforme publicação do Ministério dos Transportes (3). Admite-se neste caso que o ano civil coincide com o ano-modelo.
- coluna 4 - representa a participação porcentual de cada ano-modelo na frota total, agrupando-se todos os modelos de veículos fabricados no mesmo ano. Os valores da coluna 4 são calculados com base nos valores da coluna 3, para cada ano-modelo, como segue:

$$* (4) = \frac{(3)}{\Sigma(3)} \times 100$$

- coluna 5 - representa a participação porcentual dos veículos na quilometragem total percorrida. Os valores da coluna 5 são calculados com base nos valores das colunas 2 e 3, para cada ano-modelo como segue:

$$* (5) = \frac{(3) \times (2)}{\Sigma\{(3) \times (2)\}} \times 100$$

- colunas 6, 7 e 8 - referem-se aos FE de CO, HC e NOx para veículos usados, calculados em função dos valores da coluna 2, para cada ano-modelo conforme discutido em 4.1.2.

Multiplicando-se os valores da coluna 5 pelos FE correspondentes ao ano modelo, para cada poluente, e somando-se esses produtos, obtêm-se os respectivos FE.

Este cálculo é assim representado:

$$* \overline{FE} = \Sigma \{ (5) \times (FE) \}$$

* Nota: os números entre parênteses indicam a coluna à qual pertencem os valores para um dado ano-modelo. No caso do FE, este corresponde ao poluente de interesse para o referido ano-modelo.

Neste trabalho se calculou os $\overline{FE}$ somente para a emissão de escape dos veículos leves. Para as demais fontes de emissão, admite-se que os FE utilizados representam os $\overline{FE}$. Todos os FE considerados neste trabalho estão apresentados no Quadro 4.

4.7. Demais Fatores de Emissão

Os FE utilizados para caracterizar a emissão de CO, HC, NOx e MP dos veículos diesel, motocicletas e similares, bem como MP e HC (emissão evaporativa e do cárter) dos veículos leves, foram extraídos da literatura (4) por não se dispor de informações mais confiáveis.

5. MÉDIA GERAL DA QUILOMETRAGEM RODADA

A média geral da quilometragem rodada anualmente ($\overline{km}$), é um parâmetro básico para a elaboração do IEV. Neste trabalho, a $\overline{km}$ para os veículos leves foi obtida pela somatória dos produtos da coluna 2 pela coluna 4, (vide Quadros 2 e 3) para cada ano-modelo.

Este cálculo pode ser expresso pela fórmula:

$$\overline{km} = \Sigma \{ (2) \times (4) \}$$

e representa a maneira mais precisa para se obter a $\overline{km}$. Nos demais casos, os valores adotados para $\overline{km}$ representam informações levantadas pela CETESB, em 1982, junto aos usuários. Todos os valores de $\overline{km}$ utilizados no IEV são apresentados no Quadro 5.

6. FROTA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES

A frota total de veículos automotores considerada na elaboração do IEV foi extraída de um relatório do Ministério dos Transportes (3) e está apresentada no Quadro 6.

Cabe salientar que, para os veículos a gasolina e álcool, o total da frota difere daquele utilizado para o cálculo do FE, pois naquele caso não se considerou camionetas, buggies, tipos não identificados e taxis.

Para os veículos Diesel, considerou-se a participação do total de veículos comerciais leves, de transporte coletivo e de carga.

Tanto para os taxis como para as motocicletas e similares, considerou-se os movidos a gasolina a álcool.

7. INVENTÁRIO DE EMISSÃO VEICULAR

O IEV para a RMSP, em 1985, foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$E_p = FE_p \times km \times N \times 10^{-6}$$

onde,

E_p = emissão do poluente considerado para a frota (t/ano)

FE_p = fator de emissão da frota para o poluente de interesse (g/km).

km = média geral da quilometragem rodada anualmente (km)

N = número de veículos da frota

O Quadro 7 apresenta os valores de emissão calculados para as frotas definidas pelo tipo de veículo em t/ano e o Quadro 8 mostra a contribuição porcentual das diversas fontes de emissão de veículos automotores. Deve-se salientar que, para se avaliar o impacto das emissões veiculares sobre a qualidade do ar, torna-se necessário mostrar também a contribuição das fontes de emissão não veiculares de importância, na região em estudo.

8. COMENTÁRIOS FINAIS

O Procedimento descrito e exemplificado com o Inventário de Emissão Veicular na RMSP, em 1985, pode ser aplicado para outros municípios brasileiros, gerando subsídios importantes para o estabelecimento de estratégias e programas locais para o controle da poluição do ar. É conveniente salientar que o subsídio mais importante, obtido de um inventário de emissões, é a porcentagem de contribuição de cada tipo de fonte de poluição (veicular ou não) no total da região em estudo, estabelecendo a ordem de prioridade e importância do controle das referidas fontes.

Analizando-se os quadros 4, 7 e 8, pode-se concluir que, no controle da poluição do ar por veículos automotores, prioridades devem ser dadas aos seguintes pontos:

- redução da emissão de CO nos veículos leves;
- redução da emissão de HC pelo cano de escapamento nos veículos leves e pesados;
- redução da emissão de HC através do controle da emissão evaporativa de veículos a gasolina;
- redução da emissão de M.P., SO₂ e NOx nos veículos Diesel.

Pode-se notar ainda que o uso de veículos a álcool tende a reduzir as emissões de CO, HC e SOx, embora este efeito apareça exageradamente alto nos quadros apresentados, devido à baixa idade e à ainda pequena participação desses veículos na frota circulante.

A emissão de HC pelo cârter dos veículos a gasolina deve-se aos motores fabricados antes de 1978 e portanto tende a diminuir com o sucateamento da frota anterior ao referido ano e com a continuação de obrigatoriedade do controle da emissão do cârter.

A emissão de M.P. pelo escapamento, a emissão evaporativa e pelo cârter de veículos a álcool, a emissão de cârter nos motores Diesel, o M.P. originado do desgaste dos freios, bem como a emissão de aldeídos por todos os tipos de veículos são fontes de emissão veicular não considerados neste trabalho, contudo, não devem ser desprezados, sendo possível que algumas delas sejam ou venham a ser bastante significativas, o que só poderá ser avaliado após a realização de estudos complementares.

BIBLIOGRAFIA

1. U.S.E.P.A., "Mobile Source Emission Factors", 1981.
2. CETESB, Pesquisa da Frota Circulante, São Paulo, 1982.
3. Ministério dos Transportes/GEIPOT - Frota de Veículos 1985, Brasília, 1986.
4. U.S.E.P.A., "Compilation of Air. Pollution Emission Factors, third Edition, NC, 1977.

Quadro 1 - Fator de Emissão para Veículos Leves Novos (g/km)

Ano Modelo	Álcool			Gasolina		
	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x
até 1983	18,0	1,0	1,0	33,0	3,0	1,4
1984	16,9	1,3	1,1	28,0	2,4	1,3
1985	14,4	1,9	1,2	19,2	2,0	1,6

Quadro 2 - Emissão pelo Tubo de Escapamento da Frota de Veículos a gasolina na RMSP - 1985

ANO MODELO	km Atual	Nº de Veículos	% Veic.	% km	F.E. (g/km)		
					CO	HC	NO _x
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
pre 75	9000	400051	33	25	39,6	3,5	1,4
75	10000	89968	7,4	6,2	39,6	3,5	1,4
76	13000	99844	8,2	8,9	39,6	3,5	1,4
77	13000	92489	7,6	8,3	42,4	4,1	1,4
78	13000	118342	9,8	11,0	42,4	4,1	1,4
79	14000	125720	10,0	12,0	42,4	4,1	1,4
80	14000	99278	8,2	9,6	42,4	4,1	1,4
81	14000	58896	4,9	5,7	41,1	3,9	1,4
82	15000	85459	7,1	8,8	39,8	3,8	1,4
83	17000	26210	2,2	3,1	38,4	3,6	1,4
84	19000	7993	0,7	1,0	31,7	2,7	1,3
85	22000	6856	0,6	1,0	20,4	2,2	1,6
FE					40,5	3,77	1,4

Quadro 3 - Emissão pelo Tubo de Escapamento da Frota de Veículos a Álcool na RMSP - 1985

Ano Modelo	km Atual	Nº de Veículos	%	%	F.E. (g/km)		
					CO	HC	NO _x
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
80	14000	27528	6,9	5,3	23,1	1,4	1,0
81	14000	33332	8,3	6,4	22,4	1,3	1,0
82	15000	26592	6,6	5,4	21,7	1,3	1,0
83	17000	104263	26,0	24,0	20,9	1,2	1,0
84	19000	98609	25,0	26,0	18,8	1,5	1,1
85	22000	110719	28,0	33,0	15,3	2,0	1,2
FE					18,8	1,56	1,09

Quadro 4 - Fatores de Emissão da Frota (g/km)

Fonte de Emissão	Tipo de Veículo	Fator de Emissão (g/km)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP
Cano de Escapamento	Gasolina	40,5	3,77	1,40	0,16	0,21
	Alcool	18,8	1,56	1,09	-	-
	Diesel	17,8	2,90	13,0	5,95	0,81
	Táxi	28,3	2,53	1,23	0,07	0,09
	Motocicleta e Similares	19,8	3,83	0,13	0,09	0,07
Sistema de Alimentação de Combustível	Gasolina	--	2,27	--	--	--
	Motocicleta e Similares	--	0,22	--	--	--
Carter	Gasolina	--	0,48	--	--	--
	Motocicleta e Similares	--	0,37	--	--	--
Pneus	Todos os Tipos	--	--	--	--	0,12

Quadro 5 - Média Geral da Quilometragem Anual

Tipo de Veículo	km/ano
Gasolina	12.000
Álcool	18.300
Diesel	80.000
Táxi	60.000
Motocicletas e Similares	12.000

Fonte: CETESB

Quadro 6 - Frota de Veículos Automotores - 1985

Tipo de Veículo	Número de Veículos na Região Metropolitana de São Paulo
Gasolina	1.717.750
Álcool	499.798
Diesel	153.317
Táxi	30.392
Motocicletas e Similares	133.240
Total	2.534.497

Fonte: "Frota de Veículos de 1985" - GEIPOT

Quadro 7 - Estimativa de Emissão de Veículos Automotores
(t x 1000/ano)

Fonte de Emissão	Tipo de Veículo	Região Metropolitana de São Paulo				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP
Cano de Escapamento	Gasolina	835	77,7	28,9	4,5	4,3
	Álcool	172	14,3	10	0	0
	Diesel	218	35,6	159	73	9,9
	Táxi	52	4,6	2,2	0,13	0,16
	Motocicleta e Similares	32	6,1	0,21	0,26	0,11
Sistema de Alimentação de Combustível	Gasolina	0	46,7	0	0	0
	Motocicleta e Similares	0	0,35	0	0	0
Carter	Gasolina	0	10,0	0	0	0
	Motocicleta e Similares	0	0,6	0	0	0
Pneus	Todos	0	0	0	0	6,4
Total	Todos	1309	196	200	78	21

Quadro 3 - Contribuição Percentual das Fontes de Emissão de Veículos Automotores (%)

Fonte de Emissão	Tipo de Veículo	Região Metropolitana de São Paulo				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP
Cano de Escapamento	Gasolina	63,8	39,7	14,4	5,8	20,6
	Alcool	13,2	7,3	5,0	0	0
	Diesel	16,7	18,2	79,4	93,7	47,4
	Táxi	3,9	2,3	1,1	0,2	0,8
	Motocicleta e Similares	2,4	3,1	0,1	0,3	0,5
Sistema de Alimentação de Combustível	Gasolina	0	23,8	0	0	0
	Motocicleta e Similares	0	0,2	0	0	0
Carter	Gasolina	0	5,1	0	0	0
	Motocicleta e Similares	0	0,3	0	0	0
Pneus	Todos	0	0	0	0	30,7
Total	Todos	100	100	100	100	100

Data Regis:	7/5/93
Indic:	Memo 14/93 DER
Librerie:	26/4/93
Preco:	Cit
Data Tomba:	7/5/93