10.º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

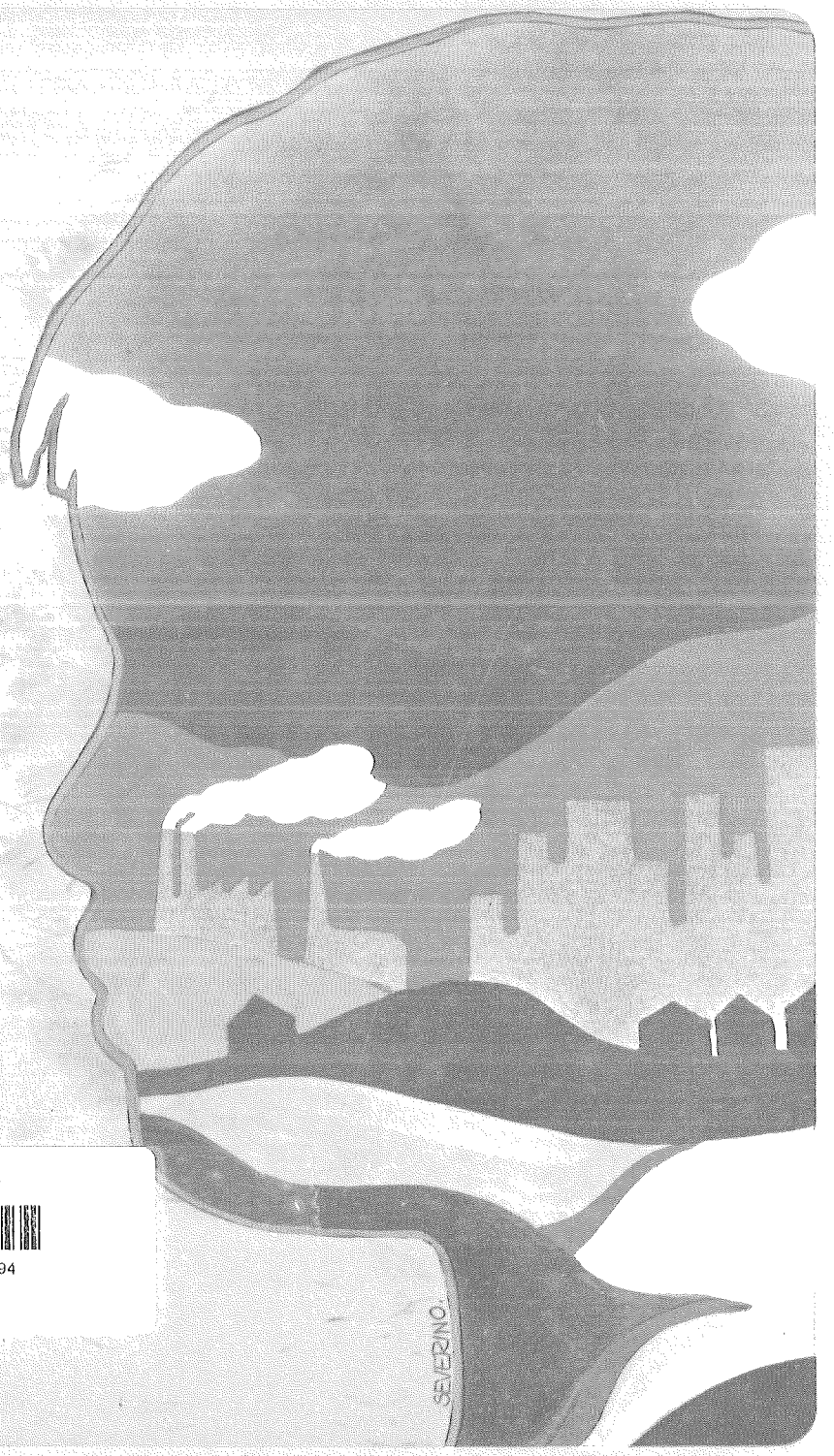
MANAUS/21 A 26 DE JANEIRO DE 1979

PROMOVIDO PELA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL — ABES SEÇÃO DO AMAZONAS, SOB OS AUSPÍCIOS DA ABES-NACIONAL

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB

01 CONTROLE DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ESTADO DE SÃO PAULO



ARQUIVO TECNICO

8206
M562c
009394

CETESB

10267

009394

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO — SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE

CLASS
AUTOR
NUMBO 009394

CONTROLE DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ESTADO DE SÃO PAULO

• Armando Luiz de Souza Mesquita

•• Manoel Paulo de Toledo

••• Gabriel Murgel Branco

• Superintendente de Tecnologia do Ar

•• Chefe da Divisão de Laboratórios de Veículos

••• Chefe da Divisão de Fontes Móveis

INTRODUÇÃO

Nas grandes cidades e regiões metropolitanas o veículo automotor é sem dúvida uma importante fonte de poluição do ar. Este fato é decorrente não somente do grande número de unidades existentes, mas também da forma com que o trânsito se desenrola nestas regiões. Em outras palavras o vertiginoso crescimento do número de veículos automotores nos grandes centros urbanos, aliado a um trânsito difícil, muitas vezes caótico, especialmente em horários de pico, fazem com que as concentrações no ar ambiente daqueles poluentes emitidos pelos veículos atinjam níveis muito acima daqueles considerados seguros à saúde, bem estar e segurança das populações expostas.

Os principais poluentes atmosféricos associados aos veículos automotores são o monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, material particulado em suspensão e os oxidantes fotoquímicos que são formados na atmosfera através de reações químicas entre os óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos.

O monóxido de carbono tem seu principal efeito sobre a saúde do homem decorrente da sua alta afinidade com a hemoglobina do sangue, cerca de 210 vezes mais que a afinidade desta com o oxigênio. A reação do monóxido de carbono com a hemoglobina forma a Carboxihemoglobina (COHb) a qual reduz a capacidade de carreamento de oxigênio pelo sangue. Efeitos sobre o sistema nervoso central, tais como redução na capacidade de discriminação de intervalo de tempos, mudança na acuidade visual, redução na eficiência de realização de testes psicomotores, e efeitos sobre o sistema cardio-vascular tal como aumento do rítmo cardíaco, foram observados. (1).

Já para os óxidos de nitrogênio (NO_x), além de participarem das reações fotoquímicas, ainda apresentam de per si efeitos adversos sobre a saúde do homem, vegetação e propriedades físicas da atmosfera. Exposição a altas concentrações de NO_2 (20 ppm) por 30 minutos produziram edema pulmonar e redução da capacidade vital. Exposição a 5 ppm de NO_2 por 10 minutos demonstraram aumento reversível da resistência das vias aéreas. (2).

O principal efeito associado aos oxidantes fotoquímicos, é o da irritação das vistas e vias aéreas superiores além dos efeitos à vegetação especialmente aqueles associa-

dos ao PAN. (3).

Os oxidantes fotoquímicos, como foi observado, são formados na atmosfera através de reações químicas entre hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio em presença da luz solar. As reações fotoquímicas são bastante complexas e estão, nestes últimos anos, sob intensa pesquisa.

Muitos dos hidrocarbonetos presentes na atmosfera são relativamente inertes, como os parafínicos, outros são extremamente reativos, como os olefínicos, e combinam rapidamente com os óxidos de nitrogênio em presença da luz solar, para formarem compostos altamente oxidantes. (5).

Os compostos que resultam das reações fotoquímicas são o ozone, que representa a maior parcela dos oxidantes, além de, entre outros, aldeídos e PAN (Peroxi Acetil Nitrato).

Não é objetivo deste trabalho estudar os mecanismos de formação dos oxidantes fotoquímicos, mas queremos ressaltar que os poluentes caracterizados como oxidantes fotoquímicos são formados pelas emissões primárias de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio cuja principal fonte são os veículos automotores como ficará demonstrado mais adiante.

O veículo leve a gasolina apresenta emissões provenientes de três fontes principais, a saber o cano de escape, o respiro do carter e o carburador e o tanque de gasolina.

As emissões evaporativas, constituídas de hidrocarbonetos e provenientes do carburador tanque de gasolina, correspondem a cerca de 20% dos hidrocarbonetos emitidos pelo veículo, (vide Figura 1). (6).

A evaporação do combustível no carburador ocorre especialmente quando o motor é desligado e se inicia a troca de calor entre as partes mais aquecidas do motor e aquelas mais frias como o carburador. Este tendo sua temperatura aumentada evapora o combustível nele contido o qual é emitido à atmosfera. No caso do tanque de combustível o processo é o mesmo somente que o calor é do ambiente externo. Os hidrocarbonetos evaporados são liberados à atmosfera através do respiro do tanque.

No caso do carter as emissões são constituídas de vapores de óleo lubrificante e da mistura combustível que, quando comprimida, passa através dos anéis do cilindro para o carter e daí para atmosfera através do carter. Esta fonte é responsável por cerca de 20% das emissões dos hidrocarbonetos emitidos pelos veículos à gasolina, (vide Figura 1). (6).

Do cano de escapamento é emitido à atmosfera a maior parcela de poluentes ou seja 100% do monóxido de carbono (CO), 100% dos óxidos de nitrogênio (NO_x) e cerca de 60% dos hidrocarbonetos (HC), (vide Figura 1), além de material particulado. (6).

Os poluentes provenientes do cano de escape são formados no processo de combustão da gasolina.

O monóxido de carbono e hidrocarbonetos são resultados da combustao incompleta que ocorre no interior dos cilindros. A eficiência da combustão depende de vários fatores, desde o projeto do motor até as condições de regulagem e manutenção do mesmo. A Figura 2 apresenta esquematicamente a relação entre a emissão de poluentes e a Razão Ar/Combustível que é introduzida no motor.

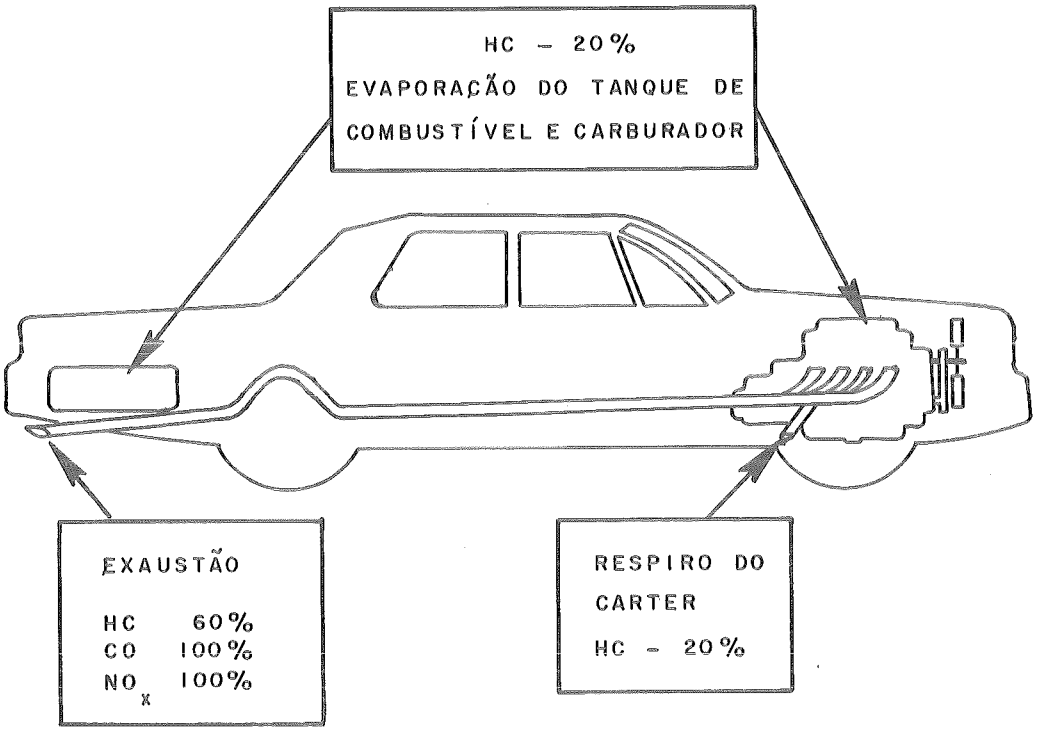


FIGURA 1 - *Distribuição das emissões de CO, HC e NO_x em um veículo à gasolina (tomando como base um veículo norte americano). Ref. 6.*

Já os óxidos de nitrogênio são formados na oxidação do nitrogênio do ar que ocorre devido as altas temperaturas e pressões atingidas no interior dos cilindros. A Figura 2 também apresenta esquematicamente a emissão de NO_x em função da razão ar/combustível.

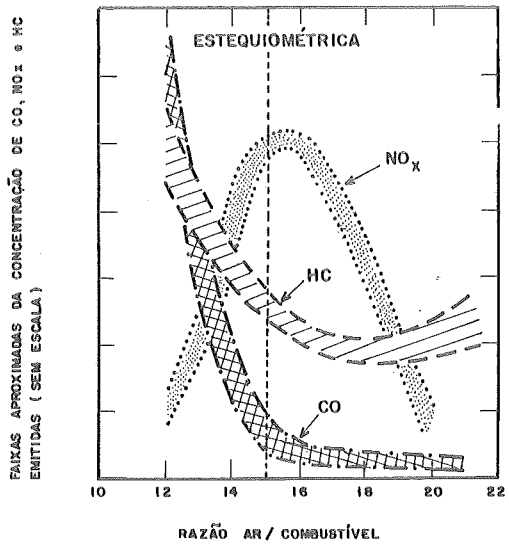


FIGURA 2 - *Relação entre a emissão de poluentes em veículos à gasolina e a razão ar/combustível que é introduzida no motor (5).*

Observa-se que para misturas ricas a emissão de NO_x é menor, porém as emissões de CO e HC são elevadas. Para misturas pobres também a emissão de NO_x cai, porém as emissões de HC começam a crescer. Vale ressaltar que nestes extremos de razão ar/combustível a operação do veículo é deficiente. Para o melhor ponto de operação do motor que ocorre com a mistura levemente pobre (logo após a estequiométrica), onde temos a maior eficiência de combustão a emissão de HC e CO são mínimas mas a emissão de NO_x é máxima.

No que se refere ao material particulado emitido pelo cano de escape temos um grande número de partículas submicrômicas. São partículas inorgânicas e orgânicas de alto peso molecular (7). A parcela mais significativa das inorgânicas é constituída de chumbo proveniente do uso de chumbo tetraetila como anti-detonante em gasolina. Já as partículas orgânicas são provenientes do processo de combustão incompleto que ocorre no interior dos cilindros do motor.

O veículo a Diesel apresenta as emissões de fumaça e odor como principal característica, além de também produzir hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, compostos oxigenados e monóxido de carbono.

Uma característica do motor diesel é a grande quantidade de ar em excesso com o qual ele opera. Nestas condições poderia se esperar uma combustão completa do combustível ingetado. Isto evidentemente não ocorre devido principalmente a condições de mistura (turbulência) entre o combustível e o ar de combustão. Dentro do cilindro se formam regiões de mistura bastante rica favorecendo a combustão incompleta do combustível e acarretando a formação da fumaça emitida além dos demais produtos provenientes de combustão incompleta. Nestas regiões altas temperaturas e pressões são atingidas propiciando condições de formação de óxidos de nitrogênio (5).

A condição de fumaçamento do diesel é, evidentemente, aumentada quando o motor está operando em condições anormais, como por exemplo com a bomba injetora alterada.

Além do material particulado emitido pelo cano de escapamento, tanto dos veículos diesel como dos veículos a gasolina, os veículos também são responsáveis pela emissão deste poluente decorrente do desgaste de pneus e de lonas de freio.

Apenas para ilustração a Tabela 1 apresenta alguns fatores de emissão de veículos norte-americanos para os poluentes considerados.

TABELA 1 - FATORES DE EMISSÃO TÍPICOS PARA VEÍCULOS NORTE-AMERICANOS (PELO CANO DE ESCAPE). (a)

Poluente \ Veículo	EMISSÃO EM g/Km		
	Automóveis a Gasolina (b)	Caminhões a Gasolina (c)	Caminhões Diesel (c)
Monóxido de Carbono	54,0	148,0	17,8
Hidrocarbonetos	4,63	22,0	2,9
Óxidos de Nitrogênio	2,13	4,2	13,0
Material Particulado	0,21	0,56	0,81

a) Referência 8;
b) Baseado em automóveis ano 1967;
c) Baseado em caminhões anteriores a 1970.

O PROBLEMA DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES NO ESTADO DE SÃO PAULO

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, responsável pelo controle de poluição no Estado de São Paulo vem desenvolvendo estudos e levantamentos dados no sentido de avaliar e equacionar a solução do problema de poluição do ar causado por veículos automotores.

Os dados de qualidade do ar disponíveis evidenciam a existência do problema o qual já se apresenta com bastante gravidade.

A Tabela 2 apresenta dados de monoxido de carbono obtidos na estação de amostragem operada no município de São Paulo em sua área central.

Conforme se pode observar os valores para a máxima média de 8h estão bem acima do valor estabelecido tanto na legislação federal como na legislação estadual como padrão de qualidade do ar, ou seja 9 ppm (10).

Na legislação de controle de poluição do Estado de São Paulo (10) está também estabelecido o Plano de Ação de Emergência o qual prevê ações extraordinárias caso as concentrações atinjam valores elevados nos quais a saúde da população fique ameaçada. Este plano prevê três níveis de ação definidos pelas concentrações observadas. São eles:

- Estado de Atenção - 15 ppm (média de 8h consecutivas)
- Estado de Alerta - 30 ppm (média de 8h consecutivas)
- Estado de Emergência - 40 ppm (média de 8h consecutivas).

A Tabela 3 apresenta o número de dias em que as concentrações do padrão de qualidade do ar e as concentrações referentes aos níveis de atenção, alerta e emergência foram atingidos ou ultrapassados. (9).

O gráfico da Figura 3 apresenta a variação típica da concentração de CO em um dia de semana. Este gráfico mostra a influência dos horários de picos de tráfego na concentração do poluente.

Apesar de se tratar de dados de uma única estação de amostragem a existência e gravidade do problema fica bem evidenciado pelos dados anteriormente apontados.

Novas estações de amostragem estão sendo instaladas não somente para monóxido de carbono mas também para os demais poluentes emitidos por veículos automotores quais sejam hidrocarbonetos, oxidantes fotoquímicos, óxidos de nitrogênio e material particulado em suspensão.

Apesar de não serem disponíveis dados suficientes sobre a ocorrência de oxidantes fotoquímicos, esta ocorrência é bastante provável tendo em vista a sensação de ardor nas vistas e vias aéreas superiores frequentemente sentida pela população do Município de São Paulo.

TABELA 2 - DADOS DE QUALIDADE DO AR PARA MONÓXIDO DE CARBONO EM ppm NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Ano	Número de Observações	Concentração Máxima	Concentração Mínima	Concentração igualada ou excedidas em determinada % do tempo											OBS
				1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99	
1975[a]	196	50,9	2,8	50,9	12,5	10,6	8,6	7,1	6,2	5,6	4,9	4,3	3,9	2,8	máx.média de 1h
	196	29,0	2,0	29,0	8,8	7,6	5,9	5,2	4,5	4,2	3,7	3,2	2,8	2,0	máx.média de 8h
1976[b]	343	43,5	3,1	39,2	31,8	26,0	22,8	19,2	16,8	12,2	9,6	7,6	5,4	3,1	máx.média de 1h
	343	29,8	2,4	27,2	21,3	18,3	15,9	13,9	11,0	8,4	7,1	5,8	4,1	2,4	máx.média de 8h
1977[c]	349	37,0	3,3	33,5	27,5	24,5	22,1	20,0	18,3	17,0	15,4	13,5	11,0	7,1	máx.média de 1h
	349	26,6	2,7	25,8	19,3	17,0	16,1	14,9	13,3	12,0	11,0	9,7	7,9	5,0	máx.média de 8h

a) Os dados de 1975 se referem ao período de Setembro a Dezembro com a estação de amostragem localizada na Praça da República;

b) A estação de amostragem operou na Praça da República de Janeiro à Junho, de Julho à Dezembro operou na Praça do Correio;

c) A estação operou na Praça do Correio.

NOTAS:

- Método de amostragem e análise NDIR;
- Dados de Referência 8.

TABELA 3 - NÚMERO DE DIAS QUE O PADRÃO DE QUALIDADE DO AR E AS CONCENTRAÇÕES DE ATENÇÃO, ALERTA E EMERGÊNCIA PARA MONÓXIDO FORAM ULTRAPASSADAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.

Ano	Padrão de Qualidade do Ar		Níveis		
	1h	8h	Atenção	Alerta	Emergência
1975[a]	1	8	3	0	0
1976[b]	1	198	121	0	0
1977	1	291	132	0	0

a) Período de amostragem de setembro a dezembro de 1975;

b) Estação foi mudada de local em junho 1976 (da Praça da República para Praça do Correio).

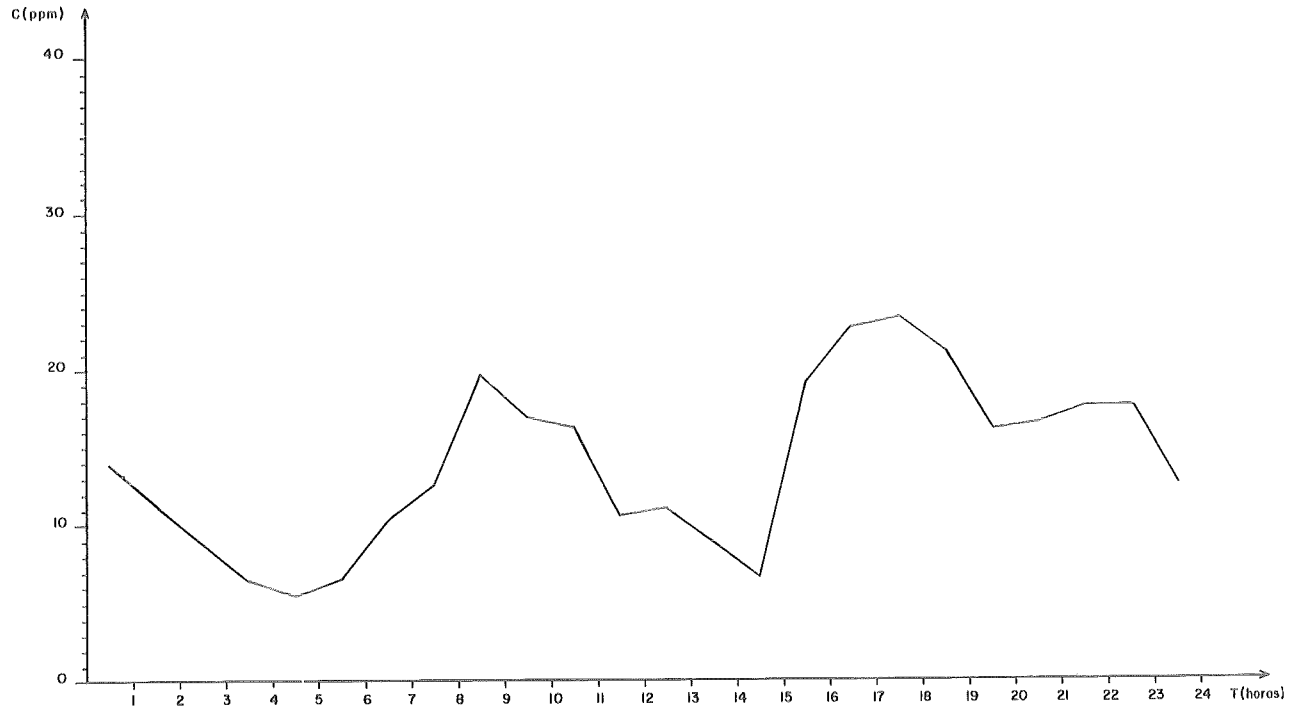


FIGURA 3 - Variação típica das concentrações médias horárias do poluente monóxido de Carbono.

Em um estudo da ocorrência de carboxihemoglobina no sangue de uma amostra populacional realizada pela CETESB em 1976,(referência 11),ficou também evidenciado que a população do Município de São Paulo apresenta valores de COHb no sangue superiores a uma população que vive no Município de Embu-Guaçu e não exposta a tráfego intenso. O gráfico da Figura 4, apresenta esta conclusão.

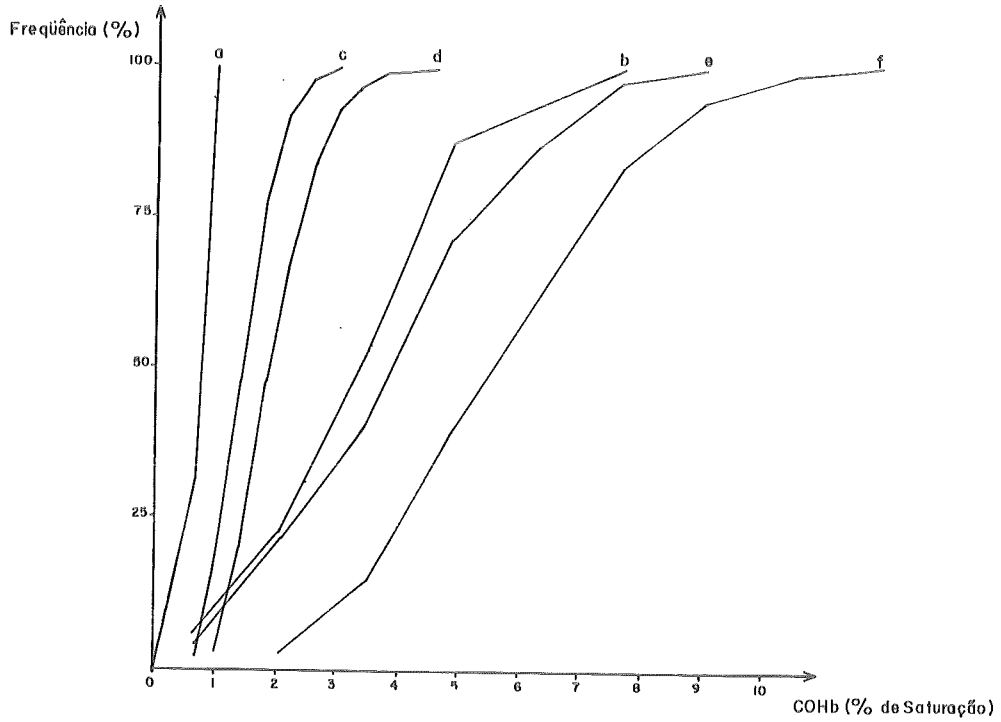
O número de fontes existentes no Estado de São Paulo e principalmente na região da Grande São Paulo também evidencia a existência do problema.

A Tabela 4 abaixo apresenta a distribuição dos veículos na Capital, Região da Grande São Paulo e no Estado por categoria de veículos.

TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO E NÚMERO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, REGIÃO DA GRANDE SÃO PAULO E ESTADO DE SÃO PAULO.

Categoria	CAPITAL	R.G.S.P.	ESTADO
Automóveis	967.353	1.195.563	1.905.508
Utilitário	446.996	578.336	1.015.314
Ônibus	14.741	21.787	34.461
Caminhões			
A gasolina médios	11.896	19.213	
A gasolina pesados	21.990	35.514	288.817
Diesel	42.714	70.370	
TOTAL	1.505.690	1.920.783	3.244.100

Fonte: DER - Setembro de 1978.



LEGENDA:

a) Grupo Controle dos Não Fumantes; b) Grupo Controle dos Fumantes; c) Empregados de Transporte Coletivo Não Fumantes; d) Policiais Não Fumantes; e) Empregados de Transporte Coletivo Fumantes; f) Policiais Fumantes.

FIGURA 4 - Frequência percentual acumulada dos valores de COHb (% de saturação) em fumantes e não fumantes

TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO POR EXAUSTÃO POR VEÍCULOS AUTOMOTORES PARA O ANO DE 1978.

TIPO DE FONTE		Poluentes (t/dia)				
		CO	HC	NO_X	SO_X	MP
Automóveis	C.	2240	245	93	19	14
	R.	2768	303	115	24	17
Utilitário e Comerciais Leves	C.	1035	113	43	9	6
	R.	1339	146	56	11	8
Caminhões Médios a Gasolina	C.	101	20	3	0,8	0,4
	R.	163	33	6	1,3	0,7
Caminhões Pesados a Gasolina	C.	357	70	10	3,3	2
	R.	576	113	16	5,4	3
Caminhões Diesel	C.	83	14	61	32	5
	R.	137	22	100	52	9
Ônibus	C.	39	7	40	20	3
	R.	58	11	58	30	4
TOTAL	C.	3855	469	250	84	30
	R.	5041	629	351	124	42

Fonte: Divisão de Fontes Móveis - Superintendência de Engenharia de Controle/CETESB

C - Capital; R - Região da Grande São Paulo

Em função destes valores pode-se fazer uma estimativa da emissão causada pelos veículos automotores em circulação na Capital e na Região da Grande São Paulo, onde a maior parcela da frota está concentrada. A Tabela 5 apresenta esta estimativa.

Apenas para evidenciar a importância do veículo automotor como fonte de poluição do ar apresentamos a Tabela 6 com uma estimativa de emissão dos poluentes considerados, para as demais fontes estacionárias na Região da Grande São Paulo.

TABELA 6 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO PARA FONTES ESTACIONÁRIAS DA REGIÃO DA GRANDE SÃO PAULO

Fonte \ Poluente	t/dia				
	Material Particulado	SO_X	CO	NO_X	HC
Processos e Operações Industriais	399	18	86	-	127
Queima de Combustível em Fontes Estacionárias	28	541	19	62	9
Queima de Resíduos Sólidos	32	1	120	7	39
Outras (1)	51	-	-	-	27
TOTAL	510	560	225	69	202

(1) Outras fontes incluem Comercialização de Material Volátil, e fontes de poeiras fugitivas.

Fonte: Divisão de Inventário da Superintendência de Administração de Licenças da CETESB.

Comparando as emissões das fontes estacionárias com as fontes móveis verificamos que o veículo é responsável pela emissão de 96% do monóxido de carbono, 83% dos óxidos de nitrogênio e 76% dos hidrocarbonetos na Região da Grande São Paulo.

Isto caracteriza bem a importância do veículo automotor como fonte daqueles poluentes mencionados; para os demais poluentes as fontes estacionárias são as principais responsáveis como evidenciado na Tabela 6.

A ESTRATÉGIA DE CONTROLE QUE ESTÁ EM DESENVOLVIMENTO PARA APLICAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

Em função do exposto anteriormente a CETESB vem realizando estudos no sentido de equacionar a solução do problema de poluição do ar causado por veículos automotores.

O programa de controle de veículos automotores para o Estado de São Paulo pode ser subdividido em três grupos de atividades a saber:controle dos veículos Diesel, controle dos veículos a gasolina em uso e controle dos veículos a gasolina novos.

No caso dos veículos diesel o programa está em andamento e é dirigido à emissão de material particulado ou seja à fumaça emitida pelo cano de escape dos veículos.

Trata-se de um programa de fiscalização intensa dos ônibus que circulam no Município de São Paulo utilizando-se para tanto o disposto no Decreto Estadual 8468 de setembro de 1976. Detalhes e resultados já obtidos deste programa são representados a seguir.

Para veículos a gasolina em uso a idéia seria obter uma redução nas emissões de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos através da realização de uma regulagem do motor em marcha lenta.

Esta regulagem seria obrigatória, e através de uma fiscalização anual a ser realizada pela CETESB a mesma seria verificada. Evidentemente para que esta fiscalização fosse possível seria necessário estabelecer-se padrões de emissão para veículos em uso.

Para determinação destes padrões e para verificação da eficácia do controle de veículos usados foi tomada uma amostra representativa da frota de veículos em uso e através de amostragem e regulagens determinou-se aquelas informações necessárias. Detalhes e resultados deste estudo são fornecidos a seguir.

Para veículos novos a gasolina o plano de controle é o de se estabelecer padrões de emissão em termos absolutos, ou seja em gramas por quilometro rodado. Para tanto a CETESB adquiriu e está importando um Amostrador de Volume Constante bem como demais equipamentos necessários a se analisar as emissões dos veículos quando estes percorrem em dinamômetro um ciclo determinado.

De posse destes equipamentos será possível determinar a emissão atual dos veículos nacionais. Com base nestes dados e nos dados de qualidade do ar será possível estabelecer os padrões de emissão para veículos novos e o prazo para atingimento dos padrões de qualidade do ar. Evidentemente neste estudo será levado em consideração a tecnolo-

gia de controle disponível para veículos a gasolina.

Detalhes deste programa, bem como do perfil de tráfego escolhido e das características dos equipamentos mencionados são apresentados a seguir:

O CONTROLE DE VEÍCULOS DIESEL

Os motores Diesel para ônibus e caminhões, no Brasil, são geralmente regulados para se obter a máxima potência possível. Em vista disso esses veículos tem uma grande tendência a fazer fumaça ainda que novos e de acordo com as especificações de fábrica. Por esse motivo, qualquer alteração nas condições de funcionamento desses motores (conservação, utilização, etc.) faz com que a emissão de fumaça seja indesejávelmente intensa.

O controle da emissão de fumaça por veículos Diesel foi iniciado com a Operação Estrada Limpa onde, em Junho de 1976, se fêz uma campanha de propaganda bem como a advertência aos caminhões infratores que circularam nas estradas do Estado de São Paulo. Em seguida, a partir de 1º de julho de 1976 passou-se a multar os infratores.

Os números de autuações feitas pela Polícia Rodoviária aos veículos Diesel com fumaça excessiva são os seguintes:

TABELA 7 - NÚMERO DE AUTUAÇÕES NAS ESTRADAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Junho de 1976	-	18.069	advertências
Julho a Dezembro de 1976	-	16.925	multas
Janeiro a Dezembro de 1977	-	23.777	multas
Janeiro a Outubro de 1978	-	15.172	multas

Em novembro de 1976 fizemos um levantamento estatístico na cidade de São Paulo para obtermos a distribuição das classificações da fumaça emitida pelos ônibus urbanos.

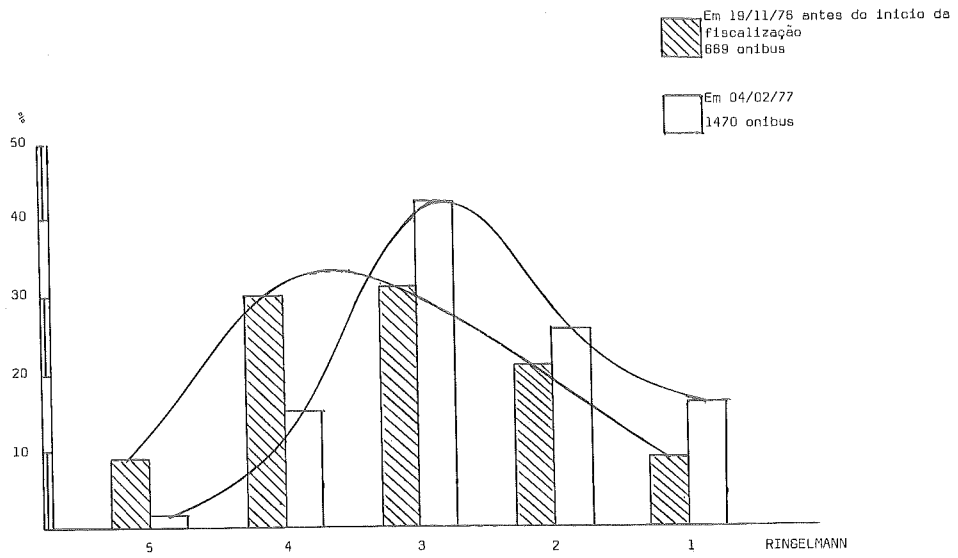


FIGURA 5 - Distribuição das classificações de fumaça de ônibus em São Paulo - 1977

Iniciou-se, então, a fiscalização desses veículos e, em Fevereiro de 1977, após 4600 autuações, sentiu-se uma modificação nessa distribuição como mostramos na Figura 5.

Notou-se, porém, que o esforço das empresas em melhorar o estado de conservação de seus motores melhoraram os índices de emissão até um certo ponto, mas o problema ainda persistiu pois reside, também, no projeto ou concepção dos motores ou dos veículos.

Devido a isto, a distribuição das classificações de fumaça regrediu um pouco como mostra a Figura 6.

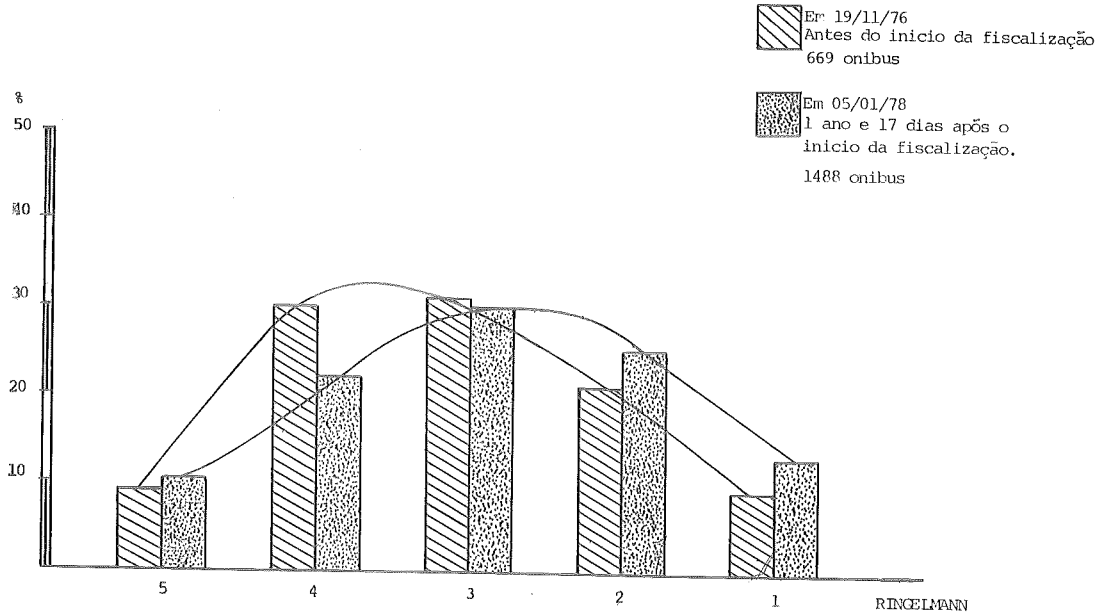


FIGURA 6 - Distribuição das classificações de fumaça de ônibus em São Paulo - 1978

O programa de controle implantado no município de São Paulo possui uma diferença básica com relação àquele da Operação Estrada Limpa, pois a primeira autuação de cada veículo é, necessariamente uma advertência para que este seja multado somente na reincidencia, sendo que é dado um período de tolerância de 30 dias para a sua manutenção.

Os números de autuações feitas pela CETESB aos ônibus da Cidade de São Paulo são os seguintes:

TABELA 8 - NÚMERO DE AUTUAÇÕES NA CIDADE DE SÃO PAULO

Novembro a Dezembro de 1976	-	1094 advertências 5 multas
Janeiro a Dezembro de 1977	-	2941 advertências 1640 multas
Janeiro a Outubro de 1978	-	685 advertências 216 multas

Ao lado dos problemas de projeto e manutenção dos motores, outros problemas aparecem, como por exemplo a inconsistência entre os diversos aparelhos de medição de fumaça, a necessidade de se reduzir a potência máxima dos motores e, consequentemente, o custo dessas modificações.

Por outro lado, nos métodos de teste as diversas condições de carga (constante em dinamômetro, no veículo em utilização normal e sem carga) também apresentam dificuldades grandes na equivalência entre eles. Assim, na fiscalização, onde os métodos mais plausíveis são aqueles de observação a distância, os resultados são diferentes daqueles obtidos em dinamômetro onde os métodos mais repetitivos são aqueles que amostram a fumaça na tubulação de escape, fato este que dificulta um controle mais eficiente dos veículos Diesel em uso.

O método de Ringelmann que é uma comparação colorimétrica da fumaça contra um padrão, dentre todos aqueles utilizados é o único aplicável para fiscalização quando o veículo é observado em utilização normal e real, sem que se restrinja as condições do motor a padrões específicos. Em vista disso, toda a legislação existente é feita com base na escala de Ringelmann embora estejam sendo feitos estudos de correlações dessa escala com as outras melhores para a aplicação em laboratório.

O nosso programa caminha hoje no sentido de desenvolvermos novos métodos e normas para medição e, também, de conseguirmos junto às indústrias fabricantes de motores e veículos Diesel o desenvolvimento de novos modelos com características mais favoráveis à não fumaça, além de continuarmos com a fiscalização na rua com vistas a impedir os abusos por falta de manutenção.

CONTROLE DE VEÍCULOS EM USO

Uma amostra segundo o critério de Neyman de 312 veículos proporcional, no que se refere a marca e modelo, ao número de veículos registrados no Município de São Paulo, foi tomada, para se avaliar as suas emissões e daí se partir para a proposição de padrões de emissão para Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos para veículos em marcha lenta.

O combustível foi gasolina com 15% de álcool.

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que um programa de controle de veículos em uso, baseado na simples regulagem destes veículos às especificações de fábrica, não é viável, pois as emissões provenientes dos veículos regulados e desregulados não apresentam diferenças significativas.

Este fato é causado pelas largas faixas de tolerância das especificações das peças atualmente utilizadas.

Um programa de controle para veículos em uso baseado não só na simples regulagem dos motores mas também na substituição de peças com tolerâncias mais rígidas foi proposto, bem como os valores para os padrões de emissão para CO e HC a serem utilizadas neste programa. Todavia do ponto de vista custo-benefício a proposição não se mostra satisfatória uma vez que seria imposto um alto custo ao proprietário do veículo.

DESCRIÇÃO DO PLANO

O plano consiste na regulagem de veículos em uso, seguindo as especificações de fábrica, com as necessárias trocas de peças desgastadas a fim de obter o melhor resultado.

Com essa finalidade a amostra dimensionada foi submetida a testes que incluiram:

- medida dos gases de escape (HC e CO) antes da regulagem;
- determinação dos eventuais problemas existentes no veículo;
- correção desses problemas e ajuste de todas as variáveis de funcionamento do veículo às especificações de fábrica;
- medida dos gases de escape (HC e CO) depois da regulagem;
- Anotação em ficha apropriada de todos os valores de emissão e especificação do veículo antes e depois da regulagem.

De posse destes dados foi feita uma análise estatística para determinar a curva de emissão em função da frequência acumulada, tanto para a frota total como para as diversas marcas. (Figura 7)

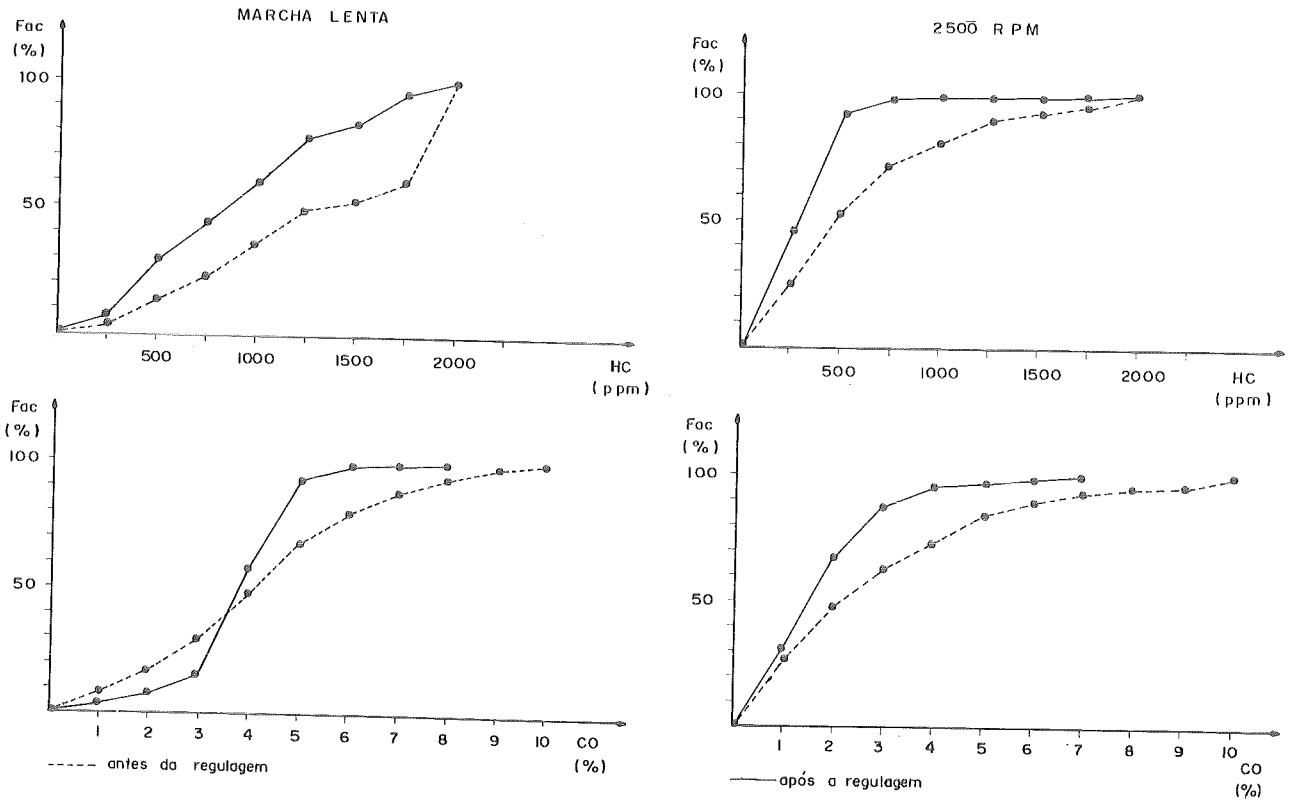


FIGURA 7 - Distribuições de frequência acumulada - Emissões de hidrocarbonetos e monóxido de carbono - Gasolina com 15% de álcool - total 312 veículos

O estudo estatístico foi feito com três diferentes critérios, para a determinação dos padrões para Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos. Os critérios foram:

- a frota total de veículos regulados é aprovada ou seja 8% de CO e 2000ppm de Hidro-

carbonetos;

- 50% da frota total de veículos regulados é aprovada isto é 4% de CO e 750 ppm de Hidrocarbonetos;
- um valor médio entre os anteriores a fim de orientar a escolha - 6% de CO e 1250 ppm de Hidrocarbonetos. (Tabela 9).

TABELA 9 - PORCENTAGEM DE REJEIÇÃO NA POPULAÇÃO DE VEÍCULOS REGULADOS E DESREGULADOS PARA OS VALORES DE PADRÃO DE EMISSÃO ESTABELECIDOS PARA CO.

PADRÃO / MODELO	8%		6%		4%	
	REGULADO	DESREGULADO	REGULADO	DESREGULADO	REGULADO	DESREGULADO
Alfa Romeo	-	20%	-	40%	80%	40%
Brasilia Simples	-	14%	-	29%	57%	43%
Brasilia Dupla	-	-	-	6%	47%	82%
Caravan 2500	-	-	-	-	40%	40%
Caravan 4100	-	67%	-	67%	100%	67%
Chevette	-	-	-	-	43%	50%
Dodge Polara	-	-	-	20%	20%	20%
Dodge 1800	-	33%	-	67%	100%	67%
Dodge Charger	-	-	-	-	67%	33%
Dodge Dart	-	20%	-	20%	60%	40%
Fiat 147	-	-	-	-	-	20%
Corcel 1400	-	22%	-	67%	33%	67%
Corcel GT	-	-	20%	20%	60%	60%
Belina	-	-	-	20%	60%	20%
Maverick 4 c.	-	20%	-	40%	60%	40%
Maverick 6 c.	-	-	-	67%	67%	67%
Maverick 8 c.	-	33%	-	67%	100%	67%
Galaxie 4785	-	20%	-	80%	60%	80%
Galaxie 4950	-	33%	-	67%	67%	100%
Karmann Guia TC	-	33%	-	33%	33%	67%
Opala 2500	-	10%	-	40%	50%	90%
Opala 4100	-	33%	-	67%	100%	67%
Passat LS	-	20%	-	20%	80%	40%
Passat TS	-	-	-	67%	33%	100%
Puma	-	-	-	33%	-	67%
Variant TL	-	-	-	-	21%	21%
VW-1200	-	-	-	20%	20%	60%
VW-1300	-	-	1%	12%	34%	49%
VW-1500	-	4%	-	17%	41%	54%
VW-1600	-	-	-	-	17%	33%
SP-2	-	-	-	-	-	33%
TODOS	-	6%	1%	20%	42%	51%

RESULTADOS DA ANÁLISE DO PROGRAMA

Não há uma diferença significativa entre os veículos regulados e desregulados, principalmente devido ao fato de que as tolerâncias de fabricação das peças e parte dos veículos nacionais são muito grandes o que acarreta um elevado desvio padrão nas emissões.

Para que a regulagem acarrete diferenças significativas antes e depois da mesma, há necessidade de troca de componentes do veículo, tais como: distribuidores, carburadores, etc. por outras de tolerâncias mais rígidas.

Isto permite que se estabeleça como padrões de emissão valores mais baixos contribuindo para a abreviação do tempo necessário a atingir os padrões legais de qualidade do ar, evidentemente aliado a aplicação de um plano de controle para veículos novos.

Os padrões propostos são 4% para CO e 750 ppm para HC.

No entanto para obedecer estes padrões a indústria automobilística deve preparar-se no sentido de fornecer as peças e partes necessárias para que seus veículos atendam o padrão proposto. O prazo aproximado para o fornecimento desses componentes é de dois anos.

O custo deste programa é totalmente transferido ao proprietário do veículo,uma vez que a fábrica não possui mais interesse econômico nos veículos em uso e em alguns casos fora de sua atual linha de fabricação.

Por outro lado o proprietário de um veículo usado não dispõe das facilidades de financiamento que os eventuais compradores de veículos novos dispoem, ou seja a modificação de um veículo em uso acarreta um custo que deve ser pago de imediato enquanto que as modificações de veículos novos, pela fábrica acarreta um custo que pode ser financiado ao proprietário.

Em resumo um plano de regulagem que ocasione uma diferença significativa em termos de emissão de poluentes não é viável do ponto de vista custo-benefício

CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO ÁLCOOL ETÍLICO COMO COMBUSTÍVEL ADICIONADO A GASOLINA

A gasolina é um combustível composto de hidrocarbonetos com cadeias de diversos tamanhos e cuja composição depende do petróleo disponível para refinação, do processo de refinação, bem como da época do ano em que a gasolina vai ser distribuída (devido ao teor de componentes voláteis).

Como as variáveis envolvidas são de difícil modificação pois envolvem mudanças de processo de refinação: compra de petróleo com composição bem definida e dentro de faixas de especificação bastante restritas, torna-se necessário que o projeto dos veículos tenha flexibilidade suficiente para responder com o mesmo desempenho, para as diversas gasolinas disponíveis no mercado.

A consequência é que o veículo é projetado, por exemplo, com um carburador que atenda as necessidades de oxigênio para qualquer combustível existente no mercado e portanto, quando se adiciona álcool, a mistura fica mais pobre, pelo fato de que o álcool tem menor número de átomos de carbono do que a gasolina e ainda possui um átomo de oxigênio em sua molécula.

Como nossos veículos são projetados mais ricos, para ter um desempenho satisfatório com as diversas gasolinas, a adição de álcool contribui para torná-lo mais econômico e menos poluidor, pelo fato de empobrecê-lo, (com a adição máxima de 20% de álcool).

Outro aspécto importante é poder antidetonante do álcool o que permite a substituição

do chumbo tetraetila por álcool, com a vantagem de eliminar a emissão de chumbo na atmosfera.

Em contrapartida devemos esperar um aumento nas emissões de aldeídos pela combustão incompleta do álcool.

Em resumo deveremos ter a diminuição das emissões de CO, HC e chumbo e um aumento nas emissões de aldeídos.

O CONTROLE DOS VEÍCULOS NOVOS A GASOLINA

Controle existente: a primeira medida de controle de emissão de veículos novos foi a imposição de todos os motores serem produzidos com a recirculação dos gases do carter. Esta emissão é, básicamente, constituida de hidrocarbonetos proveniente do óleo lubrificante e combustível não queimado. Em menores quantidades aparecem constituintes como H_2, CO, CO_2, H_2O, O_2 e NO. (5).

A quantidade dessas emissões é função do regime de funcionamento do motor, variando inversamente ao vácuo do coletor de admissão.

O veículo equipado com esse tipo de controle queima os hidrocarbonetos existentes, que chegam a constituir até 20% do total de hidrocarbonetos emitidos por um veículo não controlado.

O controle necessário: como já foi mostrado anteriormente, os problemas mais graves de emissão dos veículos a gasolina são as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Tendo em vista que a totalidade de CO e 60% dos hidrocarbonetos emitidos por um veículo não controlado são produzidos pelo motor, o método mais eficaz de se atacar o problema da poluição do ar por veículos automotores é fazer o controle de emissão dos gases de exaustão dos automóveis a gasolina.

Para isto, deve-se utilizar um método de teste que correlacione a emissão dos poluentes com a quilometragem percorrida pelo veículo em regimes normais de utilização.

Para realização de tal teste, é preciso estabelecer um "ciclo de condução" ou seja, um ciclo padronizado de regimes do motor, que consiste em um gráfico da velocidade do veículo em função do tempo, o qual deverá representar as condições do tráfego usual. O veículo em teste deverá ser conduzido de acordo com o perfil de velocidades especificado, quando colocado num dinamômetro que será calibrado para lhe oferecer as resistências passivas e os efeitos de inércia que o mesmo experimentaria se estivesse trafegando numa via plana horizontal.

O passo intermediário: como a compra de equipamentos, e o estabelecimento dos padrões de emissão são processos, demorados, recomenda-se que seja fixado em estágio inicial do controle de gases de exaustão, um padrão de emissão de CO em marcha lenta (medido em porcentagem em volume), o que pode representar uma redução significativa das emissões totais de monóxido de carbono em tráfego intenso, além de ser uma medida relativamente fácil de se conseguir, medir e controlar nos veículos novos.

A intenção do Governo do Estado de São Paulo é de fixar o padrão de 4,5% de CO em marcha lenta para os veículos novos, a partir de 1981, e a utilização de métodos para inviolabilidade da regulagem do carburador, posteriormente.

O método de medida será a análise dos gases pela absorção de infra-vermelho.

Descrição do CVS: CVS - Constant Volume Sampler(Amostrador de Volume Constante): destina-se à amostragem e análise de gases de escape de veículos automotores através da simulação de uma viagem padrão, representativa do tráfego normal da cidade.

A fim de possibilitar a amostragem da forma descrita o CVS é constituido de três partes principais: dinamômetro; amostrador de volume constante; analisador de gases.

Descrição do dinamômetro: o dinamômetro, adequado à medição de poluentes emitidos por veículos automotores, é um sistema que permite a simulação precisa, dinâmica, variável e repetitiva das condições encontradas pelo veículo quando em operação normal nas vias de tráfego.

É constituido das seguintes partes principais:

- estrutura
- volantes de inércia
- unidade de absorção de potência
- controle de carga de estrada
- painel de instrumentos
- auxílio ao motorista

Estrutura: é a parte do equipamento que permite o apoio do veículo sobre rolos que simulam a pista, a fim de possibilitar o percurso de um ciclo padrão de velocidades, representativo da maneira de dirigir em trânsito normal na cidade. (Figura 8)

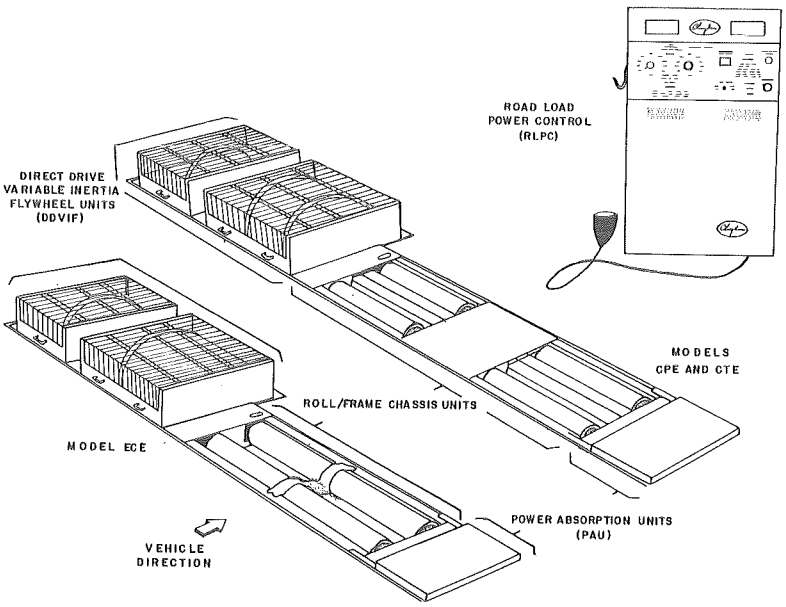


FIGURA 8 - Componentes do Sistema do dinamômetro de teste de emissão

Os rolos do dinamômetro são acoplados aos volantes de inércia, à unidade de absorção de potência, ao controle de carga de estrada e aos instrumentos de medida.

Volantes de inércia: são o meio pelo qual o dinamômetro se serve para simular as forças de inércia que surgiriam se o veículo estivesse em movimento.

Unidade de absorção de potência: é o dispositivo que absorve e dissipa a potência gerada pelo veículo através da ação do fluído de carga (água).

Controle de carga de estrada: é a unidade que controla e apresenta num visor os valores de potência e velocidade desenvolvidas pelo veículo.

Painel de instrumento: permite a leitura da velocidade e do torque instantâneos, para que se tenha uma visão do que ocorre com o veículo em teste e se possa eventualmente relacionar torque a emissões, caso necessário em algum experimento.

Auxílio ao motorista: é um registrador que imprime o gráfico de velocidades do veículo, ao mesmo tempo em que mostra ao motorista a velocidade que o veículo deve ter em cada instante.

Amostrador de volume constante: enquanto o veículo percorre no dinamômetro, o ciclo padrão de velocidades, o amostrador de volume constante, coleta os gases emitidos pelo veículo. Como a vazão de gases varia com a velocidade do veículo, há a necessidade de que use um integrador de volume.

O artifício a ser empregado é o de diluir os gases em proporções variáveis, de tal forma que a vazão total de gases mais ar de diluição seja constante, de onde vem o seu nome.

O equipamento é constituido basicamente dos seguintes componentes (Figura 9): tubulação de amostragem e diluição; venturi crítico do fluxo diluido; venturi de amostragem.

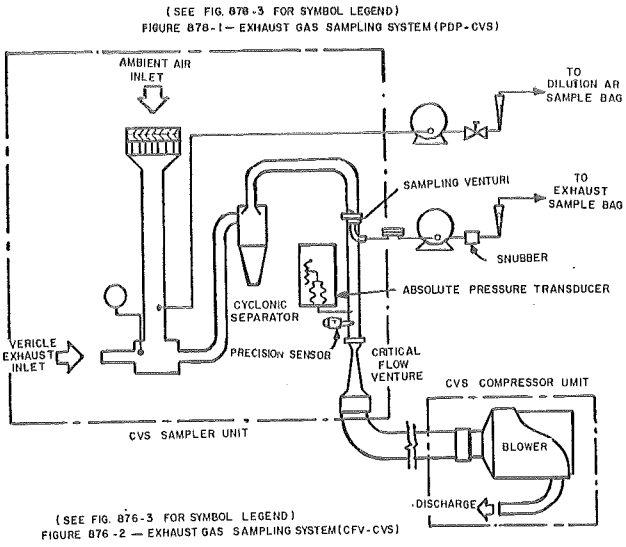


FIGURA 9 - Sistema CVS

Tubulação de amostragem e diluição: é uma tubulação que pode ser assimilada a um "Tee" onde em uma das extremidades é aplicada uma depressão pelo ventilador, na outra extremidade acopla-se a tubulação de escape do veículo e pela terceira extremidade efetua-se a diluição com ar ambiente.

É colocado nessa tubulação um separador tipo ciclone a fim de impedir que o material particulado proveniente do veículo atinja o venturi crítico.

Venturi crítico do fluxo diluido: é o dispositivo que mantém constante a vazão de gases diluidos, estabelecendo a condição de diluição ou seja quanto maior a quantidade de gases emitidos menor a de ar de diluição de forma que a soma seja constante.

Para a correção da vazão existem sensores de temperatura e pressão.

A depressão necessária é fornecida por um ventilador.

Venturi de amostragem: uma vez imposta a condição de que o fluxo seja constante, é suficiente que se retire uma alíquota constante do fluxo total, para que se tenha uma amostra proporcional. Esta condição é obtida através do venturi de amostragem, que é também crítico e de tamanho menor e coleta a amostra por meio da depressão estabelecida por uma bomba de amostragem encarregada ainda de armazenar a amostra nos sacos de amostragem.

Analisador de gases: uma vez coletada a amostra nos sacos de amostragem esta é enviada aos analisadores.

Os analisadores (Figura 10), em número de cinco, são distribuidos da seguinte forma:

- monóxido de carbono - dois analisadores NDIR;
- hidrocarbonetos - um analisador por ionização por chama;
- dióxido de carbono - um analisador NDIR;
- óxidos de nitrogênio-um analisador por luminescência química.

O conjunto de analisadores é composto ainda por válvulas que direcionam o fluxo de análise a cada um dos analisadores assim como permitem a calibração com gases padrão.

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA

Um veículo é colocado sobre o dinamômetro; o motorista põe o veículo em movimento seguindo o gráfico de velocidades apresentado pelo equipamento de auxílio ao motorista.

O CVS, já anteriormente ligado à tubulação de escape do veículo, colhe os gases de exaustão, dilui-os com ar ambiente até que seja obtida a vazão do venturi crítico.

Um outro venturi crítico de menor diâmetro coleta continuamente num saco de amostragem uma alíquota do fluxo de gás diluido.

Quando o teste é concluido, os gases são enviados aos analisadores, através de uma

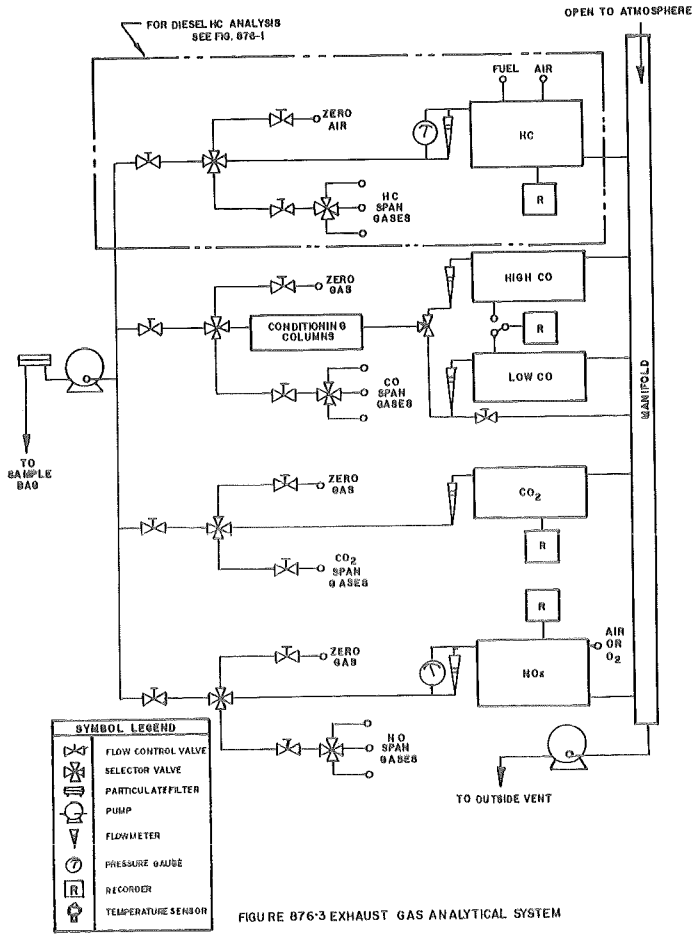


FIGURA 10 - Analisadores de gases

bomba de vácuo que fornece a concentração média de gases dentro do saco de amostragem. Basicamente a concentração multiplicada pelo volume nos dá a emissão em massa por teste; tendo-se a distância obtém-se a emissão em gramas por distância percorrida.

Os valores obtidos já são corrigidos no sentido de eliminar a influência dos gases existentes no ar de diluição que tenderiam a aumentar a concentração obtida nos sacos de amostragem.

Descrição do sistema de testes ECE: o método de testes de emissão de escape, desenvolvido na Europa, utiliza o principio de correlacionar as emissões do veículo com a quilometragem percorrida, como descrito. Para possibilitar tal amostragem o equipamento necessário se constitui como segue: dinamômetro; sistema de amostragem de gases; analisadores de gases; bomba medidora do volume de gases amostrado.

O dinamômetro: este é semelhante àquele utilizado no CVS, diferindo apenas os valores de calibração para a inércia equivalente e potência absorvida.

O sistema de amostragem: este é constituido de um ou mais sacos plásticos destinados a coletar todo o volume de gases expelido pelo veículo durante o teste, sem diluição em ar.

Analisadores de gases: o sistema ECE possui básicamente três analisadores:

- analisador de CO, por absorção de infra-vermelho;
- analisador de HC, por absorção de infra-vermelho utilizando o normal-hexano como gás de referência;
- analisador de NO_x, por luminescência química.

Bomba medidora de volume: após a medida das concentrações dos poluentes nos sacos de amostragem o volume dos gases coletados é medido através de uma bomba medidora de volume, de forma a permitir o cálculo da massa dos poluentes produzidos durante o teste.

O resultado final desse procedimento é um número que reflete a massa do poluente produzida por teste.

Nota: esse resultado não pode ser comparado diretamente com o obtido no CVS.

Escolha do ciclo de condução: um dos fatores mais importantes no teste completo de emissões de escape dos veículos, é a configuração do ciclo de condução.

Este deve incorporar regimes de velocidades,acelerações, desacelerações, marcha lenta e, principalmente, os regimes transitórios que são os maiores responsáveis pela emissão de poluentes, tanto pelo fato de serem muito numerosos, quanto por acarretarem emissões em concentrações mais altas (12).

Deve-se lembrar, também, que para facilitar e abreviar a incorporação de mudanças nos motores, é de bom senso adotar um método já utilizado em outras partes do mundo, pois os resultados de experiências já realizadas podem indicar mais fácilmente o melhor caminho para a alteração do projeto dos veículos (13).

Os métodos já desenvolvidos e mais utilizados atualmente são o CVS-CH (Constant Volume Sampling - Cold/Hot) norte-americano e o ECE-R-15 europeu, que descreveremos adiante.

O ciclo de condução usado no método de teste europeu é formado por linha retas (velocidades, acelerações e desacelerações constantes), sem a ocorrência frequente de regimes transitórios, como mostra a figura abaixo. Além disso o ciclo básico é repetido 4 vezes.

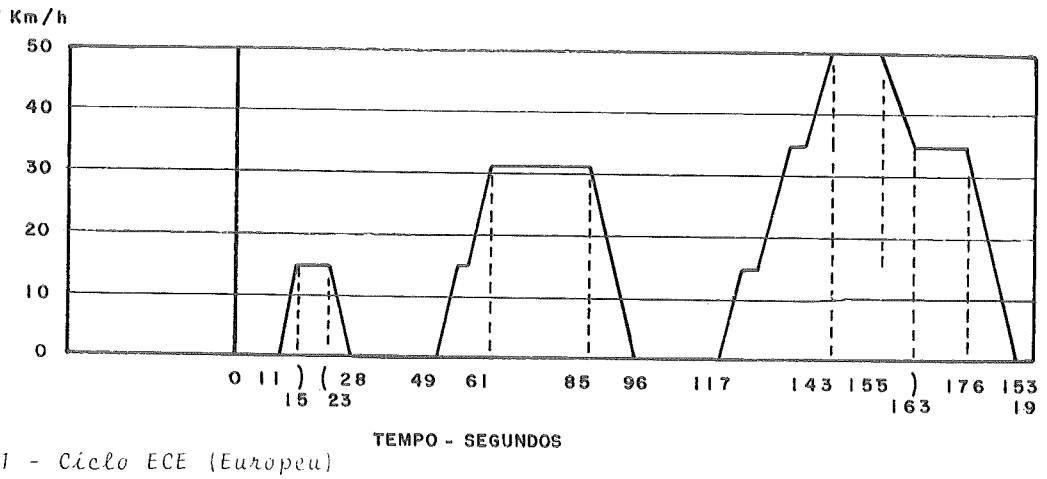


FIGURA 11 - Ciclo ECE (Europeu)

O método de teste americano teve início com um ciclo semelhante, também formado por linhas retas, cujas médias de velocidade aceleração etc. coincidem com as do tráfego normal. Este ciclo, porém, foi abandonado por não representar fielmente o tráfego no tocante às emissões, fato este decorrente da falta de ocorrência de regimes transitórios.

Foi desenvolvido, então, o ciclo utilizado no método CVS que é formado por trechos reais de um perfil de velocidade levantado experimentalmente numa extensão de mais de 30.000 Km.

Como medida teórica da validade do ciclo de condição, os trechos do gráfico foram escolhidos de forma que alguns parâmetros foram mantidos iguais aos seus correspondentes no gráfico de percurso completo, tais como:

- velocidade e aceleração médias;
- porcentagem do tempo total, gasta em regime de marcha lenta;
- número de paradas por unidade de comprimento do percurso.

É importante notar que, nesta segunda fase de desenvolvimento, além da inclusão do grande número de regimes transitórios, foi feita a imposição de que o ciclo não possuisse trechos repetidos, o que aumenta a sua capacidade de incorporar as características da maneira de se dirigir um veículo.

Além disso, para levar em conta o fato de que apenas 43% das viagens diárias são iniciadas com o motor frio, faz-se a média ponderada de dois testes, um com partida a frio e outro com partida a quente.

Como a temperatura dos motores se estabiliza rapidamente, o ciclo foi dividido em duas partes (transitória e estabilizada) e a amostragem é feita em três etapas, como mostra a figura abaixo, assim divididas:

1a) - Etapa de temperatura transitória, durante os primeiros 505 segundos;

2a) - Etapa com temperatura estabilizada;

3a) - Repetição da 1a etapa com o motor quente.

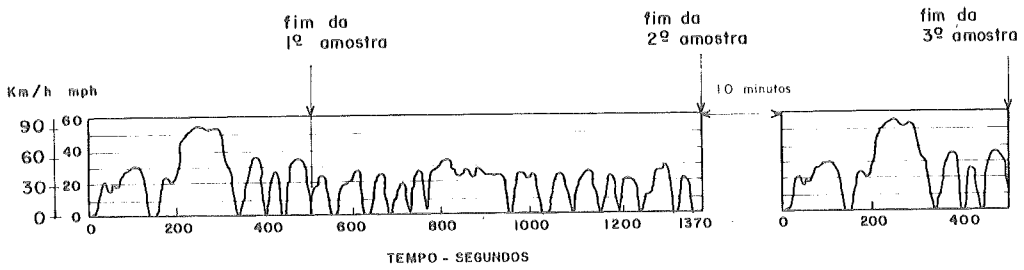


FIGURA 12 - Ciclo CVS-3 (US-75)

O valor ponderado das emissoes e portanto dado por:

$$E = 0,43 \; E_{\substack{trans. \\ frio}} + 0,57 \; E_{\substack{trans. \\ quente}} + E_{estab.}$$

Comparativamente, o ciclo CVS pode ser considerado superior ao ciclo ECE visto que, além de incorporar mais detalhes, foi testado em diversas cidades americanas de características e tamanhos diversos mostrando correlações excelentes, entre as emissões coletadas em trânsito normal e em dinamômetro, seguindo o ciclo CVS. Além disso, comparando as distribuições de frequência da velocidade e da aceleração que ocorrem em veículos seguindo cada um dos ciclos em pauta e, também, rodando nas cidades européias, foi mostrado que o ciclo europeu se devia, em quase todos os pontos, das condições realmente predominantes nas cidades européias, restando, apenas, algumas situações válidas que ocorrem raramente em áreas centrais, as quais estão sendo hoje transformadas em zonas de pedestres.

Segundo esse mesmo estudo, o ciclo CVS se mostrou mais satisfatório no sentido de representar o tráfego europeu, não importando, no caso, o fato de ter sido determinado em cidades da América do Norte, onde os veículos são geralmente grandes e de transmissão automática ao contrário dos da Europa, que são predominantemente pequenos e de transmissão mecânica.

Complementarmente, no tocante aos equipamentos de amostragem e análise dos gases o analisador de hidrocarbonetos por ionização de chama é mais sensível do que aquele por absorção de infra-vermelho e, além disso, o sistema de amostragem com diluição em ar evita a condensação dos hidrocarbonetos, mais pesados e a degradação do NO_x, ambos poluentes contidos no saco de amostragem.

Em resumo, o método CVS se mostra vantajoso sobre o método ECE nos seguintes aspectos:

- o ciclo inclui regimes de movimentos transitórios;

- é composto por trechos de um perfil real de velocidades, obtido em tráfego normal;

- não possui trechos repetidos;

- em termos da ocorrência de velocidade e acelerações representa melhor (estatisticamente) as condições de tráfego, tanto americanas quanto européias;

- faz amostragem com diluição;

- mede os hidrocarbonetos por ionização de chama enquanto que o procedimento europeu os faz por absorção de infra-vermelho, menos sensível;

- a amostra dos gases é diluída em ar, evitando a condensação dos hidrocarbonetos mais pesados, assim como a da água que retiraria consigo parte dos óxidos de Nitrogênio e dos hidrocarbonetos.

Descrição do programa a ser implantado: o programa para o controle da emissão de gases por veículos leves a gasolina será o seguinte:

- inicialmente através da Resolução nº 507 de 30 de setembro 1976 do CONTRAN foi obrigado o uso do sistema de recirculação dos gases do carter, o que elimina 20% da emissão de hidrocarbonetos aproximadamente;

- em seguida será fixado o padrão máximo de 4,5% de CO, em volume, nos gases de marcha lenta, de um veículo regulado na fábrica;

- um ano após, os veículos deverão ser equipados com carburadores invioláveis de forma a ser garantido o padrão máximo de 4,5% de CO em marcha lenta;

- no ano seguinte os veículos deverão ser fabricados obedecendo a padrões de emissão para CO e HC medidos segundo o procedimento CVS, que serão fixados dois anos antes;

- futuramente, os padrões de emissão poderão ser revisados em função dos resultados obtidos e das novas características das necessidades de controle de poluição atmosférica.

Essas regulamentações, bem como os métodos de teste envolvidos, estão ainda sendo redigidos, para serem estabelecidos em nível Estadual e serão objeto de sugestão como regulamentação em nível Federal.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em vista do exposto no presente trabalho pode-se concluir principalmente o que se segue: existe o problema de poluição do ar causado por fontes móveis em São Paulo e este necessita ser equacionado; um plano de controle de veículos em uso não deve ser implantado, devido principalmente aos seguintes fatores:

- se o plano for aplicado com base em simples regulagem, a diferença de emissão antes e após a regulagem não é significativa, donde se conclui que não haverá melhora significativa da qualidade do ar;

- se o plano de controle de veículos em uso for aplicado com base na regulagem de veículos com troca de componentes por outros de menor tolerância de fabricação, o custo para o proprietário será muito elevado e não haverá vantagem do ponto de vista custo benefício.

Deverá ser implantado um plano de controle de veículos novos baseado na imposição de um padrão de 4,5% de CO em marcha lenta a partir de 1981, seguido da utilização de carburadores invioláveis.

BIBLIOGRAFIA

1 - Air Quality Criteria for Carbon Monoxide, v.s. Department of Health, Education and Welfore, Public Health Service, Washington DC., 1970.
DC., 1970.

2 - Air Quality Criteria for Nitrogen Oxides, v.s. Department of Health, Education Welfore, Public Health Service, Washington DC., 1971.

3 - Air Quality Criteria for Hydrocarbons, v.s. Department of Health, Education, and Welfore, Public Health Service, Washington DC., 1970.
DC., 1970.

4 - Air Quality Criteria for Photochemical Oxidantes, v.s.
Department of Health, Education and Welfore, Public Health Service, Washington DC., 1970.

5 - Patterson, D.J. Henein N.A., Emissions from Combustion Engines and Their Control, Ann Arbor Science Publisher, Michigam, 1974.

6 - Control Techniques for Carbon Monoxide, Nitrogen Oxide and Hydrocarbon Emissions from Mobile Sources, v.s.
Department of Health Education and Welfore, Public Health Service, Washington DC., 1970.

7 - Hurn, R.W., Mobile Combustion Sources, Air Pollution Stern, A.C. ed, III Vol., Academic Press, New York, 1971.

8 - Compilation of Emission Factors, 2a. ed., v.s.
Environmental Protection Agency, N.C., 1974.

9 - Relatórios Anuais 1975, 1976 e 1977 - Superintendência de Tecnologia do Ar - Diretoria de Tecnologia de Saneamento do Ar e de Controle das Fontes de Poluição.

10- Decreto Estadual nº 8468 de 08 de setembro de 1976.

11- Fernicola, N.A.G.G. de; Lima, E.R.
Níveis de carboxihemoglobina em habitantes da cidade de São Paulo - Brasil.
DTX-GEE (CETESB)
Trabalho apresentado no 1º Congresso Brasileiro de Toxicologia - 11 a 15 de setembro de 1977 - Guarujá.

12- A adoção de um procedimento de teste de emissão de gases de escape em veículos, aplicável em São Paulo.
Branco, G.M./CETESB - 1978.

13 - Determinação de um ciclo de operação de veículos na Grande São Paulo.
Branco, G.M./CETESB - 1978.

14 - Evolution of Federal Light - Only Mass Emission Regulation.
Thomas A. Huls - SAE/EPA.

15 - Development of the Federal Urban Driving Schedule
Ronald Kruse and Thomas A. Huls - SAE/EPA.

16 - Analysis of the Measuring and Testing Procedures for Motor Vehicle Exhaust Emissions.
Volkswagen Werk AG.

17 - Padrões de Emissão para veículos em uso - Relatório da Divisão de Laboratório de Fontes Móveis da STAR - CETESB - 1978.

18 - STUMPF - O álcool como combustível de motores - Centro Técnico Aeroespacial.

19 - Federal Register - Vol. 40 - Seccção 86 - 1977.

20 - Norma ECE - R15 - 1977.

ÍNDICE

Introdução, 1.1

O problema de poluição do ar por veículos automotres no Estado de São Paulo, 1.5

A estratégia de controle que está em desenvolvimento para aplicação no Estado de São Paulo, 1.10

O controle de veículos diesel, 1.11

Controle de veículos em uso, 1.13

Descrição do plano, 1.13

Resultados da análise do programa, 1.15

Considerações sobre o uso do álcool etílico como combustível adicionado a gasolina,1.16

O controle dos veículos novos a gasolina, 1.17

Descrição da operação do sistema, 1.20

Conclusões e recomendações, 1.25

Bibliografia, 1.26

CETESB

FICHA DE DEVOLUÇÃO
BIBLIOTECA

DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

AX-00135

Data aquis.:
Pedido:
Livraria:
Preço: Cr$
Data Tomba: 25/06/93

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA
DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este documento.