

CETESB

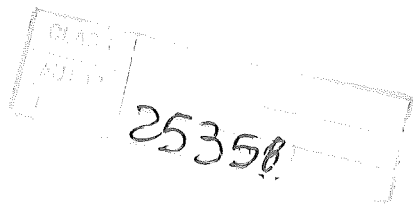
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

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

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR. 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

JUSTIFICATIVA PARA NOVOS LIMITES DE
EMIÇÃO PARA MOTORES DIESEL E
AMPLIAÇÃO DA ABRANGÊNCIA DO PROCONVE

Agosto/92



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

Walter Lazzarini
Diretor-Presidente

Antonio Martins de Albuquerque
Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Carlos Pedro Jens
Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

Lineu Rodrigues Alonso
Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Luiz Antonio Ercolin
Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Ricardo Augusto Grecco Teixeira
Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos
Diretor de Controle da Poluição do Interior

JUSTIFICATIVA PARA NOVOS LIMITES DE EMISSÃO PARA MOTORES DIESEL E AMPLIAÇÃO DA ABRANGÊNCIA DO PROCONVE

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

1. INTRODUÇÃO

O PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores foi criado em 1986 através da Resolução nº 18/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, tendo sido complementado posteriormente pelas Resoluções 4/88, 3/89, 4/89 e 10/89 deste Conselho.

De uma maneira geral estão estabelecidos os limites de emissão e o cronograma de sua implantação para o controle de emissões apenas dos veículos leves com motor do ciclo Otto (a gasool e álcool hidratado) e dos veículos pesados com motor Diesel. Tal estratégia refletia a situação do parque nacional e estava sendo implantada através de um cronograma escalonado, de modo a viabilizar o cumprimento do PROCONVE, sem criar impactos inadmissíveis às indústrias brasileiras.

Com a abertura às importações, tal estratégia ficou vulnerável à entrada de motores pesados do ciclo Otto e veículos leves com motores diesel sem controle de emissões, inexistentes até então, tornando-se imprescindível a sua regulamentação. Isto deve ser feito sem escalonamentos, em todos os casos onde a indústria brasileira ainda não tem motores em produção para o mercado interno.

Complementarmente, o aprimoramento dos métodos da CETESB para a análise de material particulado (MP) do ar atmosférico comprovou que a influência e participação dos veículos na concentração deste poluente ao nível das ruas é bastante superior ao previsto inicialmente através do inventário de fontes, tendo atingido a marca dos 50% de contribuição. Além disso, a legislação ambiental européia, tomada como base da brasileira para veículos pesados, já fixou novas metas e estabeleceu o método para a medição de material particulado dos gases de exaustão, que podem e devem ser implantados no Brasil, por serem absolutamente necessários ao controle de qualidade do ar nos centros urbanos.

Finalmente, o momento é oportuno para a redefinição das estratégias de controle mencionadas acima, visto que as importações ainda não atingiram grande parte do mercado brasileiro e, tanto os veículos importados quanto as novas exigências aqui propostas, não podem prescindir da melhoria da qualidade dos combustíveis.

Cabe ressaltar que a busca de uma qualidade dos combustíveis de nível internacional deve ser objeto de um programa específico, não só por estas razões e pela necessidade de padronização dos

produtos de exportação e importação, como pela sua grande influência na quantidade e toxicidade das emissões de todos os motores, sejam novos ou antigos.

2. A PARTICIPAÇÃO DOS VEÍCULOS NA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR MATERIAL PARTICULADO

(Texto extraído e adaptado do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo-1990 - Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente/CETESB, maio/91)

A legislação ambiental brasileira fixa três padrões de qualidade do ar para material particulado, através da Resolução nº 3/90 do CONAMA, a saber: partículas totais em suspensão - PTS; partículas inaláveis - PI e fumaça.

2.1. Fumaça

Coletado por absorção em filtro e medido por reflectância, na Região Metropolitana de São Paulo, o parâmetro fumaça é amostrado em 7 estações. Destas, quatro estão acima do padrão primário nacional no que se refere a média aritmética anual ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Com respeito ao padrão diário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), somente em Mogi das Cruzes não foi verificada nenhuma ultrapassagem deste valor. Na estação Tatuapé o nível de atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) chegou a ser ultrapassado em 1990.

Os resultados obtidos durante 1990 podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Médias Aritméticas Anuais de Fumaça na RMSP em 1990

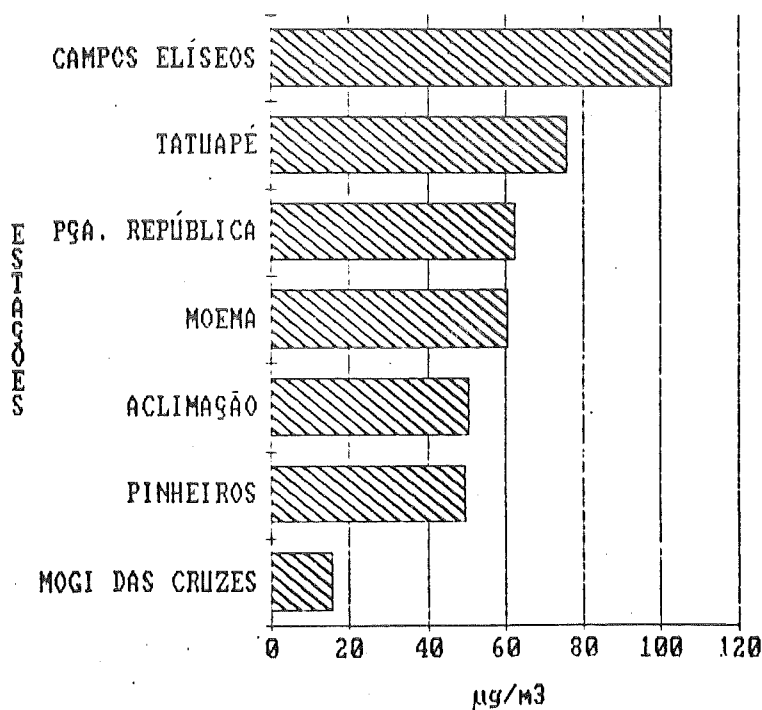
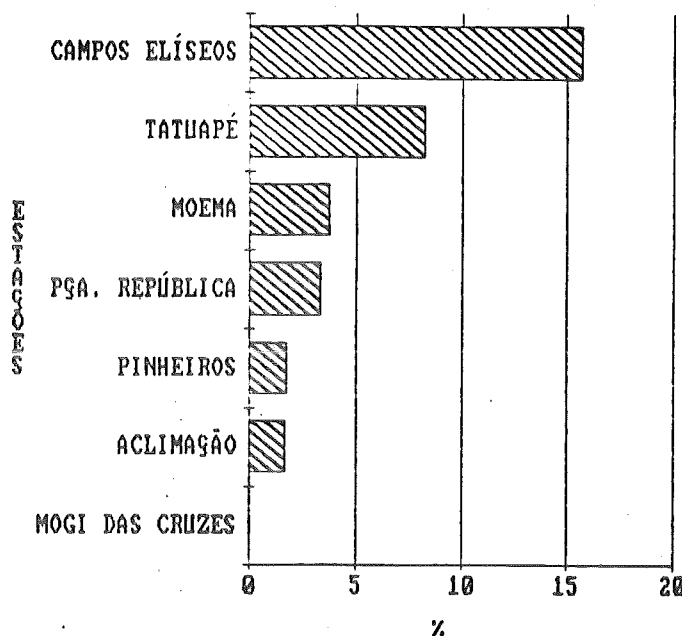


Figura 2 - Porcentagem do Tempo em que o Padrão Primário Diário de Fumaça foi Ultrapassado na RMSP, em 1990.



2.2. Partículas Totais em Suspensão - PTS

As PTS são coletadas pelo filtro do amostrador de grandes volumes e medidas gravimetricamente. Na Figura 3 são mostradas as concentrações médias geométricas anuais de partículas totais em suspensão. Das 11 estações localizadas na Região Metropolitana de São Paulo e Cubatão, 8 se encontram acima do padrão nacional primário de qualidade do ar ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média geométrica anual). Em relação ao padrão diário ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 7 estações estão acima, conforme pode-se observar na Figura 4.

Figura 3 - Médias Geométricas Anuais de Poeira Total em Suspensão na RMSP e Cubatão - 1990

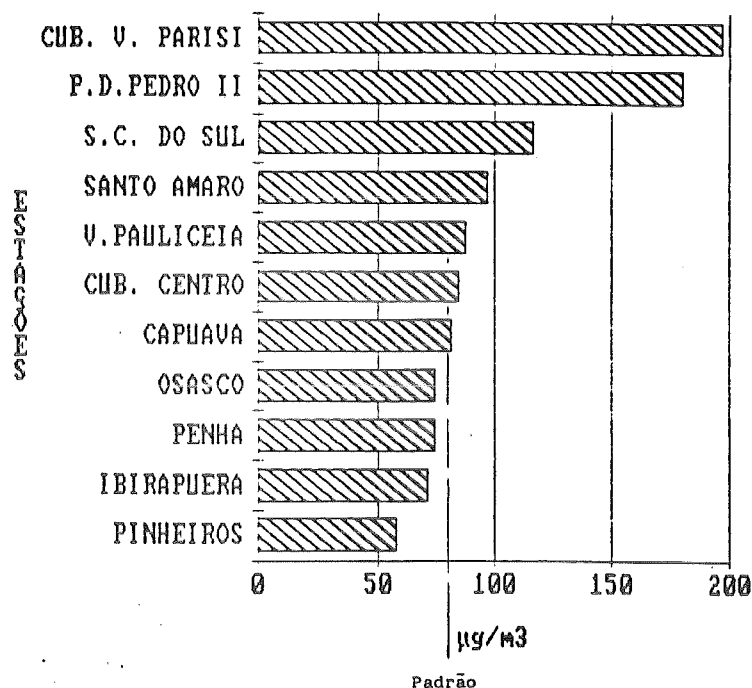
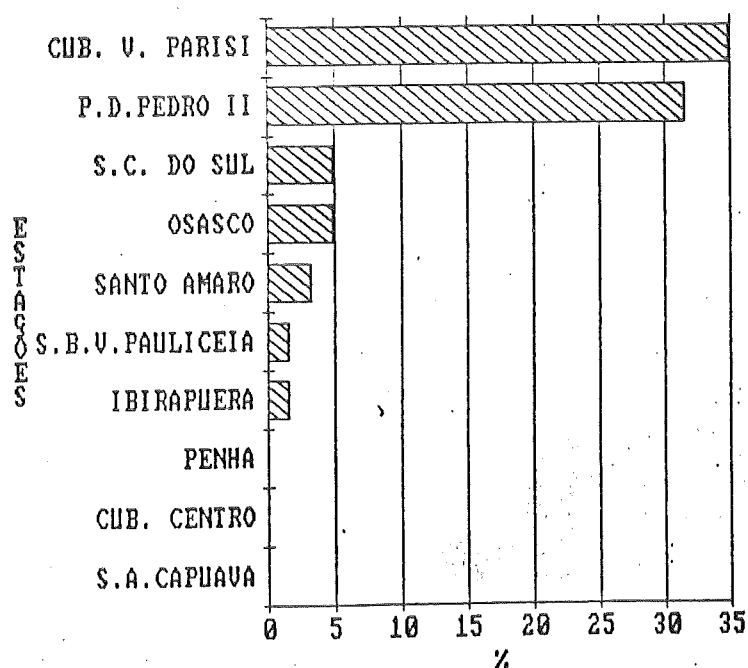


Figura 4 - Porcentagem do Tempo em que as Concentrações de Poeira Total em Suspensão ficaram acima do Padrão Diário em 1990



2.3. Partículas Inaláveis - PI

Correspondem à fração das PTS cujas partículas têm diâmetro inferior a $10\ \mu\text{m}$ e, por isso permanecem mais tempo em suspensão sendo passíveis de inalação. Estas ainda podem ser subdivididas em duas classes: a fração fina ($< 2.5\ \mu\text{m}$) que atinge as regiões mais profundas do sistema respiratório e a fração grossa (de 2.5 a $10\ \mu\text{m}$) mais fácil do organismo humano eliminar. Sua medição é feita através de separador inercial e filtração.

A Figura 5 mostra as médias aritméticas anuais de 1990 para todas as estações da rede telemétrica de amostragem da Região Metropolitana de São Paulo e Cubatão.

Das 23 estações de amostragem que monitoraram este poluente, 16 estão acima do padrão nacional de qualidade ($50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ média aritmética anual).

Na Região Metropolitana de São Paulo o maior valor foi observado na estação São Caetano do Sul ($120\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) representando uma área intensamente ocupada. Na região de Cubatão, a maior média foi observada em Vila Parisi ($90\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), que representa a área crítica de Cubatão. Como veremos adiante, as origens das partículas em suspensão são diferentes em Cubatão e na Grande São Paulo.

Na Figura 6 é mostrada a porcentagem de ultrapassagens do padrão diário em 1990 dando uma idéia da exposição aguda da população. O nível de atenção foi atingido em 12 estações. O nível de alerta foi atingido na Lapa e em Cubatão - Vila Parisi.

Figura 5 - Médias Aritméticas Anuais de Partículas Inaláveis 1990

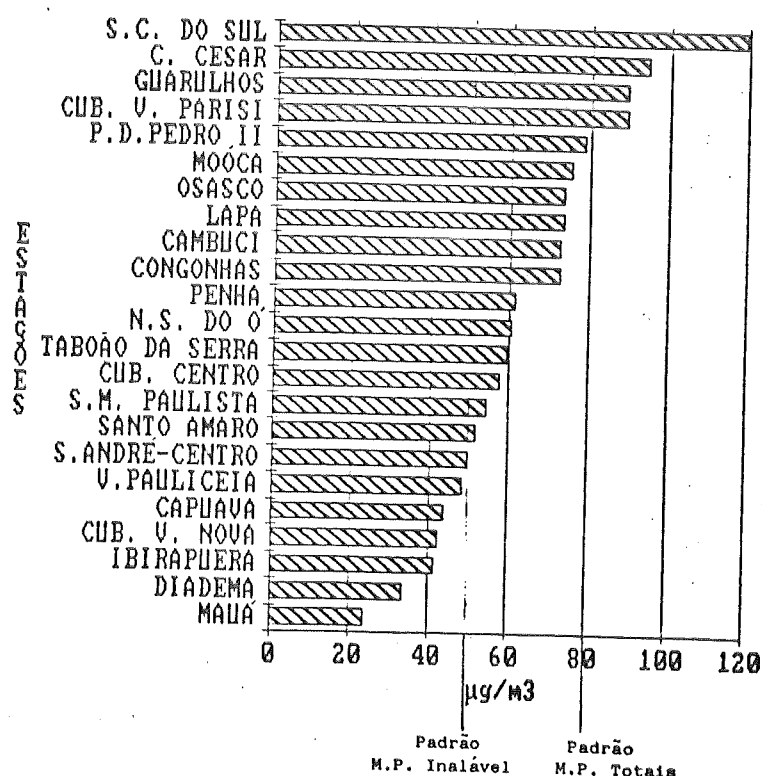
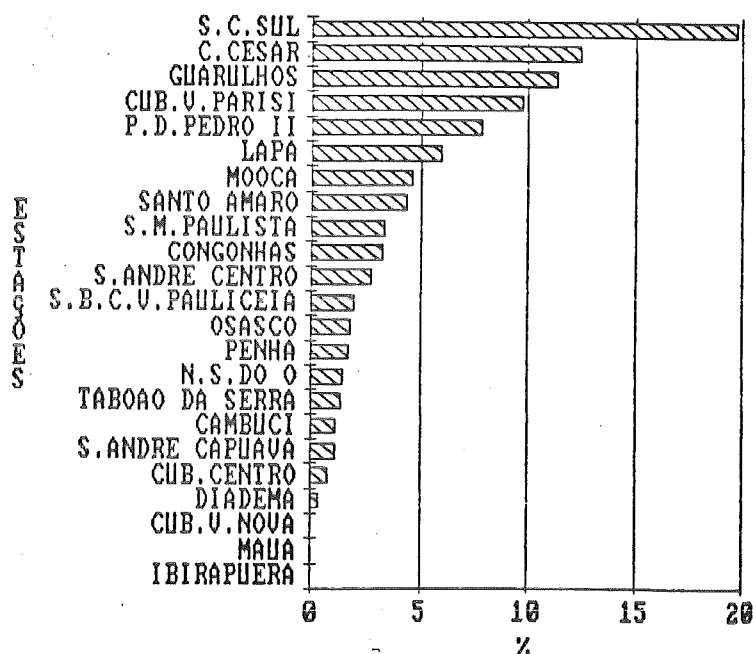


Figura 6 - Porcentagem do Tempo em que o Padrão Diário de Poeira Inalável foi Ultrapassado na RMSP e em Cubatão em 1990



2.4. Caracterização do Problema

Entre novembro/86 e outubro/87 foi realizado um estudo de caracterização dos aerossóis na Região Metropolitana de São Paulo, cujos principais resultados apresentamos a seguir.

Nas Tabelas 1 e 2 são mostradas as composições percentuais das diversas faixas de tamanho de partícula em relação a poeira total em suspensão e poeira inalável.

CETESB - COM. DE PROTEÇÃO E SALVAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

 TABELA 1 - COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DOS TAMANHOS DE
 PARTÍCULA EM RELAÇÃO A PTS

ESTAÇÃO	PF %	PG %	PI= PF+PG %	PTS-PI %
São Caetano	22.3	20.8	43.1	56.9
D. Pedro	31.4	18.9	50.3	49.7
Ibirapuera	35.4	22.8	58.2	41.8
Osasco	26.5	19.1	45.6	54.4

 TABELA 2 - COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DOS TAMANHOS DE
 PARTÍCULA EM RELAÇÃO A PI

ESTAÇÃO	PF %	PG %
São Caetano	51.8	48.2
D. Pedro	62.5	37.5
Ibirapuera	60.9	39.1
Osasco	58.1	41.9

é possível verificar que cerca da metade da massa das partículas totais em suspensão é constituída de poeira inalável. No particulado inalável a fração fina ($<2.5 \mu\text{m}$) sempre predomina em relação ao particulado grosso (entre 2.5 e $10 \mu\text{m}$), representando de 50 a 60% da massa.

Nas Figuras de 7 a 10, pode-se verificar as contribuições médias dos diversos tipos de fontes para a degradação da qualidade do ar por material particulado, nas suas várias frações.

No que se refere a poeira total em suspensão, as maiores contribuições são provenientes de poeira ressuspensa do solo e veículos, exceto em Cubatão, onde predominam as indústrias de fertilizantes. Também merecem atenção os aerossóis secundários de enxofre e carbono.

Na fração inalável do material particulado, continuam sendo importantes as contribuições de poeira ressuspensa do solo e veículos e aumenta a importância dos aerossóis secundários.

Na Tabela 3 são apresentadas as concentrações médias de carbono orgânico, carbono elementar e carbono total nas diversas frações de tamanho de partícula do material particulado, bem como as porcentagens do material carbonáceo em relação às concentrações mássicas.

é importante notar que os teores de material carbonáceo na atmosfera da RMSP são extremamente elevados. Tal afirmação é sustentada quando se compara os níveis aqui observados com os de grandes cidades dos Estados Unidos, como pode ser observado na Figura 11.

Note-se que o carbono total é responsável em média, por 41% do material particulado inalável sendo o carbono orgânico responsável por 32%, o que significa uma participação muito grande dos hidrocarbonetos pesados no particulado inalável.

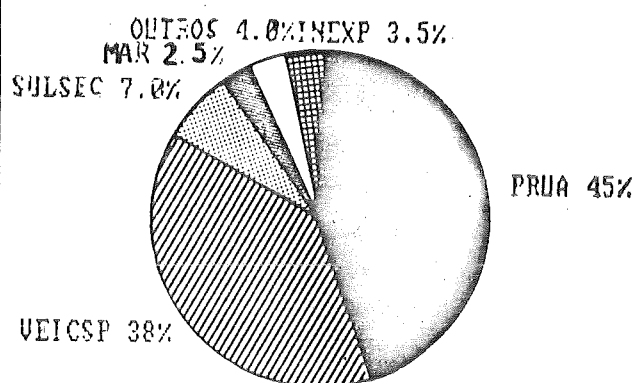
TABELA 3 - PORCENTAGENS DO MATERIAL CARBONÁCEO EM
 RELAÇÃO À CONCENTRAÇÃO MÁSSICA

ESTAÇÃO	PARTICULADO FINO			PARTICULADO GROSSO			PARTICULADO INALÁVEL			PARTICULADO TOTAL		
	C.O.	C.E.	C.T.	C.O.	C.E.	C.T.	C.O.	C.E.	C.T.	C.O.	C.E.	C.T.
São Caetano												
Média($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17.5	4.6	22.1	5.2	3.0	8.2	22.8	7.6	30.4	32.1	13.8	45.9
% em relação à massa	39.7	10.4	50.1	12.6	7.3	19.9	16.7	8.9	35.6	16.0	6.9	22.9
D. Pedro												
Média($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23.0	8.0	31.0	4.7	3.7	8.4	27.7	11.7	39.4	38.3	15.6	53.9
% em relação à massa	47.3	16.5	63.8	16.0	12.6	28.6	35.6	15.0	50.6	24.3	9.9	34.2
Ibirapuera												
Média($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.8	2.1	11.9	3.3	1.4	4.7	13.1	3.5	16.6	17.7	4.8	22.5
% em relação à massa	35.0	7.5	42.5	18.7	8.0	26.7	28.7	7.7	36.4	22.1	6.0	28.1
Osasco												
Média($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17.8	4.1	21.9	4.6	2.1	6.7	22.4	6.2	28.6	30.2	11.5	41.7
% em relação à massa	49.8	11.5	61.3	17.4	7.9	25.3	36.0	10.0	46.0	21.9	8.3	30.2
MÉDIA GLOBAL												
Média($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17.0	4.8	21.8	4.5	2.5	8.0	21.5	7.3	28.8	29.5	11.4	40.9
% em relação à massa	43.0	11.5	54.5	16.1	8.9	25.0	31.7	9.3	41.0	21.0	7.7	28.7

C.O. = Carbono Orgânico
 C.E. = Carbono Elementar
 C.T. = Carbono Total

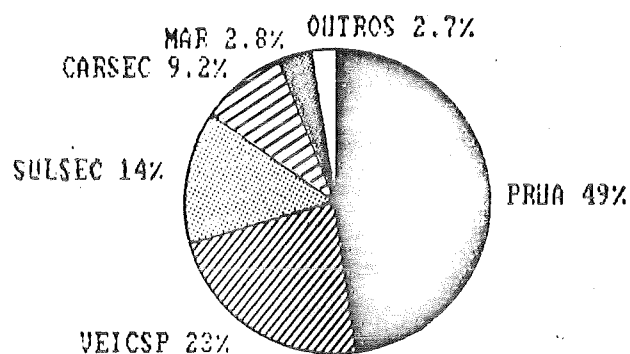
**Figura 7 - Contribuição das Fontes - Poeira
Total em Suspensão - 1988**

P.D. PEDRO-TOTAL



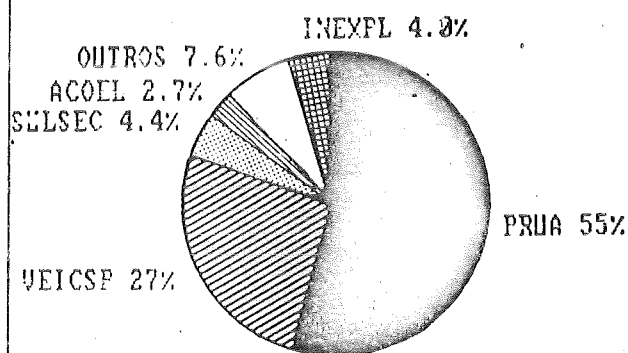
CONC=139 µg/m³

IBIRAPUERA-TOTAL



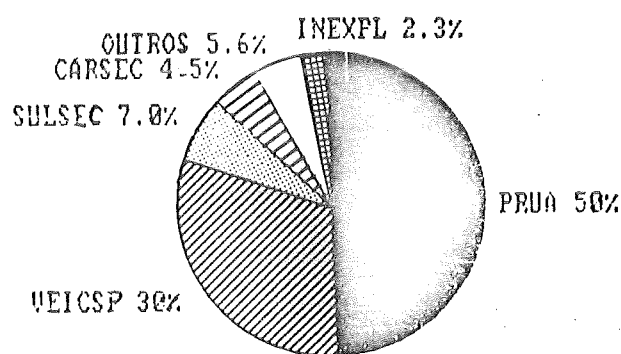
CONC=75 µg/m³

S. CAETANO-TOTAL



CONC=180 µg/m³

OSASCO-TOTAL

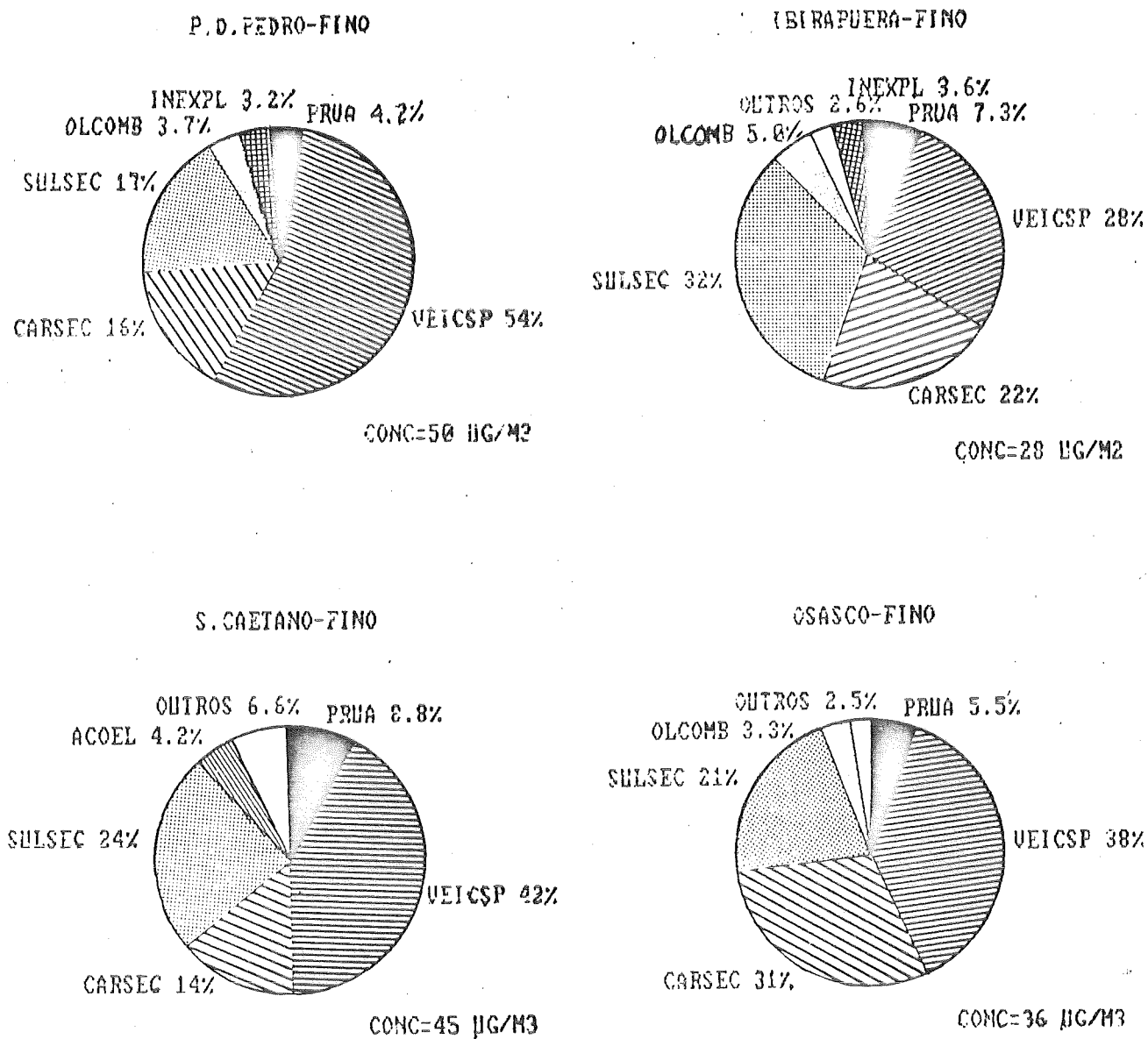


CONC=121 µg/m³

PRUA-Poeira de rua
VEICSP-Veículos automotores
CARSEC-Carbono secundário
SULSEC-Sulfato secundário

OLCOMB-óleo combustível
MAR-Aerossol marinho
ALCOEL-Forno de arco elétrico
INEXPL-Inexplicado

Figura 8 - Contribuição das Fontes - Poeira Fina - 1988

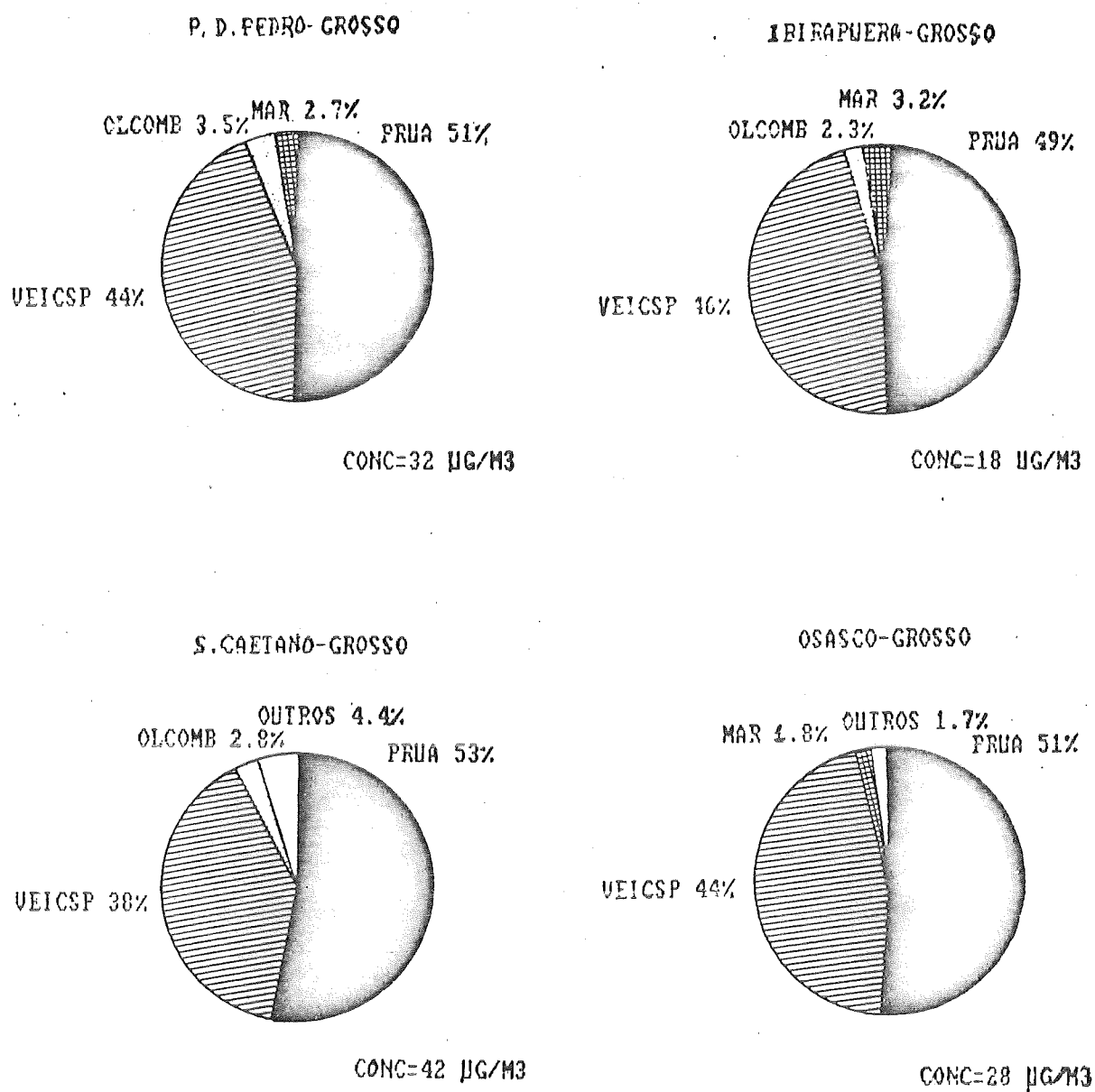


PRUA-Poeira de rua
 VEICSP-Veículos automotores
 CARSEC-Carbono secundário
 SULSEC-Sulfato secundário

OLCOMB-óleo combustível
 MAR-Aerossol marinho
 ALCOEL-Forno de arco elétrico
 INEXPL-Inexplicado

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Figura 9 - Contribuição das Fontes - Poeira Grossa - 1988

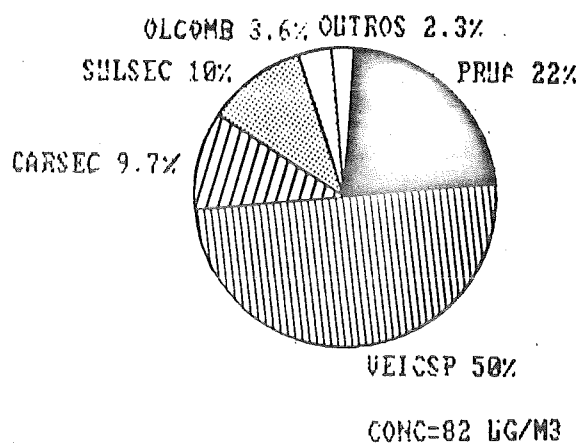


PRUA-Poeira de rua
VEICSP-Veículos automotores
CARSEG-Carbono secundário
SULSEC-Sulfato secundário

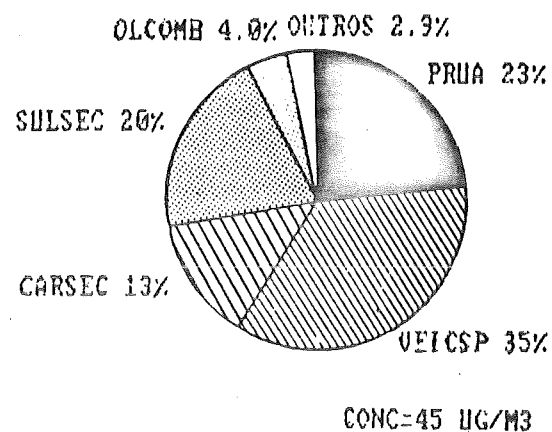
OLCOMB-óleo combustível
MAR-Aerossol marinho
ALCOEL-Forno de arco elétrico
INEXPL-Inexplicado

Figura 10 - Contribuição das Fontes - Poeira Inalável - 1988

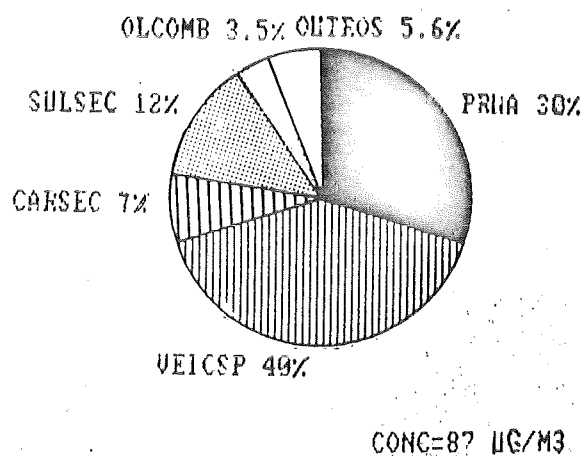
P.D. PEDRO-INALAVEL



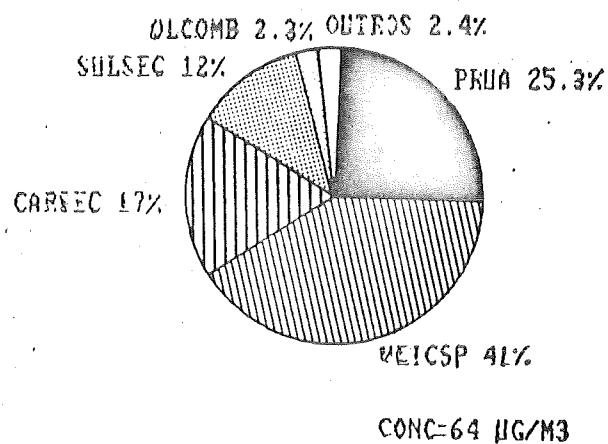
IBIRAPUERA-INALAVEL



S. CAETANO-INALAVEL



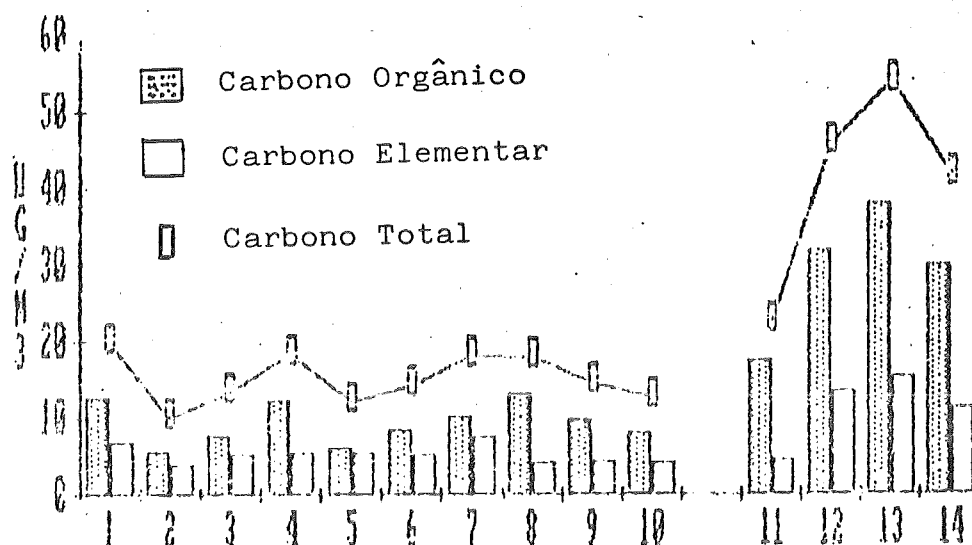
OSASCO-INALAVEL



PRUA-Poeira de rua
 VEICSP-Veículos automotores
 CARSEC-Carbono secundário
 SULSEC-Sulfato secundário

OLCOMB-óleo combustível
 MAR-Aerossol marinho
 ALCOEL-Forno de arco elétrico
 INEXPL-Inexplicado

Figura 11 - Concentração de Material Carbonáceo na P.T.S. em São Paulo e cidades norte-americanas



1- Burbank
2- Charleston
3- Chicago
4- Dallas
5- E.Chicago

6- Los Angeles
7- New York
8- Phoenix
9- S.Bernardino
10- Lorrance

11- Ibirapuera
12- São Caetano
13- D.Pedro
14- Osasco

Pode-se concluir, portanto, que nas regiões densamente povoadas as emissões de particulados dos veículos determinam a qualidade do ar, o que justifica a intensificação severa de seu controle. Complementarmente, as altas concentrações de carbono orgânico e elementar na atmosfera de São Paulo, indicam a alta emissão dos motores da frota circulante de veículos.

3. NOVOS LIMITES E EXIGÊNCIAS PARA VEÍCULOS PESADOS

3.1. Limites de Emissão

Os motores nacionais para veículos pesados tendem a ser equiparados tecnologicamente com padrões internacionais, especialmente com os europeus, tendo em vista a sua competitividade nos mercados de importação e exportação e os benefícios da economia de escala trazidos pela padronização de especificações e componentes.

Neste sentido, os limites de emissão exigidos na Europa poderão ser implantados no Brasil com pequena defasagem de cronograma, para a grande maioria das aplicações de motores Diesel.

Propõe-se, por isso, a antecipação dos limites do CONAMA previstos para 1995 e a implantação dos limites EURO I e EURO II com dois anos de defasagem com a Europa, pelo menos para os ônibus urbanos e no máximo com 4 anos para os demais veículos.

Para evitar a obsolescência dos projetos e modelos de motor destinados a aplicações especiais de baixo volume de vendas, propõe-se que a introdução de cada conjunto de limites seja feita apenas para os modelos responsáveis por 80% da produção de cada fabricante, permitindo-se que os modelos responsáveis pelos 20% restantes permaneçam inalterados por um prazo adicional, o que evitará investimentos em motores que tendem a sair do mercado ou a descontinuidade abrupta de sua fabricação. O programa de exigências proposto é o seguinte:

TABELA 4 - LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO PARA MOTORES DIESEL

	CO	HC	NO _x	FUMAÇA	PARTÍCULAS	OBSERVAÇÕES
	(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)	(K)	(g/kWh)	
FASE I	-	-	-	2,5	-	Atualmente implantada
FASE II	11,2	2,45	14,4	2,5	-	CONAMA 1995 e Europa 1990
FASE III	4,9	1,23	9,0	-	0,7/0,4 ⁽¹⁾	EURO I (prevista p/Dez.92)
FASE IV	4,0	1,1	7,0	-	0,15	EURO II (prevista p/Jan.96)

(1) 0,7 g/kWh, para motores até 85 kW e 0,4 g/kWh para motores com mais de 85 kW.

TABELA 5 - CRONOGRAMA PARA IMPLANTAÇÃO DOS LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO

D A T A	APLICAÇÃO	FASE	% VENDAS NO BRASIL
01/01/1992	Todas	I	100%
	Voluntário	II	-
01/01/1993	Todas	II	80%
		I	20%
01/01/1994	Ônibus	III	80%
	Urbanos	II	20%
01/01/1996	Todas	III	80%
		II	20%
01/01/1998	Ônibus	IV	80%
	Urbanos	III	20%
01/01/2000	Todas	IV	80%
		III	20%
01/01/2002	Todas	IV	100%

Complementarmente, para viabilizar a fiscalização correta do estado de manutenção dos veículos em uso, todos os motores Diesel deverão ser ensaiados, no processo de homologação, quanto ao índice de fumaça em aceleração livre de modo a ter um limite máximo especificado pelo fabricante que reflita as condições de funcionamento, regulagem e especificações do projeto homologado. Estabeleceu-se a meta de padronização destes valores para $0,83 \text{ m}^{-1}$ (30 HSU) e $1,19 \text{ m}^{-1}$ (40 HSU) para os motores naturalmente aspirados e turboalimentados, respectivamente, porém, em data a ser definida em função da disponibilidade de óleo diesel comercial com as especificações internacionais de densidade e teor de enxofre.

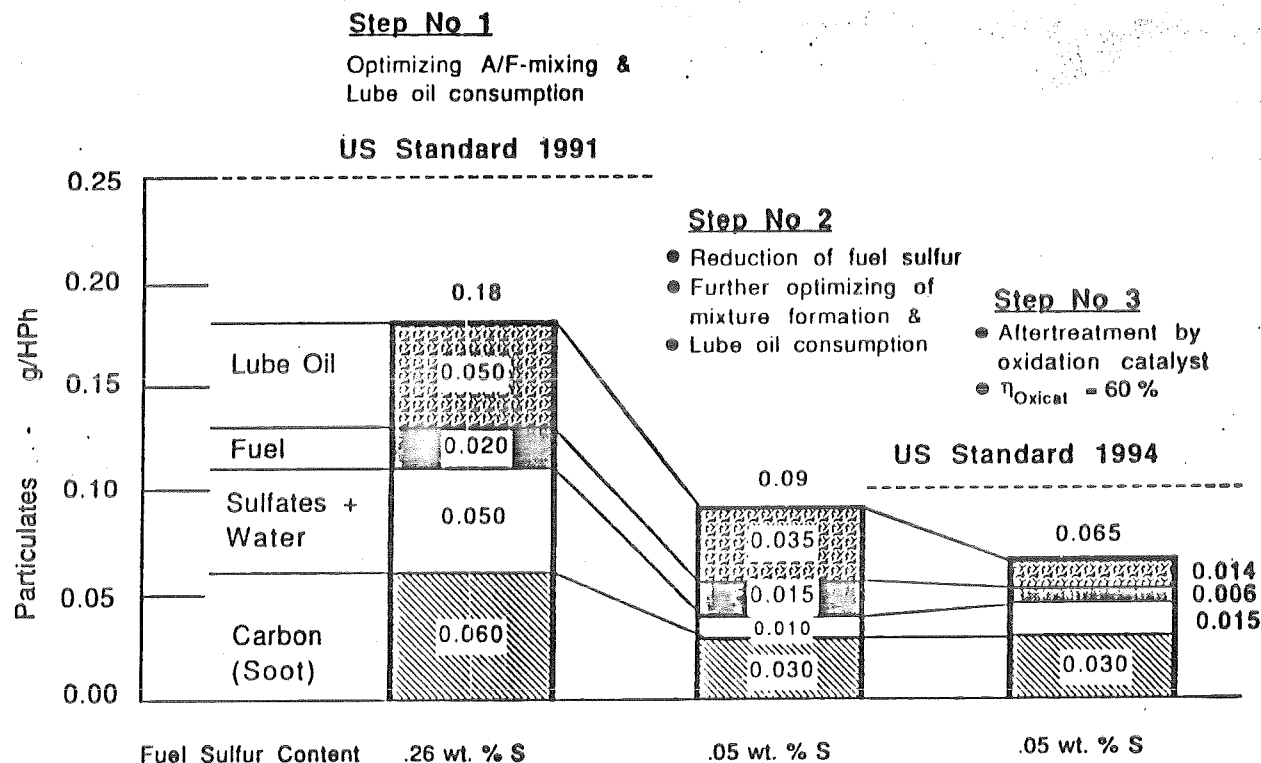
3.2. Óleo Diesel de Referência para Ensaio de Homologação e certificação

Para permitir a padronização de tecnologias e a repetibilidade dos ensaios de homologação de protótipo e de certificação de conformidade da produção, o óleo diesel de referência deve ter, respectivamente, as mesmas especificações européias para cada fase.

Entretanto, é sabido que as variações de densidade e dos teores de enxofre e de aromáticos do óleo diesel influem significativamente nos resultados de emissões. Por isso, todo motor homologado deve ser ensaiado também com óleo diesel comercial, para permitir o conhecimento dos fatores de emissão reais da frota de veículos.

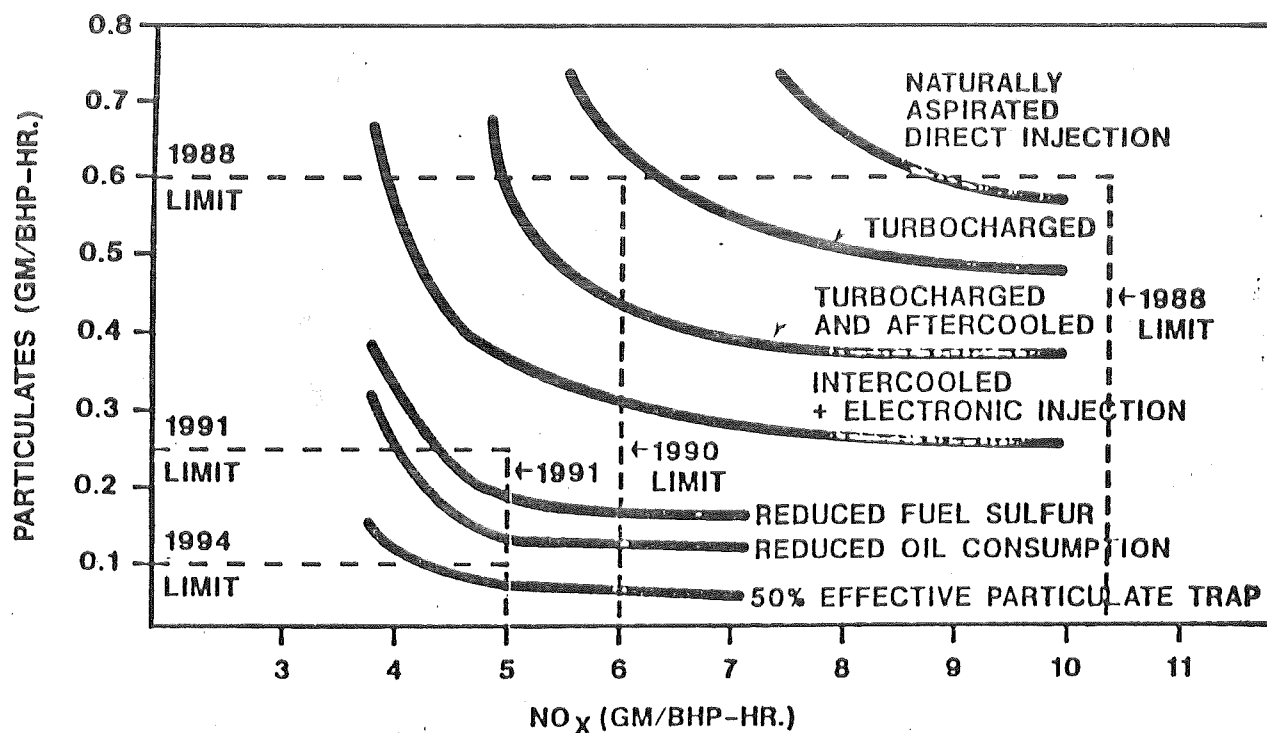
Esta exigência destina-se ao acompanhamento do PROCONVE e sua influência na qualidade do ar e à orientação de estratégias que exijam a melhoria do combustível distribuído nos centros urbanos congestionados ou em frotas cativas de ônibus e caminhões, se necessário. Pretende-se, também, avaliar separadamente as influências da evolução tecnológica realmente implantadas pelos fabricantes de motores e da qualidade do combustível comercial, atualizando as figuras adiante com dados brasileiros.

Figura 12 - Origens da Emissão de MP num Motor Diesel



Fonte: AVL

Figura 13 - Nível Tecnológico x Emissões de NO_x e MP



Fonte: Ricardo Engineering

DATE	28/9/92
DE	
TIME	
PRE	28/9/92
TEST	