

# IMPACTO AMBIENTAL DO PROCONVE

Eduardo M. Murgel<sup>1</sup>

**RESUMO** - Neste trabalho é analisado o efeito do Proconve - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores nas emissões dos veículos leves a álcool e a gasolina, numa projeção feita até 1999 para a Região Metropolitana de São Paulo. Foram calculadas as estimativas de emissão, na atmosfera, de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) esperadas com a aplicação do Proconve e comparadas com o estimado no caso de não entrar em vigor essa legislação. Foi estimada uma eficácia de 63% na redução da emissão de CO, 50% de HC e 35% de NO<sub>x</sub> para 1999, mostrando claramente o benefício que esse programa trará às grandes cidades brasileiras.

**ABSTRACT** - This paper analyses the effect of the Proconve - Air Pollution Control Program for Automotive Vehicles on the light duty vehicles emissions (gasoline and ethanol), on a projected basis until 1999 in the São Paulo Metropolitan Area. The atmospheric emissions were estimated for carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC) and Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>) expected with the Proconve enforcement, compared to the uncontrolled case. The estimated gains were 63% for the CO reduction, 50% for HC and 35% for NO<sub>x</sub> in 1999, which clearly shows the program benefits to the Brazilian population centers.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito do Proconve - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores nas emissões de poluentes por veículos leves na RMSP - Região Metropolitana de São Paulo. O Proconve foi criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente em maio de 1986, com a finalidade de reduzir a emissão de poluentes pelo escapamento de veículos automotores com motor do ciclo Otto (álcool e gasolina) e Diesel, e emissões evaporativas.

Segundo Branco (1985), as emissões de escapamentos de veículos leves foram responsáveis por 84% do monóxido de carbono (CO), 41% dos hidrocarbonetos (HC) e 18% dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) emitidos em 1981 na RMSP. Nota-se, dessa forma, a grande influência dos veículos leves nos índices de poluição do ar. O presente trabalho foi realizado na tentativa de se prever, por modelagem matemática, a carga de poluentes emitida pelo escapamento de veículos leves na RMSP nos próximos 15 anos, com e sem aplicação do Proconve, e dessa forma se avaliar o benefício que o programa trará, no futuro, quanto às emissões de escapamento de veículos leves na RMSP.

A metodologia aplicada é a mesma utilizada por Murgel et alii (1986), em relatório preliminar que constitui parte substancial deste trabalho.

Diante da diversidade de possibilidades de evolução da frota de veículos no futuro, foram feitas estimativas da emissão de poluentes por veículos leves para cada ano, desde 1984 até 1999, com base em diversas hipóteses de crescimento industrial e de volume de produção de veículos a álcool e gasolina, as quais foram admitidas como os limites prováveis para esses parâmetros, em função de dados históricos e perspectivas do país.

## METODOLOGIA DE CÁLCULO

A metodologia de cálculo adotada nesse trabalho é similar à utilizada pela EPA - Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos, e considera que a emissão total de um determinado poluente atmosférico por veículos automotores, numa determinada data, é a somatória da emissão desse poluente pelos veículos que compõem a frota circulante nesta data. Por questões de avanços tecnológicos, introdução de novos modelos etc., os veículos da frota circulante são agrupados de acordo com o ano-modelo. Para efeito de cálculo, são considerados: a quilometragem média anual de cada ano-modelo, a emissão média do poluente em questão, denominada fator de emissão (FE), o número de veículos da frota circulante, bem como a deterioração do motor em função do uso, a qual é denominada fator de deterioração (FD), a qual altera substancialmente o fator de emissão.

Para este trabalho considerou-se que os poluentes de interesse são o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), emitidos pelo tubo de escapamento dos veículos automotores leves. É importante observar que o que chamamos, por convenção, neste trabalho, de hidrocarbonetos, significa na realidade a parcela de combustível não queimado, ou parcialmente queimado, e que pode se constituir de hidrocarbonetos, alcoóis, aldeídos, cetonas e outros compostos. A frota circulante é representada pelos veículos licenciados na RMSP e o estudo considera o período compreendido entre 1984 e 1999.

<sup>1</sup>Engenheiro da CETESB

## Emissão de cada ano-modelo

A emissão de um poluente de cada ano-modelo é calculada multiplicando-se a frota atualizada para um certo ano pela quilometragem anual média para veículos daquela idade e pelo fator de emissão (g/km) do ano-modelo corrigido para o ano em questão, em função da degradação do veículo. O resultado é expresso em t/ano, posteriormente convertido em t/dia.

Define-se como frota atualizada a frota circulante de um determinado ano-modelo, em dezembro de um dado ano. Essa frota é representada pelo número dos veículos do ano-modelo que entram em circulação, multiplicado por um fator de retirada, que é função de idade dos veículos.

A frota atualizada até o ano de 1984 é aquela admitida como a real, segundo números obtidos na publicação do GEIPOT (1984). Para anos-modelo de 1985 a 1999, a frota que entraria em circulação é aquela comercializada no ano anterior, acrescida da taxa de crescimento industrial da hipótese considerada.

O fator de emissão para os anos-modelo anteriores a 1985 é a média dos valores obtidos no Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, ponderada conforme a participação de cada marca na frota.

Para os modelos posteriores a 1985, o fator de emissão adotado é 60% do limite de emissão permitido pelo Proconve, tendo em vista que esta é a margem de segurança usualmente adotada pelos fabricantes de veículos ou, na hipótese da não aplicação do Proconve, os fatores de emissão são considerados constantes de 1985 até 1999.

Os fatores de emissão assim calculados são válidos para veículos novos. Para os veículos com idade superior a um ano, considera-se um aumento de emissão de CO e HC, em função da deterioração do motor.

Os fatores de deterioração utilizados, apresentados mais adiante, foram extraídos do estudo da EPA (1981).

A quilometragem média anual de um veículo também é função da sua idade, visto que em geral os veículos mais novos e confiáveis são utilizados nos casos em que há necessidade de uso mais intenso. Assim, para cada ano-modelo, atribui-se um valor de quilometragem média anual, fruto de pesquisas realizadas em São Paulo, que por sua vez são similares aos valores norte-americanos.

## Emissão total

Em pesquisa realizada pela CETESB, em 1982, verificou-se que a vida média de uma frota de determinado ano-modelo é de cerca de 11 anos, e sua vida total chega a 22 anos. Portanto, para se estimar a emissão total de cada poluente (CO, HC e NO<sub>x</sub>) em um determinado ano, considera-se os 11 anos-modelo anteriores e ainda os veículos com mais de 11 anos de idade. Todos englobados em uma só classe, considerada como sendo composta por veículos com os mesmos fatores de emissão atribuídos aos veículos de 12 anos.

Embora isto possa trazer uma diminuição artificial nos resultados, esta é muito pequena. A emissão total é, então, dada pela soma dos 12 resultados parciais obtidos para cada ano-modelo.

## Eficácia do Proconve

Como poderá ser visto nos resultados, o crescimento industrial e a relação entre a produção de veículos a álcool e a gasolina exercem influência importantíssima sobre o total de emissões. Isso dificulta a avaliação sobre a eficácia do programa em si, descontados os efeitos dos demais parâmetros, que independem do controle de poluição e das inovações tecnológicas necessárias para isso.

Assim, a eficácia definida a seguir mede o índice de mérito das inovações tecnológicas necessárias ao cumprimento da proposta de controle.

Conforme já descrito, foi calculada a previsão de emissão de CO, HC e NO<sub>x</sub> para cada ano, desde 1984 até 1999. Isso foi feito considerando-se a manutenção dos fatores de emissão atuais, o que representa uma previsão de emissão de poluentes sem controle para os modelos a partir de 1985. Calculou-se, da mesma maneira, a previsão de emissão, aplicando-se os fatores de emissão decorrentes da aplicação do Proconve. A eficácia do Proconve é definida pela seguinte expressão:

$$E_f (\%) = 100 - \frac{E_m (\text{Proconve})}{E_m (\text{sem controle})} \times 100$$

onde:  $E_m$  (Proconve) = previsão de emissão total de poluentes num dado ano, com a entrada em vigor do Proconve.

onde:  $E_m$  (sem controle) = previsão de emissão total de poluentes no mesmo ano, caso se mantenham os fatores de emissão médios atuais.

Calculada desta forma, a eficácia representa a **redução percentual da emissão** de cada poluente em determinado ano, devido à aplicação do Proconve em relação ao que aconteceria se fossem mantidas as demais hipóteses e os fatores de emissão atuais.

## PARÂMETROS-BASE

Os parâmetros-base utilizados nos cálculos de emissão de CO, HC e NO<sub>x</sub> estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

### Fator de emissão

Para os veículos fabricados de 1973 a 1985, foram adotados os fatores de emissão constantes da Tabela 3 expressos em g/km. Esses valores são válidos para motores novos, devendo ser aplicados sobre eles os fatores de deterioração descritos a seguir.

TABELA 1 - Distribuição da quilometragem média rodada por faixa etária

idade (anos)	km média(anual)	idade (anos)	km média(anual)
1	22.000	7	14.000
2	19.000	8	13.000
3	17.000	9	13.000
4	15.000	10	13.000
5	14.000	11	10.000
6	14.000	mais que 12	9.000

Fonte: Branco (1980)

TABELA 2 - Taxa de retirada de veículos por faixa etária

ano	% de retirada	ano	% de retirada
1	0,2	12	70,0
2	0,5	13	72,0
3	1,0	14	73,5
4	2,0	15	75,0
5	3,5	16	76,0
6	8,0	17	77,0
7	15,0	18	79,0
8	32,0	19	81,5
9	48,5	20	86,0
10	60,0	21	92,0
11	67,0	22	100,0

Fonte: Branco (1980)

Obs.: O percentual de retirada é sempre aplicado ao total da frota no ano de sua comercialização.

TABELA 3 - Fatores de emissão

Ano-modelo	CO	HC <sup>(1)</sup>	NO <sub>x</sub>
de 1973 a 1979	54	4,7	1,5
de 1980 a 1985 (a gasolina)	33	3	1,4
de 1980 a 1985 (a álcool)	18	1	1

Fonte: Branco (1980)

<sup>1</sup>Pesquisas recentes ainda em andamento mostram que a leitura dos "HC" (etano e outros componentes orgânicos) emitidos pelo motor a álcool são subestimados, devendo ser multiplicados por um fator, a ser confirmado, provavelmente entre 2 e 3,5.

## Fatores de deterioração

Para os veículos fabricados a partir de 1977 inclusive, utilizaram-se os fatores de deterioração calculados para os modelos 1968/69 dos Estados Unidos, ou seja:

$$FDCO = \frac{56.34 + 2.55 y}{56.34}$$

$$FDHC = \frac{4.43 + 0.25 y}{4.43}$$

Para os veículos a gasolina anteriores a 1977, utilizaram-se os fatores de deterioração para os modelos pré-1968 dos Estados Unidos:

$$FDCO = \frac{78.27 + 2.5 y}{78.27}$$

$$FDHC = \frac{7.25 + 0.18 y}{7.25}$$

Para todas as equações,  $y = \frac{\text{quilometragem acumulada}}{1.61 \times 10\ 000}$

Para a emissão de  $\text{NO}_x$ , considerou-se não haver deterioração ao longo do tempo, conforme indicado na literatura consultada. Para CO e HC, o fator de emissão FE para uma determinada quilometragem é dado por:

$$FE = FE_{\text{(inicial)}} \times FD$$

## HIPÓTESE DE PREVISÃO DA FROTA

A fim de se obter um estudo abrangente, foram adotadas diversas hipóteses de crescimento da frota de veículos leves e da proporção de veículos a álcool e a gasolina comercializados.

A hipótese denominada "A" prevê um crescimento de vendas de 6% ao ano, ou seja, o número de veículos vendidos em um ano é 6% maior que o do ano anterior. Esse número foi escolhido por representar o crescimento industrial atual e, também, a meta dos próximos anos. A participação dos veículos a álcool, segundo essa hipótese, manteria o valor atual de 95% sobre o total das vendas no ano, conforme a Figura 1.

A hipótese B considera uma redução do crescimento industrial, baixando para 1% ao ano, mas mantendo-se a participação dos veículos a álcool em 95%, de acordo com a Figura 2.

As hipóteses C e D, com crescimento industrial de 6% e 1% ao ano, respectivamente, supõem que a partir de 1988 a participação dos veículos a álcool, no total de vendas, passe de 95% para 50%, conforme as Figuras 3 e 4.

A hipótese E é a menos conservadora de todas, prevendo um crescimento industrial de 10% e mantendo-se a proporção de 95% de veículos a álcool, conforme a Figura 5.

Devido ao sucateamento de veículos, conforme a Tabela 2, ao se estimar a frota futura, segundo as hipóteses anteriormente citadas, verificou-se em certos casos uma diminuição do total de veículos em circulação. Como o sucateamento é fortemente dependente da comercialização nos anos passados, admitiu-se que num período de crise não houvesse propriamente uma diminuição da frota, mas sim um aumento da vida média dos veículos,

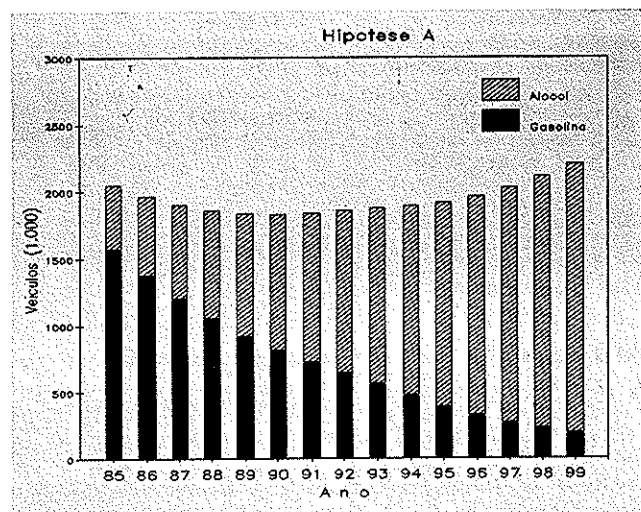


FIGURA 1 - Estimativa de frota - hipótese A

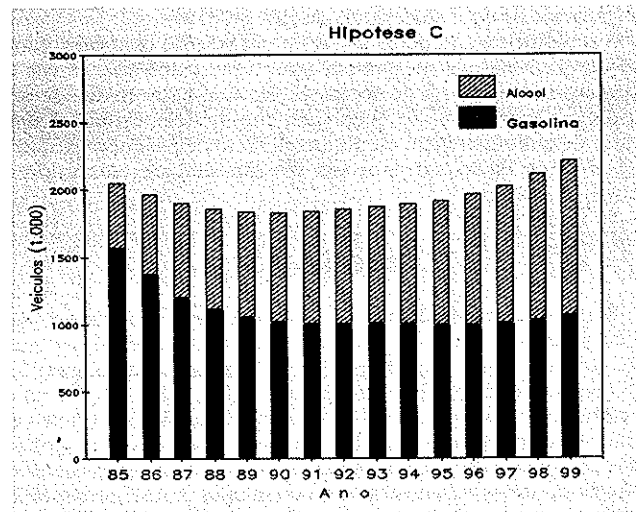


FIGURA 3 - Estimativa de frota - hipótese C

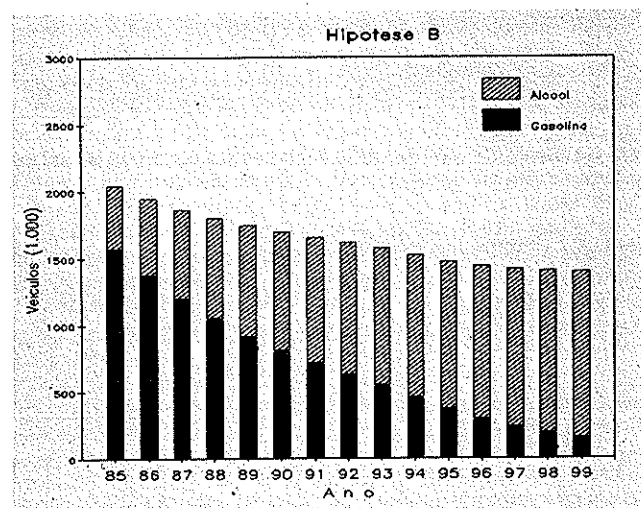


FIGURA 2 - Estimativa de frota - hipótese B

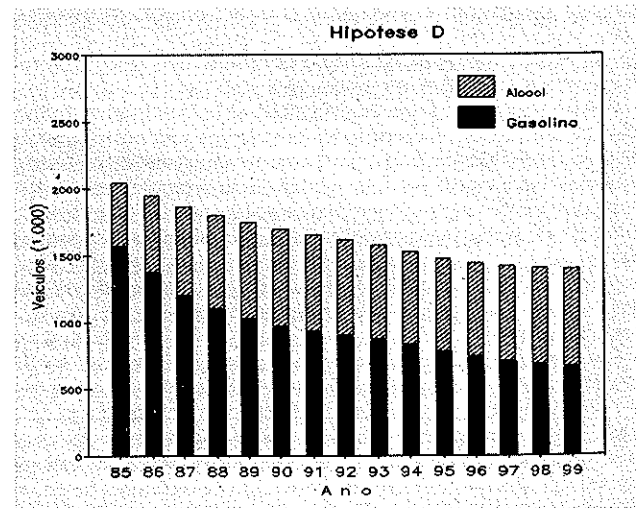


FIGURA 4 - Estimativa de frota - hipótese D

adiando o seu sucateamento para depois da crise. Por isso, levantaram-se novas hipóteses, denominadas A', B', C', D' e E', semelhantes às anteriores, porém limitando o número de veículos retirados de circulação em um determinado ano ao número total de veículos novos vendidos naquele ano. Nos anos em que isto ocorreu, este corte foi distribuído proporcionalmente por todos os anos-modelo. Ver figuras 6, 7, 8, 9 e 10.

Em resumo, foram estudadas as hipóteses constantes da Tabela 4.

TABELA 4 - Hipóteses estudadas

hipótese	crescimento de vendas (%)	veic. álcool/veic. gasolina (%)	admite (ou não) diminuição da frota
A	6	95	sim
B	1	95	sim
C	6	95 até 1987, 50 a partir de 1988	sim
D	1	95 até 1987, 50 a partir de 1988	sim
E	10	95	sim
A'	6	95	não
B'	1	95	não
C'	6	95 até 1987, 50 a partir de 1988	não
D'	1	95 até 1987, 50 a partir de 1988	não
E'	10	95	não

## O PROCONVE

Para os veículos leves com motor do ciclo Otto, o Proconve regulamenta os seguintes limites para os fatores de emissão:

- Para as novas configurações de veículos lançadas a partir de 1º de junho de 1988 (considerou-se, para efeito de cálculo, como 25% da frota de veículos ano-modelo 1988):

CO - 24 g/km

HC - 2,1 g/km

NO<sub>x</sub> - 2 g/km

- A partir de 1º de janeiro de 1989, para uma relação de veículos que representam cerca de 50% da produção total:

CO - 24 g/km

HC - 2,1 g/km

NO<sub>x</sub> - 2 g/km

- Todos os veículos leves a partir de 1º de janeiro de 1990:

CO - 24 g/km

HC - 2,1 g/km

NO<sub>x</sub> - 2 g/km

- Todos os veículos leves a partir de 1º de janeiro de 1992:

CO - 12 g/km

HC - 1,2 g/km

NO<sub>x</sub> - 1,4 g/km

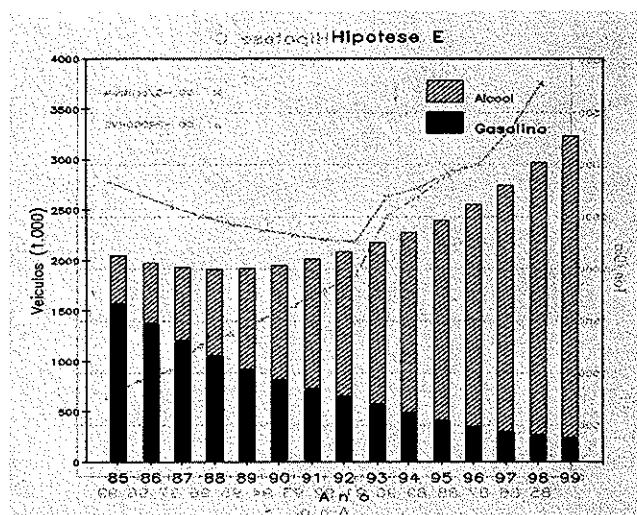


FIGURA 5 - Estimativa de frota - hipótese E

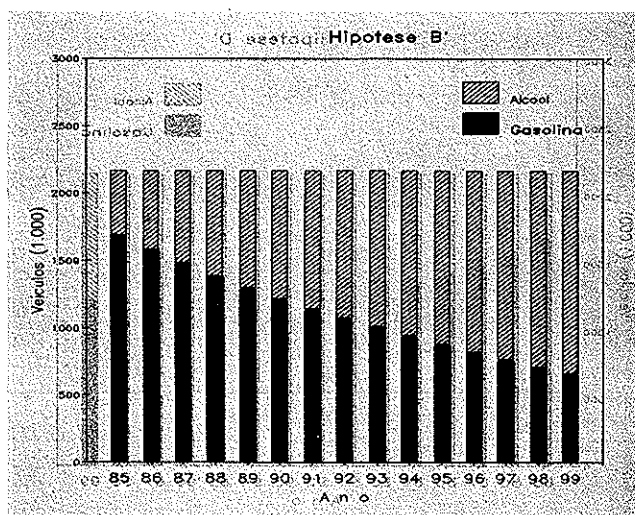


FIGURA 7 - Estimativa de frota - hipótese B

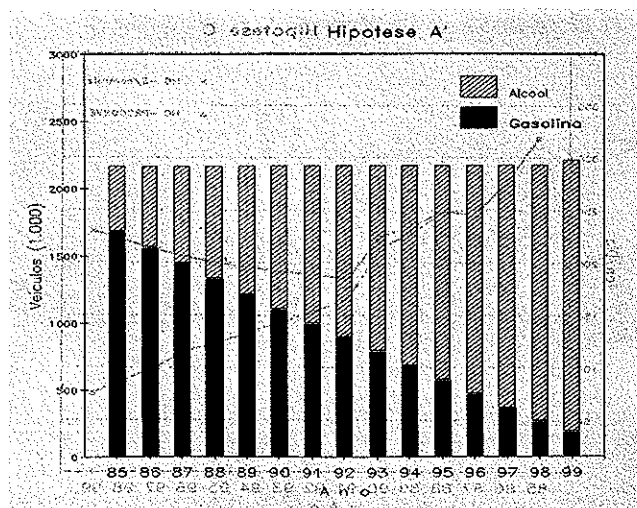


FIGURA 6 - Estimativa de frota - hipótese A'

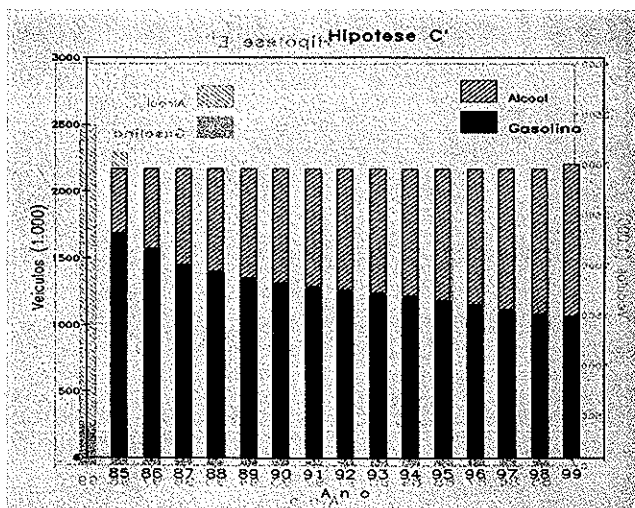


FIGURA 8 - Estimativa de frota - hipótese C'

TABELA 5 - Estimativa de emissão - veículos leves

Hipótese C: Crescimento da produção : 6%  
 Relação álcool/gasolina : 95% : até 1.987  
 50% : 1988 em diante  
 Aceita dimin.da frota? : SIM

Proposta: PROCONVE

Ano	Frota			Emissão (T/Dia)						Eficácia (%)		
	milhares de veículos			sem controle			proposta			proposta		
	Gas.	Alc.	Tot.	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	HC <sub>x</sub>
84	1797	374	2171	4301	366	110	4301	366	110	0	0	0
85	1568	485	2053	3775	318	99	3775	318	99	0	0	0
86	1371	599	1970	3335	277	91	3335	277	91	0	0	0
87	1197	710	1907	3007	245	86	3007	245	86	0	0	0
88	1113	753	1866	2924	249	84	2898	247	84	.89	.80	0
89	1050	791	1841	2769	234	82	2691	228	82	2.8	2.6	0
90	1015	819	1834	2686	225	82	2500	213	82	6.9	5.3	0
91	1002	839	1841	2239	185	82	1946	165	82	13.	11.	0
92	1002	857	1859	2275	188	84	1792	154	80	21.	18.	4.8
93	1004	875	1879	2322	191	86	1652	144	79	29.	25.	8.1
94	999	897	1896	2373	195	89	1513	134	78	36.	31.	12.
95	991	930	1921	2427	199	91	1378	124	77	43.	38.	15.
96	993	975	1968	2503	205	95	1267	116	77	49.	43.	19.
97	1004	1028	2032	2597	212	99	1024	101	71	58.	52.	28.
98	1028	1088	2116	2709	221	104	925	88	65	66.	60.	38.
99	1061	1151	2212	2834	230	109	771	76	61	73.	67.	44.

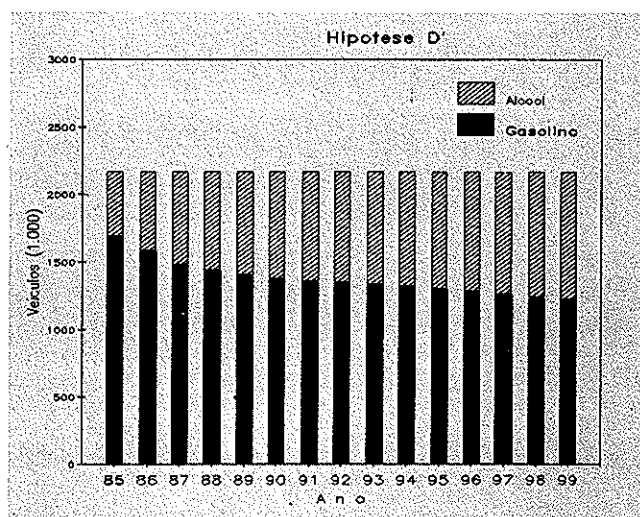


FIGURA 9 - Estimativa de frota - hipótese D'

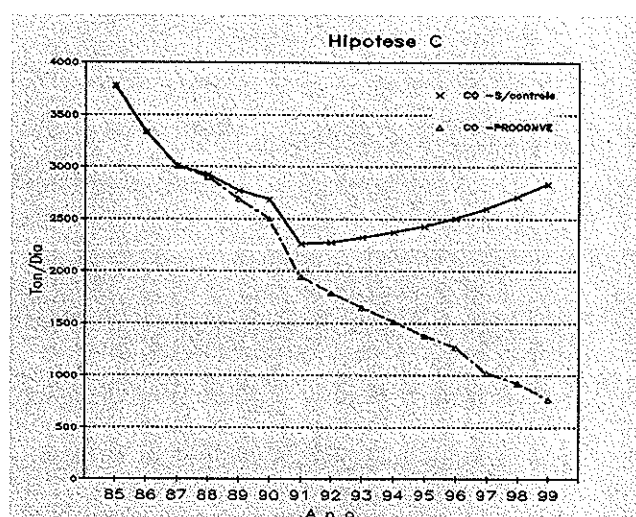


FIGURA 11 - Emissão de CO - hipótese C

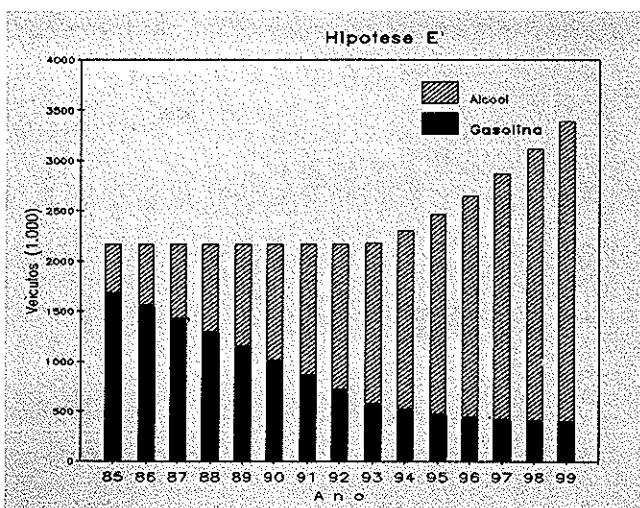


FIGURA 10 - Estimativa de frota - hipótese E'

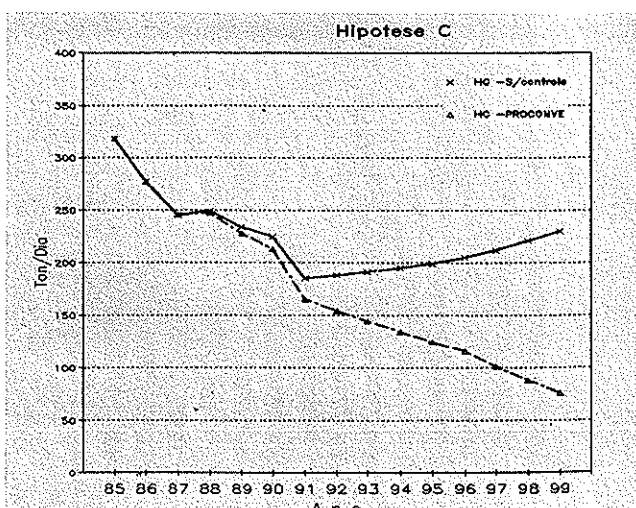


FIGURA 12 - Emissão de HC - hipótese C



TABELA 6 - Estimativa de emissão - veículos leves

Hipótese B': Crescimento da produção : 1%  
 Relação álcool/gasolina : 95%  
 Aceita dimin.da frota? : NÃO  
 Proposta: PROCONVE

Ano	Frota			Emissão (T/Dia)						Eficácia (%)		
	milhares de veículos			sem controle			proposta			proposta		
	Gas.	Alc.	Tot.	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>
84	1797	374	2171	4301	366	110	4301	366	110	0	0	0
85	1689	482	2171	4040	342	105	4040	342	105	0	0	0
86	1583	588	2171	3786	317	100	3786	317	100	0	0	0
87	1481	690	2171	3578	297	97	3578	297	97	0	0	0
88	1385	786	2171	3521	304	94	3512	305	94	26	-3	0
89	1294	877	2171	3328	284	91	3304	284	92	72	0	-1.
90	1212	959	2171	3189	268	89	3133	270	91	1.8	-7	-2.
91	1139	1032	2171	2409	197	85	2324	200	88	3.5	-2.	-4.
92	1071	1100	2171	2358	190	84	2187	190	86	7.3	0	-2.
93	1006	1165	2171	2314	184	83	2064	181	83	11.	1.6	0
94	941	1230	2171	2279	179	83	1954	173	82	14.	3.4	1.2
95	877	1294	2171	2247	174	82	1851	165	80	18.	5.2	2.4
96	817	1354	2171	2216	169	82	1754	158	79	21.	6.5	3.7
97	760	1411	2171	2188	165	82	1610	146	73	26.	12.	11.
98	708	1463	2171	2162	161	81	1477	135	69	32.	16.	15.
99	659	1512	2171	2137	157	81	1246	116	64	42.	26.	21.

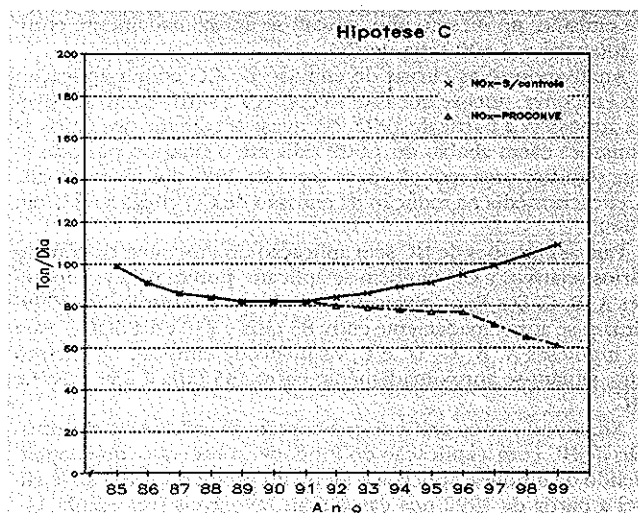
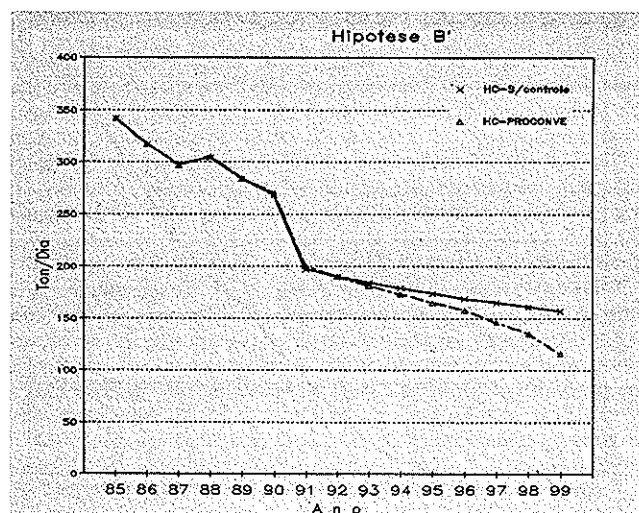
FIGURA 13 - Emissão de NO<sub>x</sub> - hipótese C

FIGURA 15 - Emissão de HC - hipótese B'

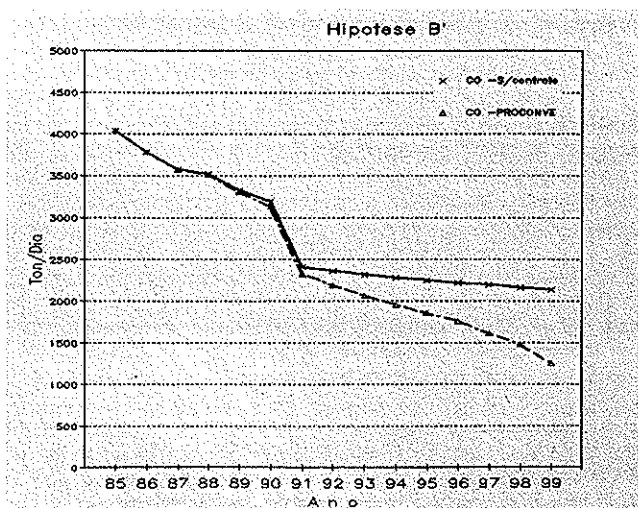
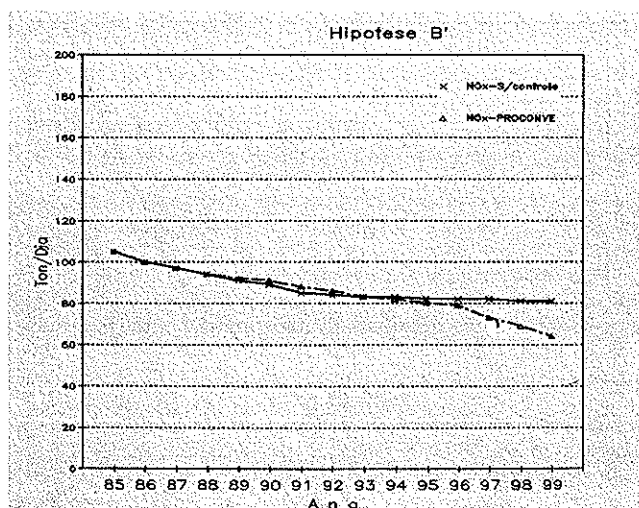


FIGURA 14 - Emissão de CO - hipótese B'

FIGURA 16 - Emissão de NO<sub>x</sub> - hipótese B'

- Todos os veículos leves a partir de 1º de janeiro de 1997:

CO - 2 g/km  
HC - 0,3 g/km  
NO<sub>x</sub> - 0,6 g/km

## RESULTADOS

Aplicando-se a metodologia já descrita para cada uma das hipóteses de crescimento da frota relacionadas, foram elaboradas dez tabelas de resultados.

Cada tabela mostra, para uma hipótese de crescimento da frota, a estimativa das frotas a álcool e a gasolina até 1999, as projeções de emissão com e sem a aplicação do Proconve, e a eficácia deste.

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados das hipóteses C e B', que representam, respectivamente, os casos em que foram observadas a máxima e a mínima eficácia. Nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 estão representadas as estimativas de emissão correspondentes.

## EFICÁCIA MÉDIA

Foi calculada a eficácia do Proconve, conforme já descrito, até 1999, para cada uma das dez hipóteses de crescimento de frota. Como os valores variam muito de um caso para outro, foi calculada a média aritmética das eficácias obtidas para cada hipótese. Dessa forma, pode-se obter uma avaliação menos sensível às influências externas, ou seja, às variações de mercado, chegando-se, finalmente, a uma boa base de comparação entre as emissões veiculares em consequência do Proconve, e aquelas que ocorreriam caso não entrasse em vigor essa legislação.

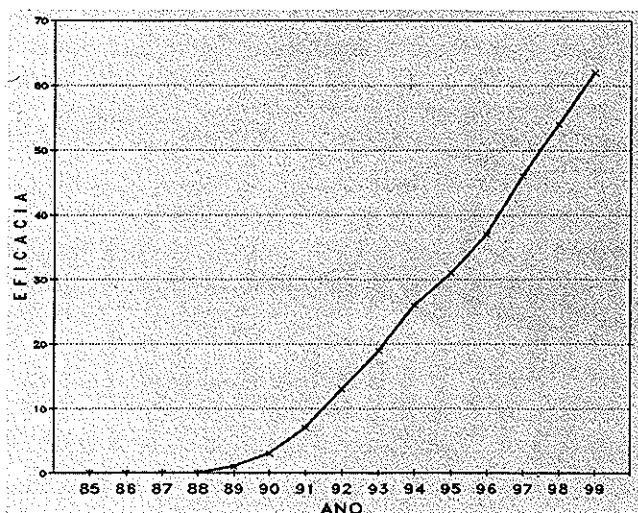


FIGURA 17 - Eficácia média (%) - CO

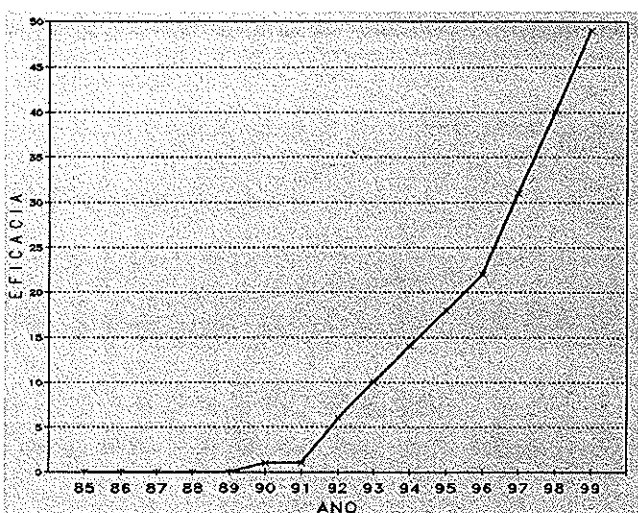


FIGURA 18 - Eficácia média (%) - HC

Nas figuras 17, 18 e 19 são apresentados os gráficos de eficácia média de CO, HC e NO<sub>x</sub> no período de 1985 até 1999.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observando-se as figuras que ilustram as diversas hipóteses de evolução da frota (de nº 1 a nº 10, nota-se uma clara tendência de crescimento da frota de veículos a álcool e de diminuição da frota de veículos a gasolina.

O comportamento da frota total apresenta tendências de crescimento, redução ou constância em função das hipóteses de crescimento industrial considerados, bem como da influência do sucateamento dos veículos em função de sua idade.

Considera-se relevante o fato de que nas hipóteses em que os veículos a álcool representam 95% da frota comercializada, a frota de veículos a álcool se tornaria dominante ao redor de 1990, ou seja, passaria a representar mais de 50% da frota de veículos leves. Mesmo em caso de mudança na atual tendência do mercado de vendas, ou seja, uma proporção de 50% para veículos a gasolina e a álcool a partir de 1988 (hipótese C, D, C' e D'), a frota de veículos a álcool torna-se dominante, com exceção da hipótese D', ao redor de 1997.

Observando-se os resultados obtidos, nota-se que as estimativas de emissão de CO sem a aplicação do Proconve, até 1990, reduzem-se bastante, e independem da hipótese de crescimento da frota aplicada. Somente a partir de 1991 é que passa a haver uma sensível diferença nas emissões de CO. Tal fato vem demonstrar que o fator dominante no processo é o crescimento da frota de veículos a álcool em contraposição à redução da frota de veículos a gasolina, conforme já mencionado.

Para as hipóteses A, B, C, D e E, os níveis de emissão sem controle em 1999 se situam aproximadamente entre 1.300 t/dia e 3.200 t/dia de CO. Para as hipóteses A', B', C', D' e E', os níveis de emissão, no mesmo ano, situam-se aproximadamente entre 2.100 t/dia e 3.400 t/dia de CO.

Analisando-se as curvas de emissão de CO com a aplicação do Proconve, nota-se que este só começa a surtir efeito sensível na atmosfera a partir de 1992. Na quase totalidade dos casos as emissões caem abaixo de 1.000 t/dia até o final do período, o que significa uma redução para cerca de 25% dos níveis atuais. A eficácia média na redução da emissão de CO chega a 63% em 1999.

Para as emissões de HC sem aplicação do Proconve, os comentários relativos a CO também se aplicam, porém para as hipóteses A, B, C, D e E, os níveis de emissão sem controle, em 1999, situam-se aproximadamente entre 85 t/dia e 230 t/dia de HC. Para as hipóteses A', B', C', D' e E', os níveis de emissão, no mesmo ano, situam-se aproximadamente entre 135 t/dia e 230 t/dia de HC.

Analisando-se os gráficos que contêm as estimativas de emissão de HC com a aplicação do Proconve, observa-se que dependendo da hipótese aplicada o efeito do programa torna-se sensível a partir de 1992 nos casos mais favoráveis (ver Figura 11), até 1997 nos piores casos (ver Figura 14). Até 1999, em praticamente todos os casos a emissão de HC cai abaixo de 100 t/dia, o que representa 27% do nível de emissão atual. Ao final do pe-

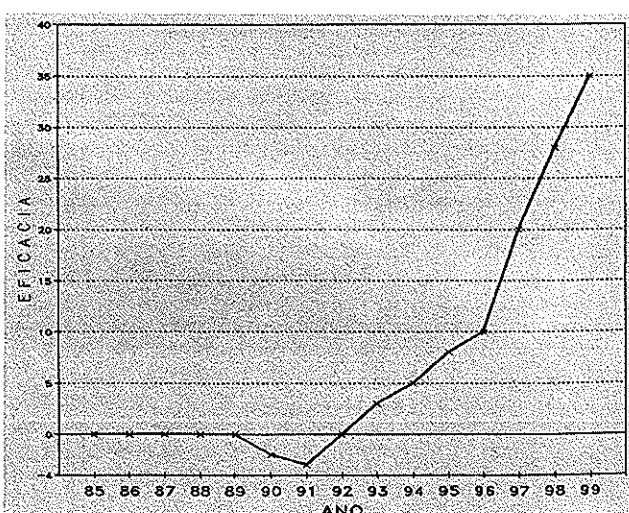


FIGURA 19 - Eficácia média (%) - NO<sub>x</sub>

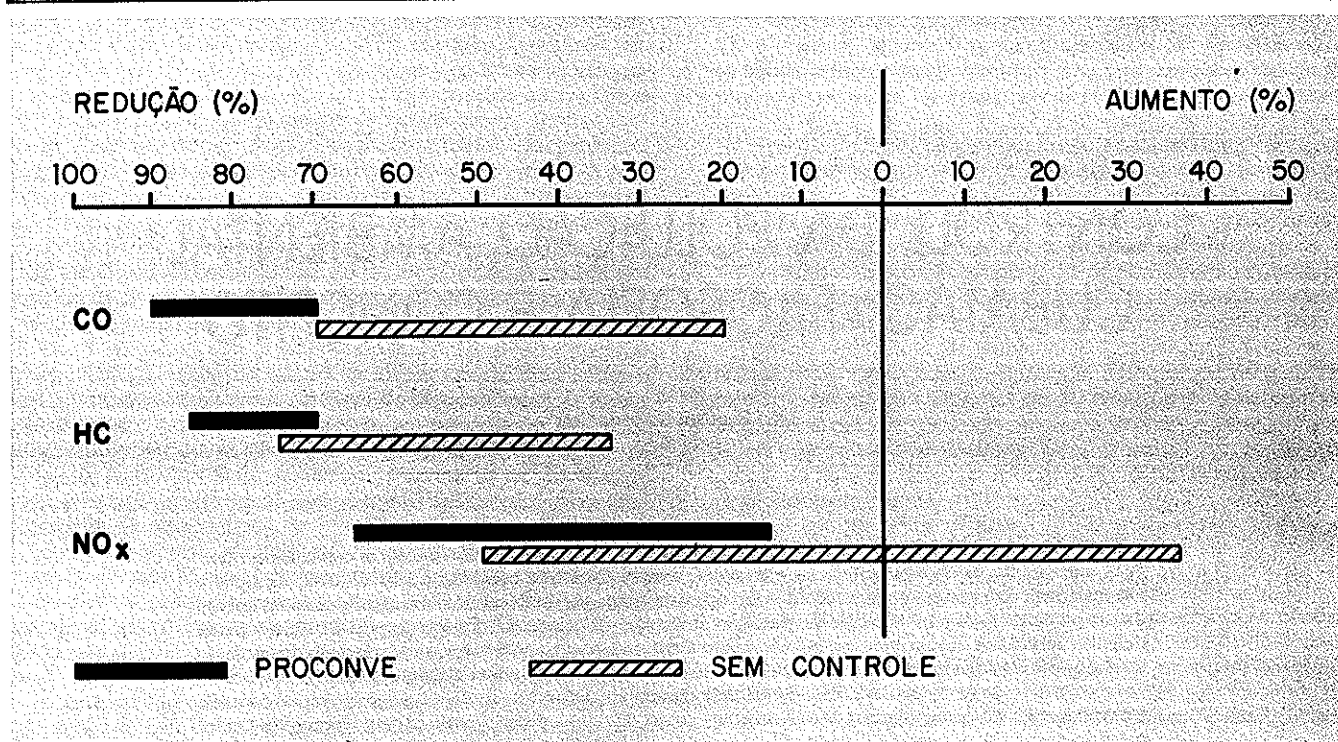


FIGURA 20 - Faixas de estimativa de redução de emissões para 1999

río analisado a eficácia média atinge 50%.

A emissão de NO<sub>x</sub> sem aplicação do Proconve, como observado nos casos de CO e HC, reduz até 1991, porém de forma menos acentuada, indicando portanto menor influência da substituição da frota movida a gasolina pela movida a álcool na emissão total de NO<sub>x</sub>. Os comentários sobre CO e HC aplicam-se também a este caso, a partir de 1991, ou seja, desde esta data tornam-se sensíveis as diferenças, devidas às diversas hipóteses nas emissões de NO<sub>x</sub>.

Para as hipóteses A, B, C, D e E, os níveis de emissão sem controle, em 1999, situam-se aproximadamente entre 55 t/dia e 140 t/dia de NO<sub>x</sub>. Para as hipóteses A', B', C', D' e E', os níveis de emissão, no mesmo ano, situam-se aproximadamente entre 70 t/dia e 150 t/dia de NO<sub>x</sub>.

Com a aplicação do Proconve em todas as hipóteses, a emissão de NO<sub>x</sub> é levemente superior à estimada para a situação sem controle nos anos de 1990 e 1991, e nesse período a eficácia média é negativa. A partir daí torna-se nítido o efeito do Proconve na redução das emissões de NO<sub>x</sub>: em 1999 estas encontram-se entre 40 e 60 t/dia exceto para as hipóteses E e E', o que significa emissões entre 35 e 55% dos níveis atuais. Ao final do período analisado, a eficácia média atinge 35%.

## CONCLUSÕES

Dentro do contexto deste estudo, pode-se concluir que nas condições mais favoráveis de evolução da frota a álcool, esta deverá passar a representar mais de 50% da frota de veículos leves, ao redor de 1990. Prevê-se, também, que somente a partir de 1992 será sensível o efeito do Proconve da RMSP.

Até 1999 estima-se uma redução de 70 a 90% do nível atual de emissões de CO na atmosfera da RMSP, de 70 a 85% das emissões de HC e de 15 a 65% das emissões de NO<sub>x</sub>, dependendo da hipótese de crescimento de frota. As faixas de estimativa de redução das emissões para 1999 podem ser observadas na Figura 20.

Sem a aplicação do Proconve estima-se, até 1999, dependendo da hipótese de crescimento de frota, uma redução de 20 a 70% da emissão de CO; de 35 a 75% da emissão de HC e de um aumento de 35% até uma redução de 50% da emissão de NO<sub>x</sub>. A redução das emissões observada deve-se à substituição dos motores a gasolina pelos movidos a álcool, e cessa tão logo esses passem a ser a maioria (ver Figura 20).

Em comparação com os níveis de emissão esperados caso não fosse implantada a legislação, calculou-se para 1999 uma eficácia média de 63% na redução de CO, 50% na de HC e 35% na de NO<sub>x</sub>.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Segundo análises feitas neste trabalho, observou-se que as emissões de gases poluentes pelo escapamento de veículos leves na Região Metropolitana de São Paulo serão significativamente reduzidas a médio prazo. As demais grandes cidades brasileiras também serão beneficiadas de forma equivalente.

O estudo baseou-se em dados reais de frota fornecidos pelo Geipot para 1984, e a partir daí aplicaram-se as hipóteses para crescimento de frota já descritas, que representavam a expectativa de vendas de veículos no princípio deste ano. Entretanto, no primeiro semestre de 1986 a Anfavea - Associação Nacional dos Veículos Automotores, registrou um aumento de 43% na produção de veículos leves em relação ao primeiro semestre de 1985. Esse aumento da produção automobilística certamente modificará a estimativa de emissões. Assim, a eficácia do Proconve será maior nesse caso.

De qualquer modo, seja qual for o desenvolvimento futuro da frota de veículos leves, com certeza o Proconve trará grande benefícios à qualidade do ar nas grandes cidades brasileiras.

## REFERÊNCIAS

- 1- ANFAVEA - Boletim mensal nº 02 - julho/1986.
- 2- BRANCO, Gabriel M. (1980) - "Determinação dos Parâmetros Médios Principais de Tráfego Urbano relacionados à Emissões Veiculares, na RMSP" - CETESB.
- 3- BRANCO, Gabriel M. (1985) - "A participação dos Veículos Automotores na Poluição Atmosférica" - 22 págs. - CETESB.
- 4- CETESB - "Programa de Controle de Poluição do Ar e Estratégias no Brasil - Áreas de São Paulo e Cubatão" - junho/1986 - 79 págs.
- 5- CETESB - "Inventário de Emissões Veiculares para 1984".
- 6- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - "Resolução nº 18/86" Diário Oficial da União - 17/06/1986 - pág. 8.792.
- 7- GEIPOT (1985) - "Frota de Veículos de 1984 - São Paulo/Estado, Região Metropolitana e Capital".
- 8- MURGEL, Eduardo M., BRANCO, Gabriel M., SZWARC Alfred - (1986) - "Avaliação das Propostas de Controle de Emissão de Gás de Escapamento de Veículos Automotores Leves" - 125 págs. - CETESB.
- 9- EPA (1981) - "Mobile Source Emission Factors".