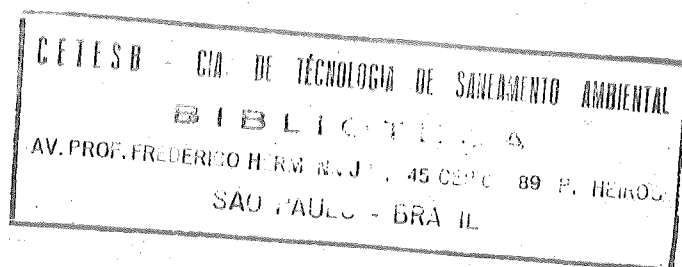


COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB



RELATÓRIO TÉCNICO STAR Nº 003/78

Proposição de uma Estratégia para Con
trole de CO Emitido por Fontes Móveis
e de uma Metodologia para Determina
ção do Padrão de Emissão para estas
Fontes.

ARQUIVO TECNICO

Dezembro/1978
Superintendência de Tecnologia do Ar
Diretoria de Tecnologia de Saneamen-
to do Ar e de Controle de Fontes de
Poluição - DTSA

B206
C338p (RCET)
002189

CLASS	
6)	2189

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECAI . INTRODUÇÃO

Com a aquisição do sistema CVS para amostragem das emissões do cano de escape de veículos automotores, o passo seguinte será o do estabelecimento de "Padrões de Emissão Para Veículos Novos".

Para o correto estabelecimento destes padrões se torna necessário estabelecer, não somente a estratégia de controle a ser adotada pela CETESB no que diz respeito as fontes móveis, mas também se estabelecer uma metodologia a ser seguida na determinação destes padrões.

Neste estudo propomos uma metodologia a ser seguida no estabelecimento de padrões de emissão para veículos novos baseada na estratégia de controle que pode ser inferida da minuta de alteração do Decreto Estadual nº 8468 elaborada.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECAII . ESTRATÉGIA DE CONTROLE PARA FONTES MÓVEIS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Uma vez que o monóxido de carbono representa o principal poluente proveniente de fontes móveis em nossa região, pelo menos em base dos dados de qualidade do ar disponíveis, esta estratégia foi desenvolvida para este poluente.

Para os demais poluentes provenientes ou decorrentes das fontes móveis é possível que seja necessário alterar ou incluir algumas atividades na estratégia em pauta.

Basicamente a "Estratégia de Controle de Fontes Móveis" levará em conta os seguintes pontos:

- a) Não será exigido nenhum controle para as fontes existentes.
Em função das conclusões do relatório do Pj STAR nº 17.3 decidiu-se não desenvolver nenhum programa de controle para carros usados.
- b) Será implantado um programa de Controle de Veículos novos baseado em padrões de emissão em duas fases , a saber:
 - b.1. Fase Intermediária - O estabelecimento de um padrão de emissão para CO em marcha lenta (4,5%) em porcentagem em volume e um padrão de condicionamento e projeto ou seja carburador inviolável.
Estes padrões deverão ser incorporados ao modo

CETESB CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

lo do ano n_i (i anos a contar de 1978).

b.2. Fase Final - O estabelecimento de um padrão de emissão em termos absolutos (em massa/km rodado) a ser determinado no ciclo CVS.

Este padrão deverá ser incorporado ao modelo - do ano N_c (c anos a contar de 1978).

c) Os Padrões de Qualidade do Ar serão obedecidos em n' anos (contados a partir de 1978) pela substituição da frota existente pelos novos modelos providos com controle.

Após n' anos os níveis de qualidade do ar começarão a subir e em n anos novamente o padrão de qualidade do ar seria atingido. Isto, evidentemente, devido o crescimento da frota.

A figura 1 apresenta esquemáticamente o esperado em termos de qualidade do ar.

Assume-se válido o modelo proporcional.

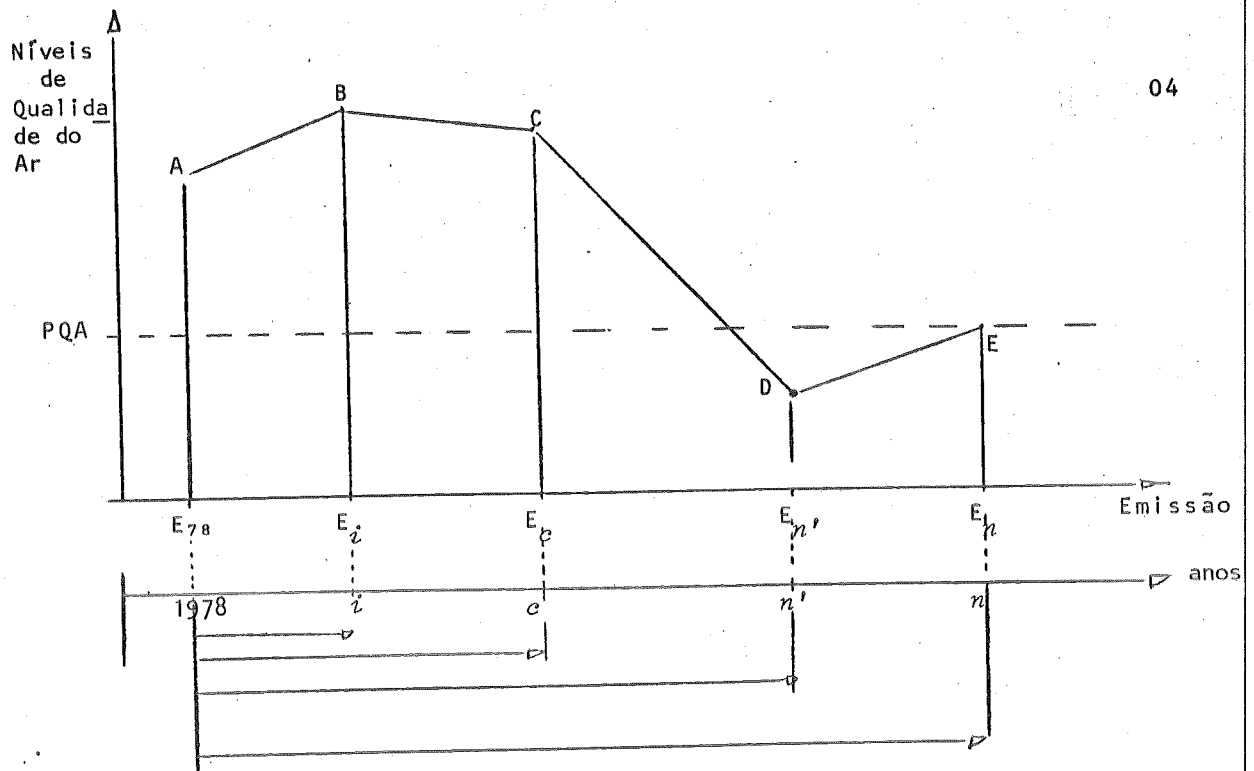


Fig. 1 - Variação esperada nos Níveis de Qualidade do Ar

- \overline{AB} - Crescimento nas emissões devido ao aumento da frota e consequentemente nas emissões.
- \overline{BC} - Redução nos níveis de qualidade do ar em função da adoção do controle intermediário. (Este trecho poderia ser crescente caso o controle intermediário não seja suficiente para compensar o número de unidades sem controle que são retirados de circulação).
- \overline{CD} - Decréscimo nas emissões pela reposição de carros sem controle por carros controlados ao nível do padrão de emissão.
- \overline{DE} - Acréscimo nas emissões devido o aumento de frota. (Quando o aumento de frota for responsável por emissão superior a aquela que é reduzida pela saída de carros sem controle).

Fig. 1 - Variação Esperada nos Níveis de Qualidade do Ar.

d) A estratégia prevê também:

- 1 . O monitoramento contínuo da Qualidade do Ar.
- 2 . Plano de Ação de Emergência para Episódios Críticos.
- 3 . Sistema de fiscalização de novas unidades. Neste sistema deverá ser selecionado estatisticamente um certo número de unidades em cada fábrica (função da sua produção) para verificação da conformidade com o padrão no sistema CVS da CETESB.

e) O padrão de emissão a ser estabelecido deverá ser função dos seguintes parâmetros:

- 1 . Redução necessária (RN) baseada nos níveis de qualidade do ar atuais em função do padrão de qualidade do ar legal.
- 2 . Número de anos em que se pode atingir o padrão- Função do próprio padrão e das razões de crescimento da frota e de crescimento da saída de circulação de carros usados.
- 3 . Disponibilidade tecnológica se atingir o padrão proposto.

A Fig. 2 apresenta esta estratégia em diagrama- de blocos.

III . METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES

Nesta metodologia vamos assumir como válido o modelo proporcional ou seja que os níveis de qualidade do ar são proporcionais às emissões.

Como o objetivo básico é o de atingir valores de qualidade do ar compatíveis com o padrão de qualidade do ar em n anos o raciocínio deve ser feito com os dados projetados para o ano n.

Desta forma necessitamos conhecer ou estimar:

- a) Qualidade do ar esperada no ano n se não houvesse controle.
- b) Emissão estimada no ano n.

Para se estimar a qualidade do ar no ano n utilizamos os dados de qualidade do ar atuais e nos projetaremos para o ano n com base na emissão esperada também no ano n, se nenhum controle fosse adotado .

A Fig. 3 exemplifica este raciocínio.

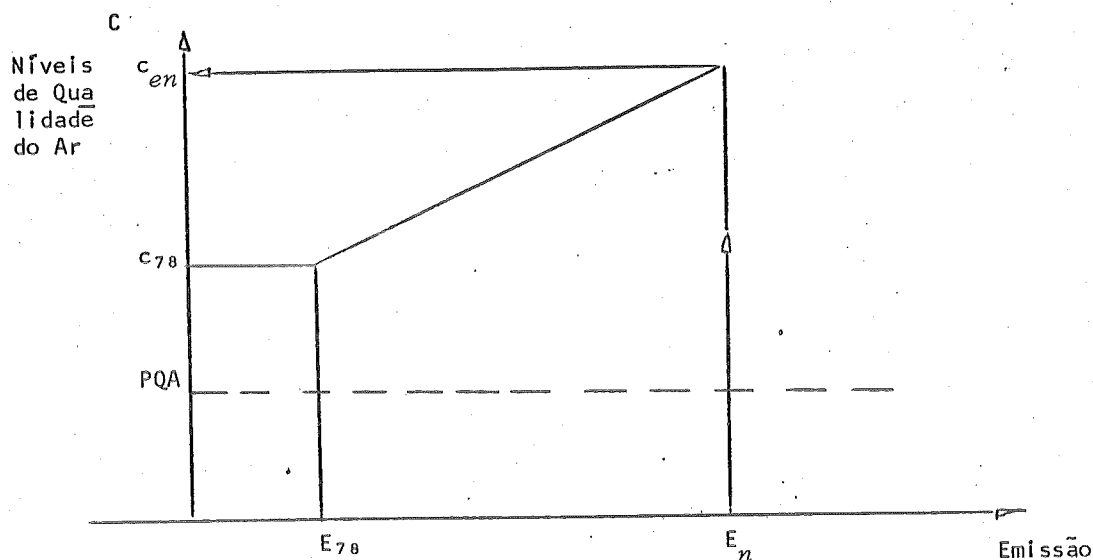


Fig. 3 - Esquema dos níveis de Qualidade do Ar para o ano n

A estimativa de emissão para o ano n deverá ser feita com base nos dados a serem levantados ou determinados de inventário atual, fatores de crescimento da frota e fatores de emissão.

O levantamento ou determinação destes parâmetros é de importância fundamental para o desenvolvimento do estudo.

Com estes dados e utilizando modelo para estimativa de emissão no ano " n " do tipo do desenvolvido no item IV a seguir, poder-se-á estimar a qualidade do ar no ano n .

Impondo-se a qualidade do ar desejada no ano n poderemos determinar a redução necessária a se estabelecer nas emissões.

A qualidade do ar desejada no ano n poderá ser o próprio padrão de qualidade do ar ou uma fração deste, de modo a se permitir crescimento da frota em anos subse

quentes ao ano n.

Com a redução necessária, com informações sobre sistemas de controle disponíveis ou possíveis de serem desenvolvidos e com os fatores de emissão podemos determinar o Padrão de Emissão para veículos novos. Esta determinação far-se-á utilizando a redução necessária e portanto a emissão no ano n e um modelo do tipo do apresentado no item IV a seguir. Poderemos adotar um padrão e verificar a emissão.

Este processo de tentativas fica bem simples se utilizarmos programação conforme foi feito para os modelos propostos. (Vide exemplo em anexo).

Vale ressaltar, no entanto, que para aplicação desta metodologia é necessário levantar ou determinar com cuidado os parâmetros envolvidos.

Apresentamos a seguir estes parâmetros com algumas considerações sobre as atividades a serem desenvolvidas na sua obtenção.

1 . Dados de Qualidade do Ar

Para monóxido de carbono os dados da estação da Praça do Correio estão disponíveis e podem ser utilizados.

É necessário, contudo, se estabelecer alguns critérios para utilização destes dados no modelo proporcional, quais sejam:

1.1. Qual o tempo médio de amostragem a ser utilizado

zado (1 h, 8 h ou 24 h)? Este terá que ser compatível com o tempo em que for calculada - as emissões pelo inventário.

- 1.2. Deverá ser utilizado o 2º máximo valor ou vemos desprezar os picos considerando que para estes nós utilizaremos do PAEM?

Será desenvolvido um estudo para determinar - quais critérios utilizar.

2 . Dados de Inventário

- 2.1. Frota Atual: Será necessário levantar os dados de frota existente distribuídas por ano e por categoria de veículos, marca e modelo).

Esta informação será importante caso os fatores de emissão sejam muito diferente entre modelos.

É necessário se determinar a quilometragem média rodada por esta frota no período compatível com o tempo médio de amostragem de qualidade do ar.

Neste inventário deverão estar incluídos os veículos diesel e pesados à gasolina.

- 2.2. Frota do Passado: Para se determinar os "fatores de evolução da frota" será necessário o estudo retrospectivo dos registros de veículos no passado por marca, modelo e ano de fabricação.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Observe-se que será importante se conhecer não só o número de unidades novas que entram em circulação, mas o número de unidades que saem de circulação distribuídas por ano de fabricação. Isto para se estimar a emissão nos anos de cruzamento ou seja sem controle, com controle intermediário e com controle final.

No modelo proposto no ítem IV foi assumido - que a lei de crescimento de veículos novos e de saída de circulação de usados segue uma - Progressão Geométrica. Isto contudo tem que ser verificado. Caso outra lei represente melhor esta variação bastará fazer uma adaptação naquele modelo.

3 . Fatores de Emissão

Os fatores de emissão em g/km deverão ser determinados em função de amostragem de veículos no CVS.

Deverão ser tomadas amostras de vários modelos de veículos para se definir se é um único fator de emissão ou vários (por modelo, porte, etc).

Deverão também ser desenvolvidos fatores de emissão para os modelos com controle intermediário. Para tanto será necessário aguardar que saiam os primeiros modelos com este controle.

Para os testes em CVS deverá ser definida uma gasolina padrão ou de teste. Contatos com CNP e/ou ... PETROBRÁS deverão ser mantidos para o fornecimento regular desta gasolina.

IV . ESTIMATIVA DE EMISSÃO NO ANO n

Conforme foi mencionado anteriormente é necessário se estimar a emissão que ocorreria no ano n tendo em vista o crescimento da frota.

O modelo apresentado no item IV.1. abaixo faz esta estimativa para o caso de nenhum controle ser adotado até o ano n . No item IV.2. a estimativa considera a adoção da estratégia proposta.

IV.1. Estimativa de Emissão para o ano n sem adoção da Estratégia de Controle.

$$E_{SE} = \left[Na x^{n-1} - (Na y^{n-1} - Na) \right] x K x e_{ia} \dots (1)$$

onde

E_{SE} = Estimativa de emissão no ano n caso a estratégia de controle não fosse adotada.

x = Razão de crescimento da frota

y = Razão de crescimento do número anual de unidades retiradas de circulação.

k = Número médio de quilômetro rodado.

e_{ia} = Fator de emissão absoluto (massa/Km) determinado no CVS.

IV.2. Modelo para Estimativa de Emissão de Veículos no ano n (Com a adoção da Estratégia de Controle proposta).

a) Para o veículo sem controle (que será produzido até o ano i).

$$E_{sc_n} = \left[Na x^{n_{i-1}-1} - \left[\left(Na y_1^{n_{i-1}-1} - Na \right) + \left(Na x^{n_{i-1}-1} y_2^{(n-n_{i-1}-1)} - Na x^{n_{i-1}-1} \right) \right] \right] x k x e_{i_a} \dots \dots \dots (1)$$

onde:

E_{sc_n} = Estimativa de emissão no ano n dos veículos sem controle existentes neste ano n .

NA = Razão de crescimento absoluta da frota em decimal.
(Por exemplo: nº de unidades no ano 77 + nº de novas unidades no ano de 1978 / nº de unidades no ano de 1977).

n_i = Ano em que o controle intermediário será implantado (para início de contagem dos anos será utilizado 1978 como referência ou seja 1978 e o ano 1).

y_1 = Razão de crescimento da retirada de unidade sem controle de circulação em decimal durante o período ano base até a implantação do controle intermediário (de 1 até i).
(Por exemplo: ~~Nº de veículos existentes em 1977~~ / nº de veículos existentes em 1977 / nº de veículos anteriores a 1978 existentes em 1978).

y_2 = Razão de crescimento da retirada de unidade sem controle de circulação em decimal durante o período ano base até a implantação do controle final (de i até c).

k = nº de quilômetros médio rodados por unidade no período de interesse (por 8h ou por dia).

e_{ia} = Fator de emissão absoluto (em massa/Km /Unidade determinado através de testes no CVS).

b) Para o veículo com controle intermediário (que será produzido entre o ano i até o ano c).

$$E_{cin} = \left\{ \left[Na x^{n_{c-1}-1} - Na x^{n_i-1} \right] - \left[\left(Na x^{n_{c-1}-1} - Na x^{n_i-1} \right) y_3^{(n-n_i-1)} \right] \right\} \times e_{ii} \times k \dots \dots \dots (2).$$

onde:

E_{cin} = Estimativa de emissão no ano n dos veículos providos com controle intermediário existentes no ano i .

n_c = Ano em que o controle final será implantado.

ser estabelecido (a ser verificado posteriormente com o CVS).

d) Estimativa de Emissão no ano n .

$$E_n = E_{sc_n} + E_{ci_n} + E_{cf_n} \dots\dots\dots(4)$$

E_n = Estimativa de emissão no ano n .

E_{sc_n} , E_{ci_n} , E_{cf_n} = Calculados conforme expressões (1), (2) e (3) respectivamente.

Este modelo poderá ser aplicado:

- 1) Para toda frota caso os fatores de emissão (e_{i_a} e e_{i_i}) sejam equivalentes.
- 2) Para categoria de veículos (ex. pequenos, médios e grandes) caso os fatores de emissão sejam diferentes.
- 3) Para modelos caso os fatores de emissão assim o exigirem.

V . EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MODELO PARA CÁLCULO DA ESTIMATIVA DE EMISSÃO

Apenas para ilustração apresentamos a seguir um exemplo de aplicação do modelo para cálculo da estimativa de emissão para o poluente monóxido de carbono no ano n .

Vamos assumir os seguintes dados hipotéticos

- N_a = Número de veículos ano 1978 - 970.000
 k = Número de Km médio rodado por dia - 43 Km/dia
 e_{ia} =
 x = Razão de crescimento da frota - 1,20
 y = Razão de crescimento de retirada de veículos-1,1
 y_1 = Razão de crescimento de retirada de veículos-1,15
 y_2 = Razão de crescimento de retirada de veículos-1,05
 y_3 = Razão de crescimento de retirada de veículos-1,03
 y_4 = Razão de crescimento de retirada de veículos-1,01
 e_{ia} = Fator de Emissão sem controle - 40,0 gr/km
 e_{ii} = Fator de emissão com controle intermediário-40,0 gr/km
 e_{ic} = Fator de emissão com controle final - os constantes da tabela.
 n = Ano que se está estimando a emissão - 1993.
 n_i = Ano em que se inicia o controle intermediário- 1982
 n_c = Ano em que se inicia o controle final - 1984.

Utilizando-se o programa feito para HP-67 montou-se a tabela I com várias alternativas para o padrão de emissão que seria igual ao fator de emissão com controle.

Tabela I - Estimativa de Emissão de Monóxido de Carbono em 1993 utilizando-se os dados hipotéticos anteriormente apresentados.

Estimativa de Emissão em 1993. Fator de Emissão= Padrão de Emissão com Controle gr/Km	Sem Controle E_{se}	Aplicando a Estratégia Proposta			
		E_{scn}	E_{cin}	E_{efn}	E_n
30	22617	0,0	378	11878	12257
25	22617	0,0	378	9899	10277
20	22617	0,0	378	7919	8297
15	22617	0,0	378	5939	6317,0
10	22617	0,0	378	3959	4337
5	22617	0,0	378	1979	2358
2,5	22617	0,0	378	989	1368

Tabela II - Estimativa de Emissão de CO em 1988 utilizando-se os dados hipotéticos apresentados anteriormente. (somente fazendo $n=1988$).

Fator de Emissão = Padrão de Emissão de Controle gr/Km	Sem Controle E_{se}	Aplicando a Estratégia Proposta			
		E_{sc_n}	E_{ci_n}	E_{cf_n}	E_n
30	8563	1196	484	3241	4922
25	8563	1196	484	2701	4382
20	8563	1196	484	2161	3842
15	8563	1196	484	1620	3302
10	8563	1196	484	1080	2761
5	8563	1196	484	540	2221
2,5	8563	1196	484	270	1951

De posse destas tabelas e conhecendo-se a qualidade do ar atual, a estimativa de emissão atual pode-se extrapolar a qualidade do ar no ano n se a estratégia de controle não fosse adotada.

Com esta qualidade extrapolada e com a qualidade desejada poderemos determinar a emissão necessária para se obter aquela qualidade.

De volta nas tabelas poderemos decidir em quantos anos e qual o padrão de emissão a serem adotados na estratégia.

