

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

# 13<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

68

ARQUIVO TÉCNICO

**TUDO PRELIMINAR PARA ESTABELEECER  
PADRÃO DE QUALIDADE DO AR  
E PADRÃO DE EMISSÃO  
ATRAVÉS DE METODOLOGIA SIMPLIFICADA**

8204  
G947e  
014286



04465



014286

**CETESB**



**CETESB**

**Diretor Presidente:** Werner Eugênio Zulauf. **Diretor Financeiro:** Paulo Bezerril Junior. **Diretor Administrativo:** Antonio Alves de Almeida. **Diretor de Engenharia:** Nelson Mansour Nabhan. **Diretor de Controle:** Nelson Vieira de Vasconcelos. **Diretor de Planejamento Ambiental:** Fredmar Corrêa. **Diretor de Pesquisa:** Samuel Murgel Branco.

#### **ESCRITÓRIO CENTRAL**

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros  
São Paulo - CEP 05459 - Telefone: (DDD 011) 210-1100  
Telex (011) 222-46 - CTS - BR

#### **UNIDADES REGIONAIS E ESCRITÓRIOS**

##### ● Estado de São Paulo

**Araçatuba:** Rua Silva Jardim, 906  
Fone: (0186) 23.6838 - CEP 16.100

**Araraquara:** Av. Espanha, 188  
Fone (0162) 32.2211 - CEP 14.800

**Bauru:** Rua Gerson França, 11-60  
Fone: (0142) 23.8466 - CEP 17.100

**Campinas:** Rua São Carlos, 287  
Fone: (0192) 32.3366 - CEP 13.100

**Cubatão:** Rua Assembléia de Deus, 39 Salas 405 e 407  
Fone: (0132) 61.1660 e 611301 - CEP 11.500

**Franca:** Av. Champagnat, 1808  
Fone: (016) 723.9700 - CEP 14.400

**Guarulhos:** Rua Brás Cubas, 95  
Fone: (011) 209.8413 - CEP 07.000

**Ipiranga:** Rua Caramuru, 573  
Fone: (011) 275.7102 - CEP 04138

**Marília:** Av. Sampaio Vidal, 106  
Fone: (0144) 33.8879, 33.8521, 33.8733 - CEP 17.500

**Mogi das Cruzes:** Rua Prof. Floriano de Melo, 330  
Fone: (011) 469.3490 - CEP 08.700

**Novo Horizonte:** Av. da Saudade, s/n  
Fone: (0175) 42.1950 - CEP 14.960

**Osasco:** Rua Nathanael Titto Salmon, 268  
Fone: (011) 801.9736 - CEP 06.000

**Piracicaba:** Rua Moraes Barros, 264  
Fone: (0194) 34.5132 - CEP 13.400

**Presidente Prudente:** Rua Siqueira Campos, 699  
Fone: (0182) 22.1044 - CEP: 19.100

**Ribeirão Preto:** Rua Amador Bueno, 1294/1302  
Fone: (016) 634.6044, 634.4536, 625.9500  
- CEP 14.100

**Santana:** Av. Gal. Ataliba Leonel, 379  
Fone: (011) 267.7562 - CEP 02.033

**Santos:** Rua Itapura de Miranda, 158  
Fone: (0132) 33.7127, 32.9550 - CEP 11.100

**Santo André:** Rua Juquiá, 555  
Fone: (011) 444.3519, 444.5767 - CEP.: 09.000

**São Bernardo do Campo:** Av. Brig. Faria Lima, 360  
Fone: (011) 443.4188 - CEP 09700

**Sorocaba:** Av. Dr. Eugênio Salermo, 157  
Fone: (0152) 31.4877, 312065 - CEP 12.100

**Tatuapé:** Rua Henrique Setorio, 221  
Fone: (011) 217.7505 - CEP 03.066

**Taubaté:** Rua Itambé, 38  
Fone: (0122) 32.4829, 324900, 32.4867 - CEP 12.100

##### ● Outros Estados

###### **Florianópolis - SC**

Rua João Pinto, 6 - 2º andar - s/203  
Fone:(0482) 22.7690 - CEP 88.000

###### **Recife - PE**

Rua das Fronteiras, 160  
Fone: (081) 222.1013 - CEP 50.000

# ESTUDO PRELIMINAR PARA ESTABELECEER PADRÃO DE QUALIDADE DO AR E PADRÃO DE EMISSÃO ATRAVÉS DE METODOLOGIA SIMPLIFICADA

Fernando de Araújo Guimarães  
Eng.<sup>o</sup> Mecânico e Sanitarista  
Mestre em Higiene e Doutor em Saúde Pública  
ASSISTÊNCIA DA DIRETORIA DE CONTROLE

Paula Lazzarini  
Eng.<sup>a</sup> Mecânica

DIVISÃO DE ANÁLISE DE PROJETOS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E RUÍDO

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BID. 10 - EC - Prof. Dr. Lúcio Augusto Garcez  
v. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros  
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

## INTRODUÇÃO

O Município de Cubatão<sup>1</sup>, situado na Baixada Santista entre as escarpas da Serra do Mar e o oceano, desde a década de 50 vem abrigando indústrias de grande porte e elevado potencial poluidor. Sua localização privilegiada entre o Porto de Santos e a cidade de São Paulo, sem dúvida foi um dos fatores determinantes para o interesse dos complexos industriais lá se instalarem, sem, no entanto, ter havido um concomitante cuidado em preventivamente, controlar-se as fontes de poluição de cada uma das indústrias.

Dentre os vários problemas ambientais existentes que vêm sendo atualmente controlados pelas indústrias por exigência do Plano de Controle Ambiental da CETESB<sup>7</sup>, merece destaque o problema de emissões atmosféricas de poluentes na forma de partículas, gases e vapores. Um dos poluentes de importância na área de Cubatão é representado pelas emissões ordinárias de amônia por várias fontes, facilmente perceptível em muitas ocasiões pelo seu odor (46 ppm<sup>3</sup>) e pela grande quantidade de sulfato de amônia detectada na poeira em suspensão.

Desta forma o Plano de Controle previu o enquadramento das fontes de emissão deste poluente, entre as quais se destacam:

- conjuntos de granulação, resfriamento e secagem de 5 indústrias de fertilizantes num total de 7 fontes.
- unidades de fabricação de sulfatos de amônia (DAP, MAP) num total de 4 fontes.
- unidades de fabricação de amônia anidra (1 unidade)
- unidade de nitrato de amônia (1 unidade)
- unidade de nitrocalcio (1 unidade)
- unidade de cloreto de amônia (1 unidade)

não se incluindo fontes de emissões acidentais.

De início, como critério básico para o controle destas fontes, a CETESB fez exigências de atendimento de padrão de emissão baseado na melhor tecnologia prática disponível, que resultou numa emissão máxima permitida de 0,005kgNH<sub>3</sub>/t, em alguns casos correspondendo a eficiência de coleta de até 99,98%.

CLASS	
NR	
DATA	014286

Uma vez que o parâmetro fixado, em alguns casos, tornava-se excessivamente rigoroso e , em função do critério geral empregado pela CETESB de limitar a exigência de melhor tecnologia a instalações novas, decidiu-se por uma re-avaliação do limite exigido, a fim de melhor julgar sua necessidade e conveniência. Para tal, optou-se pela aplicação de modelos de dispersão em condições simplificadas para que rapidamente fossem estimadas, a nível dos receptores, as concentrações de amônia consequentes das emissões conjuntas de todas as fontes.

Esta metodologia simplificada, descrita no item 4 deste trabalho, implicou, de início , na necessidade da adoção de valores de referência para a qualidade do ar, uma vez que na legislação ambiental paulista e brasileira não há padrões de qualidade do ar para amônia.

#### Aspectos técnicos<sup>2</sup>

Padrões de emissão para as fontes estacionárias são os limites legais máximo de emissão de poluentes, permitidos a um grupo, ou grupos específicos de fontes poluidoras, relacionados a um local, equipamentos, processos, chaminés ou respiros, visando atingir a qualidade do ar desejada. Estes padrões podem ser estabelecidos subjetivamente, em termos de aparência aos olhos, quanto ao odor determinado pelo olfato ou objetivamente, em termos de medidas de peso ou volume, podendo serem estabelecidos com base na melhor tecnologia prática disponível, ou visando uma dada qualidade da atmosfera, ou ambos.

Padrões de qualidade do ar são os limites legais estabelecidos para os poluentes presentes no ar ambiente durante um período de tempo determinado, que pode variar de alguns minutos para poluentes cujo efeito se dá rapidamente, até médias anuais para prevenir efeitos crônicos.

Como caracterizam o nível tolerável de poluentes ou de uma classe de poluentes na atmosfera, definem qual a exposição permitida para uma população (padrão primário), ou para outros receptores (padrão secundário).

Os padrões, porém, variam muito de acordo com a política de meio ambiente adotada. Podem ser estabelecidos visando apenas proteger a maior parte da população ou ainda toda a população, sem a preocupação de evitar danos à vegetação ou aos materiais. Podem ainda ser estabelecidos para uma mesma área diferentes padrões de qualidade do ar, visando diferentes níveis de proteção, ou padrões diferentes para áreas de usos diferentes.

Os padrões de emissão e de qualidade do ar permitem pois, através da manutenção de seu atendimento, que seja exercido o controle da poluição do ar, numa dada região, a partir de uma estratégia pré-fixada.

#### Adoção de valor de referência de qualidade do ar

Trata-se de um frequente problema a ser contornado. Sempre quando a legislação local não fixa um padrão de qualidade do ar para um dado contaminante, há necessidade de ser adotado um valor de referência para suprir a necessidade surgida. O valor a ser adotado depende de uma série de fatores e circunstâncias, merecendo destaque pelo menos,

- definição do tipo de exposição, se de longa ou curta duração e se a baixas ou altas concentrações, características de emissões acidentais.
- definição do tipo de área e dos receptores a serem protegidos, se a saúde da população, a vegetação etc.
- definição das variáveis do receptor, tais como a presença de susceptíveis, a ocupação do solo existente etc.
- definição dos efeitos adversos principais do poluente em pauta e sua forma e tempo de ocorrência.

Após considerar os fatores mencionados, várias são as alternativas possíveis, cada uma delas com suas vantagens e desvantagens. Algumas das alternativas são:

- utilização de padrões de outros países, cuja maior desvantagem reside nas diferenças de critérios utilizados para sua fixação.

- uso de parâmetros toxicológicos para desenvolver valores aplicáveis ao meio ambiente, cuja principal limitação se encontra na extrapolação para populações humanas de susceptibilidade variável.

- uso de limites ocupacionais adaptados para o ambiente da comunidade, pela correção do tempo de exposição. Sua principal desvantagem reside na dificuldade em estimar o grau de susceptibilidade da população quando comparada com uma faixa de variação menor e melhor conhecida dos trabalhadores.

O presente caso caracteriza-se pela emissão ordinária ( nãoacidental ) e contínua durante o processo industrial de amônia, poluente cujo efeito adverso predominante é a irritação das mucosas e trato respiratório. Cogita-se, porém, atualmente, são poucas as evidências, da contribuição da amônia na destruição da vegetação da Serra do Mar. Foi tomada como base, dada sua proximidade com as fontes, a população da Vila Parisi, bairro do Município localizado na região de Piaçaguera onde se encontra instalado o complexo de fertilizantes que abriga as principais fontes de emissão de amônia.

Trabalho desenvolvido por Alarie<sup>10</sup>, no qual se define uma concentração limite aplicável a irritantes sensoriais, foi utilizado para a fixação do valor de referência procurado.

A mencionada concentração limite (RD50) que está associada a uma redução de 50% na taxa respiratória de cobaias expostas por 10 minutos, é sugerida por bem representar a ocorrência e intensidade de efeito adverso do tipo irritação. Vários irritantes sensoriais foram testados em camundongos e os respectivos valores do RD50 determinados.

Alarie<sup>10</sup> sugere ainda, que populações humanas expostas ao RD50 resultaria em irritação intolerável, enquanto que um valor 100 vezes menor representaria o limiar de irritação. Assim, utilizando-se de um fator de segurança de 10 para considerar variações na susceptibilidade da população, Alarie<sup>10</sup> sugere como valor de referência ambiental, um valor correspondente à RD50/1000. Desta forma adotou-se como valor de referência para amônia, expresso como média de 10 minutos de exposição,

$$\frac{RD50}{1000} = \frac{300 \text{ ppm}}{1000} = 0,3 \text{ ppm}$$

A título de subsídio, transcreve-se na tabela nº 1, valores do RD50 obtidos por Alarie<sup>10</sup> para outros irritantes sensoriais, únicos para os quais, o procedimento utilizado é aceitável,

TABELA 1 - VALORES DO RD50 PARA IRRITANTES SENSORIAIS SEGUNDO ALARIE<sup>10</sup>

POLUENTE	RD50 (PPM)
Acroleína	2
Amônia	300
Cloro	9
Cloroacetofenona	6
Clorobenzilidenomalononitrila	2
Cloropicrin	8
Epiclorodrin	700
Formaldeido	3
Cloreto de Hidrogenio	300
Dioxido de Enxofre	120
Tolueno Di-isocianato	0,4

### Metodologia utilizada em Cubatão

Objetivando o atendimento do padrão de qualidade do ar estabelecido, junto ao receptor, procurou-se através do estudo de dispersão das emissões, quais seriam as eficiências mínimas a serem previstas para que o controle das indústrias reduzisse as concentrações do poluente na atmosfera aos níveis desejados.

Com as necessárias informações das condições meteorológicas de Cubatão foi utilizado para o estudo de dispersão das emissões de amônia, o modelo Gaussiano<sup>9</sup>, que apresenta limitações<sup>2</sup>, como por exemplo, o fato de não considerar reações secundárias na atmosfera, desconsiderar a topografia, a dificuldade de aproximação quando os ventos são tempo dependentes, a variabilidade espacial dos parâmetros meteorológicos, aspectos estes que são difíceis de se incorporar em um modelo simplificado. No entanto este modelo se constitui em ferramenta importante para trabalhos a curto prazo.

Partindo de um valor de eficiência de controle foram calculadas as concentrações máximas devido a cada indústria individualmente, e em um ponto pré-fixado, a concentração resultante, provocada pelas emissões concomitantes de todas as indústrias.

Definiu-se como ponto de referência para o estudo das concentrações resultantes, o local onde está situada a estação telemétrica de Vila Parisi, por localizar-se junto ao núcleo habitacional mais afetado pelas emissões.

A pesquisa dos valores de eficiência foi realizada por aproximação das concentrações resultantes, utilizando um programa de computador (TK-2000), para a aplicação repetida do modelo.

As estimativas dos fatores de emissão das fontes basearam-se nas capacidades produtivas da indústria em toneladas por hora e no tipo de processamento industrial, não levando em conta as características específicas de cada indústria, por não existirem dados detalhados na bibliografia disponível. Foram adotados fatores de emissão sem controle<sup>5,8</sup>, para cada tipo de processamento industrial, pois caberá à indústria que já a possui, caso necessário, apenas completar seu controle para atingir a eficiência esperada.

Baseado na posição das indústrias e do ponto de referência estudou-se quais seriam as direções e sentidos de vento, que poderiam provocar maiores concentrações na Vila Parisi.

Escolheram-se 7 direções de vento para cálculo das concentrações resultantes, a saber, Norte, Sul, Leste, Oeste, Noroeste, Indústria A para Vila Parisi, Indústrias B e C para Vila Parisi. Com as cotas obtidas no gráfico nº1 foi montada a Tabela nº2 cujos dados serviram para alimentar o programa do modelo de dispersão.

TABELA 2 - COORDENADAS PARA APLICAÇÃO DO MODELO

FONTE	DIREÇÃO DO VENTO (X;Y) (M)													
	NORTE		SUL		LESTE		OESTE		NE		A + V.P.		B.C. + V.P.	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
A	1625	1075			1075	1625			1900	400	1950	ρ	1825	690
B	975	1350			1350	975			1625	250	1550	590	1650	0
C	675	915			900	675			1125	150	1075	390	1125	0
D	450	50			50	450			350	288	400	200	325	325
E	975	375					375	975	425	975	600	850	275	1025
F			140	500			500	150						

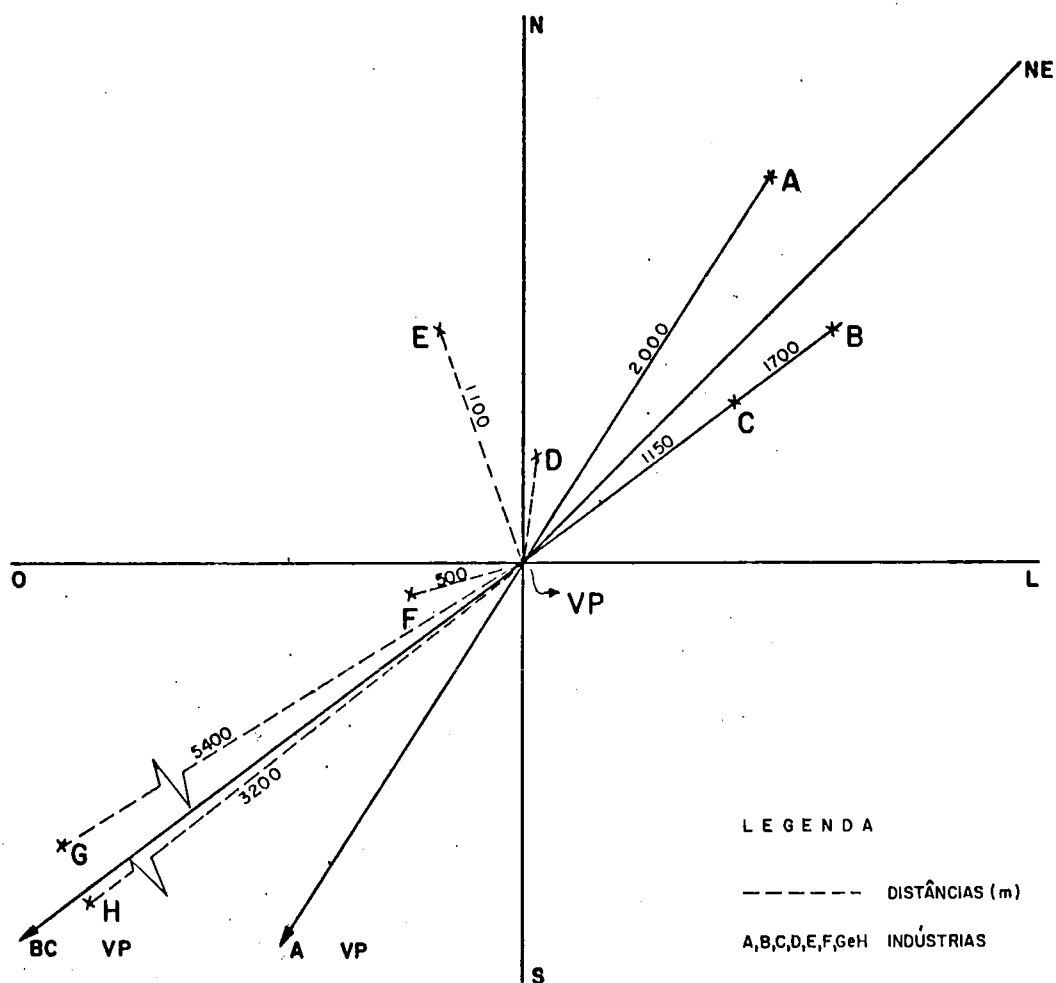


GRÁFICO 1 - Direções de vento e distâncias das indústrias em relação a Vila Parisi

As principais equações utilizadas foram:

$$U = 1,28 U_{10}$$

$$\sigma_y = ax^b$$

$$\sigma_z = cx^d$$

$$C(x,y,0) = \frac{Q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-x^2}{2 \sigma_z^2}\right) \exp\left(\frac{-y^2}{2 \sigma_y^2}\right)$$

$$C(\text{MAX}) = \frac{0,1171 Q}{U \sigma_z(\text{MAX}) \sigma_y(\text{MAX})}$$

$$\sigma_z(\text{MAX}) = 0,707H$$

$$Q = (1-n)Q_0$$

onde

U - velocidade do vento à 10 metros (m/s)

U - velocidade do vento à altura da chaminé (m/s)  
 $\sigma_y, \sigma_z$  - parâmetros de dispersão de Pasquill - Gifford (m)  
a, b, c, d - coeficientes dependentes da condição de estabilidade  
 $Q_0$  - emissão sem controle (g/s)  
Q - emissão controlada (g/s)  
 $\eta$  - eficiência de controle requerida (fração)  
 $\sigma_z (MAX), \sigma_y (MAX)$  - parâmetros de dispersão no ponto de máximo (m)  
x, y - coordenadas do receptor (m)  
C(x, y, 0) - concentração ao nível do solo ( $g/m^3$ ) (10 min)  
C (MAX) - concentração máxima ao nível do solo ( $g/m^3$ ) (10 min)  
H - altura da chaminé (m)

Outros parâmetros que foram adotados,

- altura da chaminé fixada em 30m ou 40m
- ultima versão dos parâmetros de dispersão de Pasquill-Gifford
- velocidade do vento 0,5m/s e 1,5m/s (condições locais mais desfavoráveis à dispersão)
- fixou-se o nível do solo para cálculo das concentrações
- consideraram-se todas as condições de estabilidade
- duas indústrias G e H foram excluídas do modelo devido a sua grande distância do ponto de referência

As primeiras determinações foram as concentrações máximas ao nível do solo. Nestes pontos de máximas foi verificado se estas concentrações não poderiam ser significativamente aumentadas pelas emissões das outras fontes.

Em segunda etapa foram determinados os maiores valores de concentrações resultantes das emissões de todas as indústrias, incluindo qual seria o deslocamento, em relação ao ponto de referência, da máxima concentração nesta direção de vento, de forma, a cobrir toda a área habitada da Vila Parisi nas direções de vento consideradas.

Com o procedimento descrito foi determinada uma eficiência de coleta que aplicada a todas as fontes garantia que em nenhum ponto da Vila Parisi o padrão fosse ultrapassado.

A seguir com estes dados procurou-se adequar a eficiência global necessária de acordo com o porte da fonte, de forma a manter-se o resultado final. As duas de maior potencial poluidor coube uma eficiência de coleta superior, tornando acessível a todas o atendimento do padrão de emissão, ainda de valor inferior à melhor tecnologia prática disponível.

Desta forma um padrão final de 0,02 kgNH<sub>3</sub> por tonelada de produto, associado a uma chaminé de 30 metros de altura foi fixado para as fontes em consideração, exceto para as unidades de DAP e MAP para as quais se exigiu uma eficiência mínima de controle de 98,5%.

#### Conclusões e Recomendações

Não raramente torna-se necessário fixar padrões de emissão para fontes existentes de poluição da atmosfera onde a opção de adoção da melhor tecnologia disponível não é imprescindível. Nestes casos, a despeito dos muitos fatores limitantes, a metodologia apresentada neste trabalho pode ser utilizada nos casos onde uma decisão se faz mister em curto espaço de tempo. Um dos problemas com o qual certamente o administrador estará envolvido, é representado pela necessidade de adoção de um valor de referência para a qualidade do ar.

Um procedimento para esta adoção quando de exposição a irritantes sensoriais é apresentado.

---

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - GALVÃO FILHO J.B., CAMPOS M.A.V., DIEZ J.M., *Plano de ação para Controle da Poluição Ambiental em Cubatão*, Congresso Bras. Eng. Sanitária e Ambiental, XII, Camburiú, Santa Catarina, Nov. 1983
- 2 - STERN, A.C. - *Air Pollution*, Vol V, Third edition, New York, Academic Press, 1977
- 3 - U.S. Dept. of Commerce - NTIS AD- 779400, *Prediction of Hazards in Spills of Anhydrous Ammonia on Water*, 1974
- 4 - D. BRUCE TURNER, *Workbook of atmospheric dispersion estimates*, PB-191482, U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1969
- 5 - NEA INC., *Cubatão Aerosol Source Apportionment Study*, Vol I, 1985
- 6 - U.S.E.P.A., *Source Assesment: Fertilizer mixing plants*; EPA-600/2-76032c; PB 253992, 1976
- 7 - CETESB - Plano 4, Programa 4.1 *Controle de Poluição Ambiental em Cubatão*, Jan. 1985.
- 8 - U.S.E.P.A. - *Compilation of Air Pollutant Emissions Factors*, Third Edition. National Technical Information Service; PB 275525, 1977
- 9 - GUIMARÃES F.A. et al, *Metodos Simplificados para Fixação de Padrões* ( em elaboração)
- 10- ALARIE Y., KANE L.E., BARRON C.S., *A Short-term Test to Predict Acceptable Levels of Exposure to Airbone Sensory Irritants*; AIHA Journal, (40) March 1979.

Data Aquis.:
Valor:
Livraria:
Preço: Cr\$
Data Tomba: 25/09/95