

21

Rede Automática de Amostragem de Poluentes Atmosféricos Plano Preliminar

ARQUIVO TECNICO



VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária
Rio de Janeiro, 14 a 19 de dezembro de 1975

0
7r
537



CETESB

10454



009637



CETESB

tecnologia de Saneamento Ambiental



CETESB

RÉDE AUTOMÁTICA DE AMOSTRAGEM DE POLUENTES
ATMOSFÉRICOS - PLANO PRELIMINAR

Fernando de Araújo Guimarães

Silvio Souza Esteves

Jaime de Agostinho

Roberto Godinho

CETESB - COM. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Marques Garcia
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinhalão
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária.

Promovido pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.

ABES - Secção do Estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 14 a 19 de dezembro de 1975

CLASS.	
AUT.	
TOMO	

1973

Trabalho de
 Nívio José
 Lima de
 Roberto

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia de
 Física da Universidade Federal de Pernambuco
 em março de 1973.

Trabalho de Nívio José Lima de Roberto
 apresentado ao Curso de Engenharia de Física
 da Universidade Federal de Pernambuco em março de 1973.

ÍNDICE GERAL

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS	3
2.1. Tamanho da rede	3
2.2. Frequência de Amostragem	10
3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DA GRANDE SÃO PAULO	13
4 - CÁLCULOS	31
4.1. Tamanho da rede	31
4.1.1 Cálculo pelo Método A	31
4.1.2 Cálculo pelo Método B	32
4.1.3 Cálculo pelo Método C	32
4.1.4 Cálculo pelo Método D	33
4.1.5 Cálculo pelo Método E	34
4.2. Frequência de amostragem	35
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	36
5.1 Resumo e Comentários	36
5.2 Localização das Estações	38
5.3 Recomendações	39
5.4 Metodologia e Instrumentação	44
6 - BIBLIOGRAFIA	52

INSTALAÇÃO DA REDE DE AMOSTRAGEM

1. INTRODUÇÃO

A avaliação das concentrações de poluentes na atmosfera é de capital importância no desenvolvimento de um programa de controle da poluição do ar por parte de uma entidade governamental. Os propósitos são vários e dentre eles podem ser citados:

- conhecer e comparar a atual qualidade do ar na área sob jurisdição
- julgar as tendências com o objetivo de fixar padrões de qualidade do ar
- ativar as ações de emergência a fim de evitar episódios agudos de poluição do ar
- fornecer dados necessários para avaliação de prováveis efeitos sobre o ser humano, outros animais, plantas e materiais em geral
- fornecimento de dados para planejamento do uso do solo, planejamento urbano e do sistema de transportes
- estudar e desenvolver estratégias de controle de poluição do ar
- estudar a validade dos modelos matemáticos de dispersão atmosférica.

Tendo em vista a extensão da atmosfera esta avaliação deve ser feita através de amostragem dos poluentes atmosféricos.

Para tanto, métodos têm sido padronizados e equipamentos tem sido propostos de forma a garantir características indispensáveis de reproducibilidade, especificidade e exatidão, e suficientes de precisão e sensibilidade tornando os resultados adequados aos propósitos a que se destinam.

No entanto, a par dos problemas instrumentais, dos problemas relativos aos métodos utilizados e dos erros cometidos na execução das diversas etapas da utilização do sistema de amostragem, os aspectos de significância estatística dos valores

obtidos são também de capital importância. Dentre os vários fatores intervenientes sobre a significância estatística e a exatidão que se pode esperar dos valores obtidos, está o da determinação do número necessário de estações de amostragem, frequência de amostragem e localização das estações.

Uma vez perfeitamente definidos os objetivos de um programa de amostragem, fixados os poluentes de interesse, e escolhidos os métodos e instrumentos a serem utilizados, a fase de projeto se relaciona com as respostas que devem ser dadas às seguintes perguntas:

- quantas estações deverão ser instaladas?
- com que frequência serão operadas?
- que tempo terá cada amostra?
- qual o volume de cada amostra?
- por quanto tempo o programa será mantido?
- onde colocar cada estação?
- como instalar a estação?

As respostas a estas perguntas não são muitas vezes de fácil obtenção. Experiências anteriores ajudaram na construção de tabelas e gráficos que permitem a resposta a algumas das perguntas, no entanto, em muitos casos um enfoque puramente estatístico é necessário. Assim é que vários métodos têm sido propostos para cálculo de número adequado de estações de amostragem a se localizarem numa dada região. O objetivo do presente relatório é apresentar os vários métodos e critérios que têm sido propostos, utilizando-os para determinar o número de estações de amostragens na área da Grande São Paulo, sua localização e frequência de utilização de modo que se possa observar a forma como os diversos métodos e critérios se comparam. A escassez atual de dados relativos a área em estudo torna este trabalho preliminar para os seus propósitos e indica a necessidade de seu aperfeiçoamento quando os dados forem mais abundantes e exatos.

2. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

2.1. Tamanho da Rede

METODO A. Trata-se de um critério fornecido pela "U. S. Environmental Protection Agency" para a determinação do número de estações de amostragem (pontos de amostragem) necessário para estimar a concentração de cada um dos principais poluentes na área de interesse. Tal critério é fornecido na forma de tabela levando em conta alguns fatores característicos do local, tais como população e concentração atual do poluente. A tabela 1 fornece os valores sugeridos pelo critério em consideração.

METODO B. Anteriormente ao método A, o Governo dos Estados Unidos da América através do mesmo EPA havia proposto dois métodos, um gráfico e um analítico para o cálculo do número de estações de uma rede de amostragem, ambos baseados na definição de comunidades padrão. Como método B explicitar-se-á o método gráfico e como método C o analítico. O gráfico da figura 1 define-se por si próprio fornecendo o número de estações requeridas em função da população da região e do tipo de rede a ser utilizada.

METODO C. Na mesma publicação (AP - 98) é sugerido outro método para estimar o número mínimo de estações de amostragem

$$N = N_x + N_y + N_z$$

sendo

N = número total de estações

N_x = número de estações em sub-áreas onde os valores das concentrações de poluentes estão acima dos padrões de qualidade do ar

N_y = número de estações em sub-áreas onde os valores das concentrações de poluentes estão entre os padrões de qualida-

TABELA 1 - TAMANHO DA REDE DE AMOSTRAGEM

POLUENTES	CARACTERÍSTICA	MÉTODO	POPULAÇÃO	NUMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES
POEIRA	$\bar{X}_a > 95 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Hivol (24 h);	$< 10^5$	4
	$X_m > 325 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 cada 6 dias	$10^5 - 10^6$	4 + 0,6 W
			$10^6 - 5 \times 10^6$	7,5 + 0,25 W
EM		Fita 1 cada 2 horas	$> 5 \times 10^6$	12 + 0,16 W
SUSPENSÃO	$\bar{X}_a (60-95) \mu\text{g}/\text{m}^3$	Hivol	-	3
	$X_m (150-325) \mu\text{g}/\text{m}^3$	Fita	-	1
	$\bar{X}_a < 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $X_m < 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Hivol	-	1
MONÓXIDO DE	$X_{mh} \geq 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Contínuo infra-vermelho	$< 10^5$	1
	$X_{m8} \geq 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$		$10^5 - 5 \times 10^6$	1 + 0,15 W
			$> 5 \times 10^6$	6 + 0,05 W
CARBONO	$X_{mh} < 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Contínuo infra-vermelho	-	não é necessário
	$X_{m8} < 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$		-	

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO



POLUENTE	CARACTERÍSTICA DA ÁREA	MÉTODO	POPULAÇÃO	NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES
OXIDANTES	$X_{mh} > 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Iodeto 1 de 24 horas cada 24h	$< 10^5$	4
FOTOQUÍMICOS	$X_{hm} < 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Contínuo	$< 10^5$	1
OXÍDOS DE NITROGÊNIO	$\bar{X}_a > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Christie 1 de 24 horas cada 14 dias	$10^5 - 5 \times 10^6$	1 + 0,15 W
			$> 5 \times 10^6$	6 + 0,15 W
			-	não é necessário
			$< 10^5$	3
			$10^5 - 10^6$	4 + 0,6 W
			$> 10^6$	10
			-	não é necessário



POLUENTE	CARACTERÍSTICA DA ÁREA	MÉTODO	POPULAÇÃO	NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES
ANIDRIDO	$\bar{X}_a > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	P.R.A. borbu - lhamento de 24 horas 1 cada 6 dias	$< 10^5$	3
	$X_m > 455 \mu\text{g}/\text{m}^3$		$10^5 - 10^6$	2,5 + 0,5 W
SULFUROSO	$X_m > 455 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Contínuo	$> 5 \times 10^6$	6 + 0,15 W
			$< 10^5$	11 + 0,05 W
SO ₂	$\bar{X}_a (60-100 \mu\text{g}/\text{m}^3)$ $X_m (260-450 \mu\text{g}/\text{m}^3)$	P.R.A.	$10^5 - 5 \times 10^6$	1 + 0,15 W
			$> 5 \times 10^6$	6 + 0,05 W
			-	3
			-	1
	$\bar{X}_a < 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $X_m < 260 \mu\text{g}/\text{m}^3$	P.R.A.	-	1

NOTAS : W = nº de habitantes
10⁶

\bar{X}_a = média aritmética anual

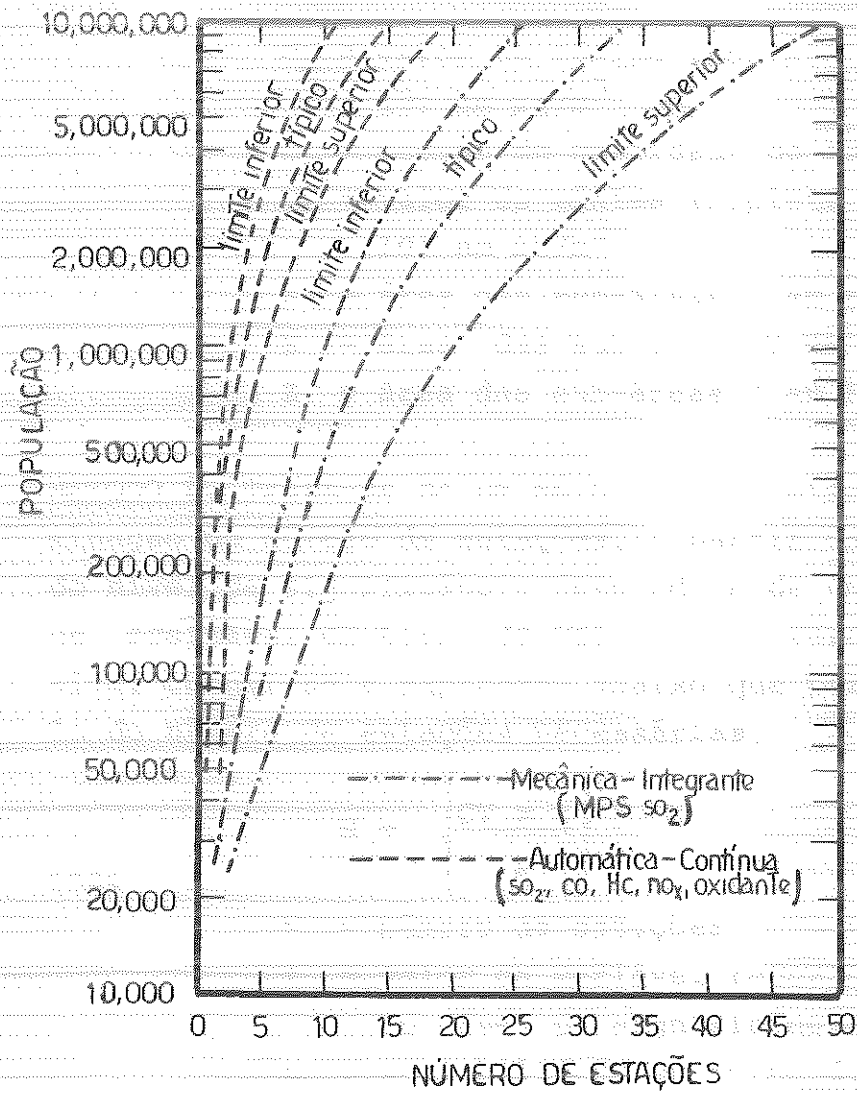
X_m = concentração máxima (24 horas) ocorrida no ano

X_{mh} = concentração máxima (1 hora) ocorrida no ano

X_{m8} = concentração máxima (8 horas) ocorrida no ano.

FIGURA 1

População da Região Versus Número de Estações



de do ar e os níveis de referência (background)

N_z = número de estações em sub-áreas onde os valores das concentrações de poluentes estão próximos aos níveis de referência.

e
$$N_x = 0,0965 \cdot \frac{C_m - C_s}{C_s} \cdot X$$

$$N_y = 0,0096 \cdot \frac{C_s - C_b}{C_s} \cdot Y$$

$$N_z = 0,0004 \cdot Z$$

onde

C_m = valor da máxima isopleta (intervalo de 10) em $\mu g/m^3$

C_s = padrão de qualidade do ar em $\mu g/m^3$

C_b = valor da mínima isopleta (intervalo de 10) em $\mu g/m^3$

X = área das sub-áreas X em Km^2

Y = área das sub-áreas Y em Km^2

Z = área das sub-áreas Z em Km^2

METODO D. Trata-se de um método estatístico para determinação do número de estações. A partir da pré-fixação do nível de significância desejado e de uma variabilidade aceitável em torno do valor médio verdadeiro é possível chegar-se a expressão abaixo que permite o cálculo do número de estações necessárias.

onde
$$N = \left[\frac{CV \cdot x \cdot t}{p} \right]^2$$

N = número de estações

t = valor da variável reduzida para um dado nível de significância

p = variabilidade em torno da média verdadeira em porcentagem

CV = coeficiente de variação



O coeficiente de variação valerá $\frac{\sigma}{\mu}$ estimado por $\frac{S}{\bar{X}}$ se a distribuição das concentrações for normal e valerá $(\text{antilog } S_g \times 100) - 100$ se a distribuição for logarítimo normal.

sendo

σ = desvio padrão populacional

μ = média da população

S = desvio padrão amostral (aritmético)

\bar{X} = média amostral (aritmética)

S_g = desvio padrão dos logarítimos das observações

Torna-se pois evidente que a utilização da relação proposta só será possível se forem conhecidos dados de concentrações dos poluentes obtidos anteriormente através de um estudo piloto.

MÉTODO E. A distribuição proposta da rede de amostragem abrange todos os municípios da Região da Grande São Paulo, que pelo censo de 1974, tiveram mais de 100.000 habitantes (São Paulo, Santo André, Osasco, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Mauá, São Caetano do Sul, Mogi das Cruzes e Diadema). No município de São Paulo, foram distribuídas 50% das estações (13 das 26). Tendo em vista a divisão sub-regional da Região da Grande - São Paulo, temos a seguinte distribuição:

- Sub-região centro, com 7 089 411 hb. - 13 estações
- Sub-região sudeste, com 1 281 156 hb. - 6 estações
- Sub-região leste, com 375 035 hb. - 2 estações
- Sub-região noroeste, com 106 214 hb. - 1 estação
- Sub-região sudoeste, com 188 026 hb. - 2 estações
- Sub-região nordeste, com 350 783 hb. - 1 estação

Tendo em vista os dados disponíveis de concentrações de dióxido de enxofre e material particulado em suspensão de 1974, da rede de amostragem existentes na Região da Grande São Paulo, com os dados obtidos das 25 estações propostas, poder-se-á afirmar com 95% de certeza que:

1. a concentração média anual de dióxido de enxofre a ser encontrada não variará em mais de 10% da concentração média anual verdadeira.

2. a concentração média anual de material particulado em suspensão a ser encontrada não variará em mais de 5% da concentração média anual verdadeira.

2.2. Frequência de Amostragem

A tabela 2 apresenta os valores da frequência de amostragem sugeridos pelo "US Environmental Protection Agency" para vários poluentes e métodos de amostragem e análise mais comumente utilizados.

TABELA 2. FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

POLUENTES	MÉTODO	DURAÇÃO	FREQUÊNCIA
Anidrido Sulfuroso SO ₂	Absorção (P.R.A.)	24 horas	1 cada 6 dias
Poeira em Suspensão	Hivol	24 horas	1 cada 6 dias
Poeira em Suspensão	Fita	variável	1 cada 2 horas
Monóxido de Carbono	Infra - Vermelho	contínuo	contínuo
Oxidante	Iodeto	30 minutos	1 cada 24 horas
Óxido de Nitrogênio	Christie	24 horas	1 cada 14 dias

Estatisticamente pode-se chegar a uma relação que forneça a frequência de amostragem para a determinação da concentração de poluentes cuja distribuição é log-normal.

Seja $Y_1, Y_2, Y_3 \dots \dots \dots Y_n$ um conjunto de n obser-
vações independentes de uma variável aleatória log-nor-
malmente distribuída.

Se fizermos $x_i = \ln Y_i, X_i$ será normalmente distribuída,
e se \bar{x} for a média aritmética, S o desvio padrão aritmé-
tico da amostra e $S_{\bar{x}}$ o desvio padrão de \bar{x} ,

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (1)$$

e para uma população finita

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\left[1 - \frac{n}{N}\right] \frac{S^2}{n}} \dots \dots \dots (2)$$

onde $N =$ tamanho da população

O intervalo de confiança da média verdadeira é dado por

$$\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} S_{\bar{x}}$$

onde,

α = nível de significância

$Z_{\alpha/2}$ = valor da normal reduzida correspon-
dente a $\alpha/2$

e o intervalo de confiança da média geométrica da dis-
tribuição original será, $\exp(\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} S_{\bar{x}})$

Se pois, impusermos um valor para a diferença entre a mé-
dia geométrica verdadeira e a média geométrica da amos-
tra igual a uma fração P da média geométrica observada,
teremos

$$\exp. (\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} S_{\bar{x}}) - e^{\bar{x}} = P e^{\bar{x}} \dots \dots (3)$$

ou

$$\exp. (Z_{\alpha/2} S_{\bar{x}}) = P + 1 \dots \dots \dots (4)$$

e ainda

$$Z_{\alpha/2} S_{\bar{x}} = \ln (P + 1) \dots \dots \dots (5)$$

Substituindo (1) em (5) obtemos,

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 S^2}{\ln^2 (P+1)} \dots \dots \dots (6)$$

e substituindo (2) em (5) teremos,



$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 S^2 N}{N \ln^2 (P+1) + (Z_{\alpha/2})^2 S^2} \dots\dots (7)$$

relações estas sugeridas por Hale, para o cálculo da frequência de amostragem. Para 95% de confiança $Z_{\alpha/2} = 1,96$ da curva normal onde,

n = número de amostras no período

Z = valor da variável reduzida para um dado nível de significância

S = desvio padrão dos logaritmos das observações

N = tamanho da população (período)

P = fração da média geométrica observada que difere da média verdadeira com uma probabilidade de especificada

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DA GRANDE SÃO PAULO

A área denominada de Grande São Paulo compõe-se de 37 municípios (figs. 2 e 3), com uma área total aproximada de 8000 quilômetros quadrados (0,03% da área do Estado de São Paulo) e tendo aproximadamente 9.000.000 de habitantes em 1974 (50% da população urbana do Estado de São Paulo). Esta área caracteriza-se por uma rede de cidades interdependentes relacionadas entre si por meio de grandes eixos urbanizados, caracterizando o processo de conurbação (vide figura 4).

A conformação do aglomerado urbano da Grande São Paulo começou a se definir após 1930, mas configurou-se efetivamente durante e após a 2.^a Guerra Mundial.

A urbanização da Grande São Paulo processou-se a partir do antigo núcleo quinhentista localizado em torno do Colégio Jesuíta de São Paulo, fundado a 25 de janeiro de 1554 pelo padre Manoel da Nóbrega, com fins à catequização missionário dos índios, como também para formar uma base de colonização do Planalto de Piratininga. A partir daí, seguindo o desenvolvimento econômico e social, a cidade foi se expandindo sob a forma concêntrica difusa até aproximadamente 1940, tendo a partir daí tomado a forma tentacular, penetrando nos eixos dos vales dos Rios Tietê, Tamanduatéi, Pinheiros e outros que serviram e estão servindo para a expansão recente do parque industrial.

A urbanização modificou radicalmente em poucas décadas a fisionomia da Grande São Paulo trazendo com isto uma série de graves problemas. O crescimento demográfico e espacial acelerado, de forma não ordenada, sem qualquer planejamento, dando uma evolução à estrutura urbana do tipo espontâneo e caótico, fez surgir problemas do tipo social (habitação, emprego, etc) e de deterioração do meio ambiente (poluição ambiental, saneamento básico, etc).

A região de São Paulo é um pequeno compartimento topográfico da porção Sul-Oriental do Planalto Atlântico Brasileiro. Sua originalidade principal depende da presença de uma pequena bacia de sedimentação moderna encaixada em meio de terrenos antigos e acidentados, e drenada pelo alto Tietê que tem início de sua rede hidrográfica nos maciços antigos das bordas

Posição Geográfica do Estado de São Paulo



Posição Geográfica da Região da Grande São Paulo

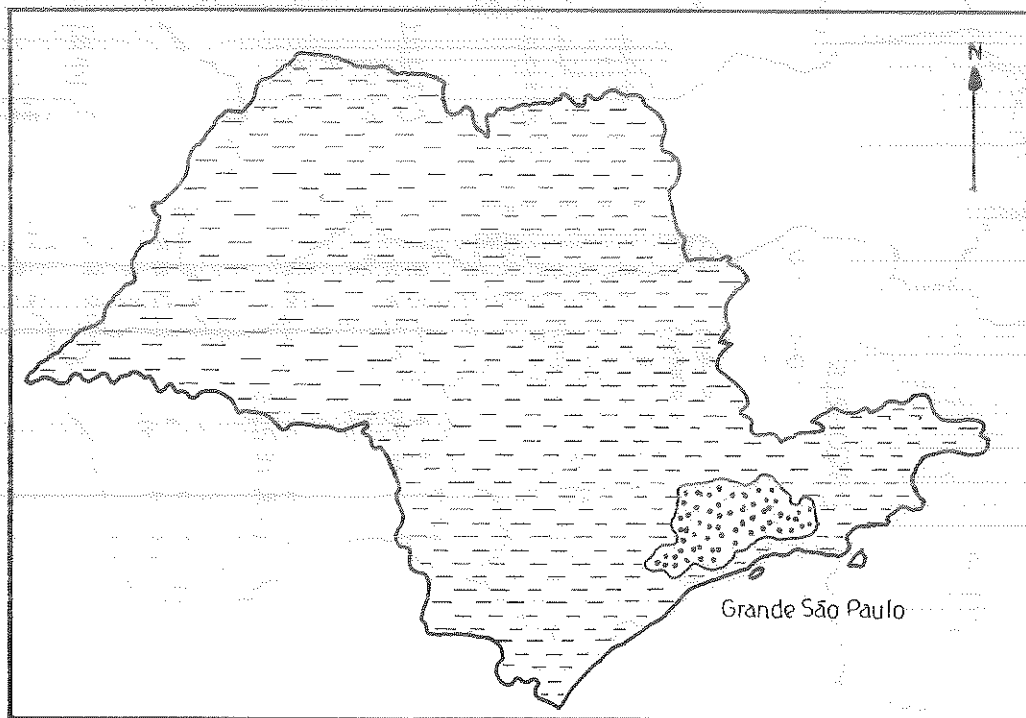


FIGURA 2

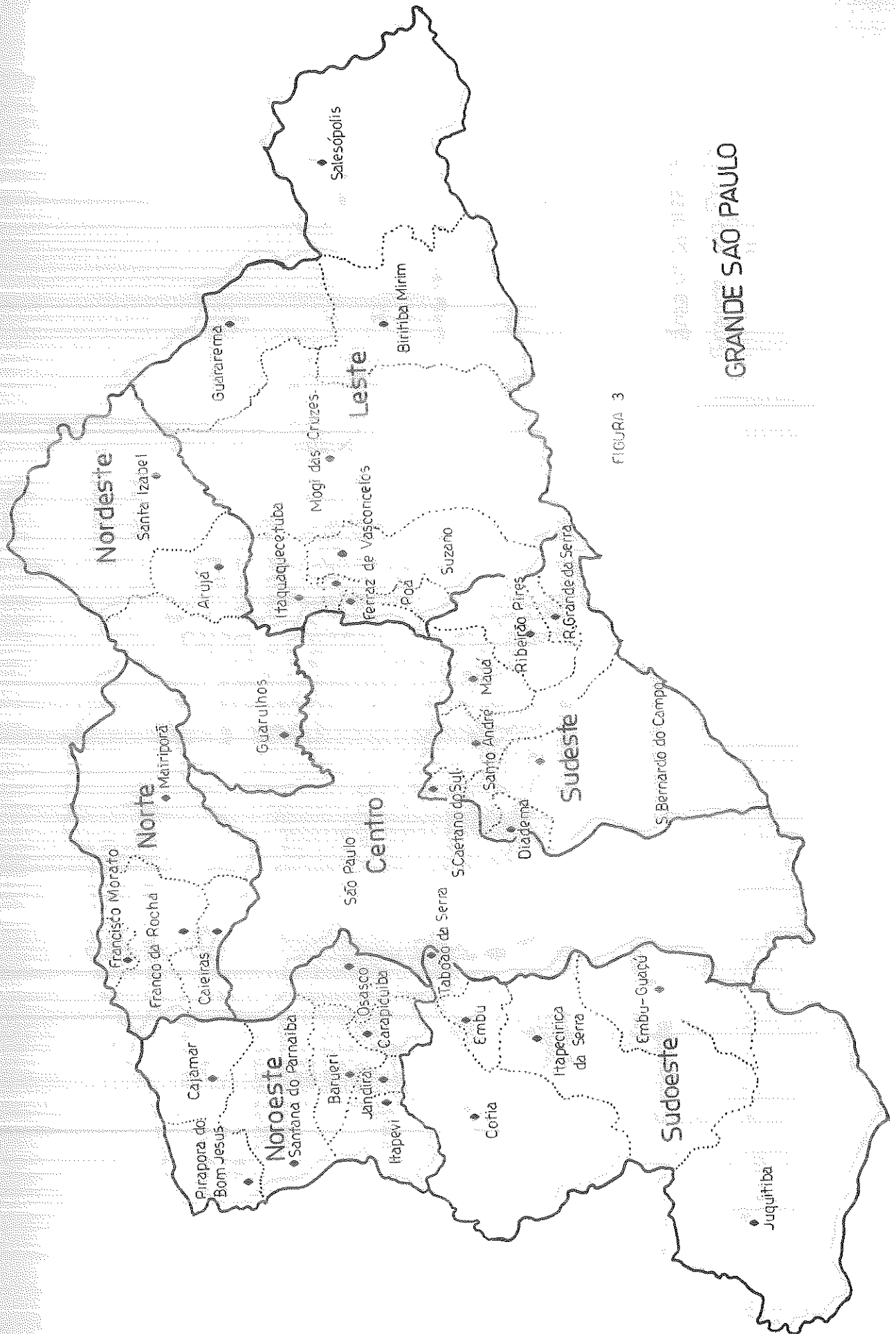


FIGURA 3

GRANDE SÃO PAULO

continentais da "Serra" do Mar, dando costas ao oceano e correndo para o interior das terras Planálticas do Estado de São Paulo, em busca do eixo do Rio Paranã.

Fisiograficamente a Grande São Paulo inicia-se em Mogi das Cruzes extendendo-se até Osasco e o maciço de Cotia, em sentido transversal do Vale do Tietê, estende-se das encostas meridionais da Serra da Cantareira e do Jaraguá até as bordas continentais da "Serra" do Mar ao Sul de São Bernardo do Campo. Enquanto as altitudes das outras unidades topográficas - que envolvem a Região da Grande São Paulo giram em torno de 1100 metros, as colinas paulistanas mais elevadas não atingem senão 780-820 metros, enquanto que as planícies de inundação do Tietê e Pinheiros situam-se entre 718 - 730 metros. O Centro da Cidade (Praça da Sé, Praça da República) situam-se em um patamar intermediário das colinas paulistanas, de topografia excepcionalmente plana e suave, girando em torno de 745-755 metros.

Um dos pontos mais característicos da topografia paulistana é o espigão central, alongado e estreito divisor de águas entre os Vales do Tietê e do Pinheiros, tem sua orientação no sentido SE-NW, com a Av. Paulista coincidindo na maior parte do seu eixo principal.

Como outras unidades topográficas de São Paulo temos:

- Patamares tabuliformes constituídos por colinas extremamente suaves que estão em média a 15-25 metros das várzeas (bairros Jardim, Centro da Cidade)
- bairros terraços: estão entre 3-5 metros da várzea (Moóca, Pari, Canindê, Bom Retiro, Presidente Altino)
- Várzeas: Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, são as principais.

O clima da Região onde se implantou e cresceu a grande aglomeração paulistana é essencialmente o tropical úmido de planalto. Trata-se no caso, de um clima cujo ritmo é bastante aparentado com os climas tropicais úmidos, porém cuja temperatura média anual, devido à altitude (720-830 metros), está bem abaixo dos totais atribuídos aos climas quentes tradicionais.

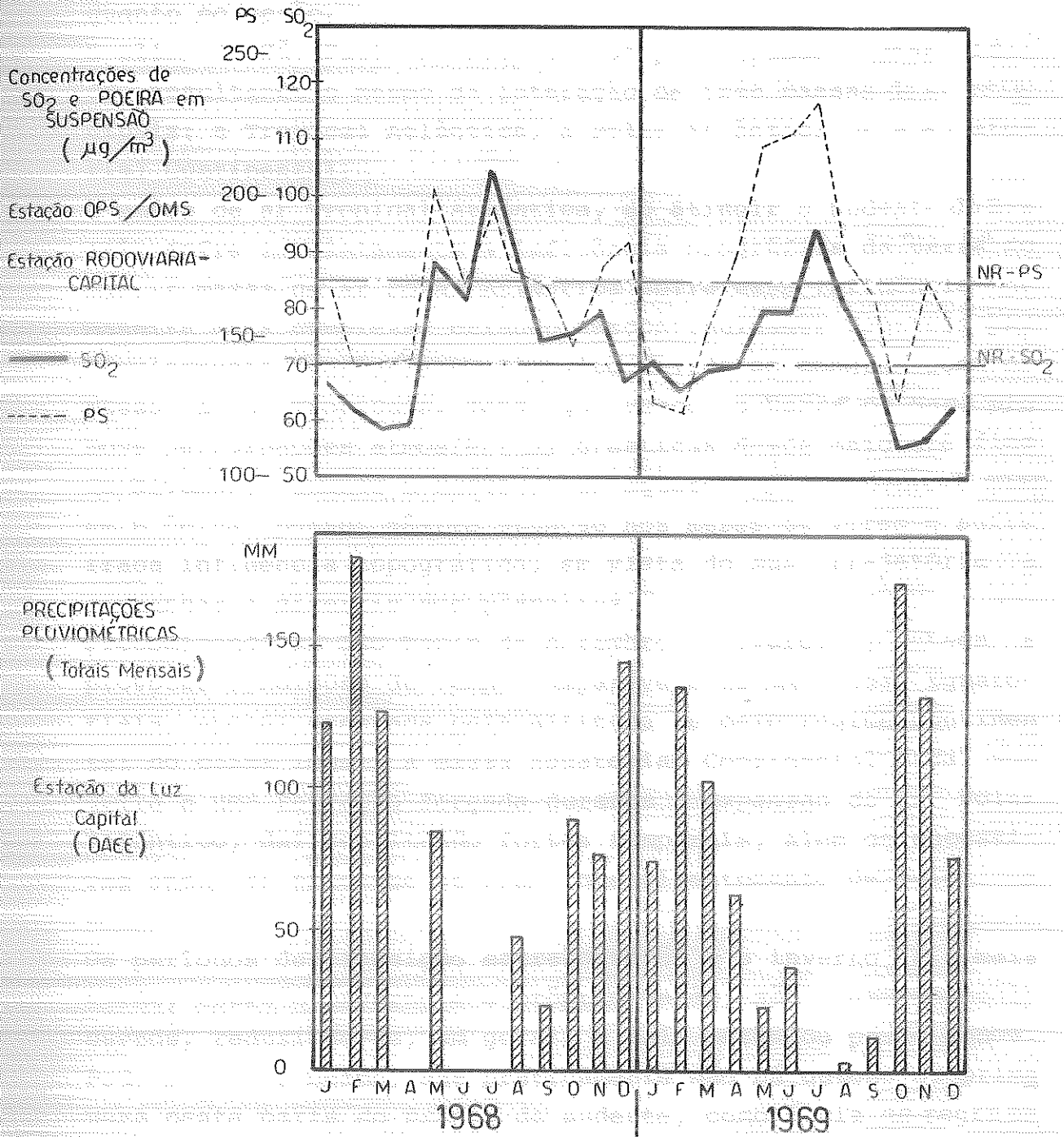
Recebendo em média 1.300 mm de precipitações anuais com chu-

vas predominante de verão, sem que seu inverno seja inteiramente seco, a região de São Paulo possui uma temperatura média anual que oscila entre 17°C e 18°C. Trata-se de uma associação complexa entre uma temperatura branda e um teor de umidade muito elevado e relativamente constante para quase todo o ano. Isto faz com que o ambiente climático do Planalto Paulista venha a constituir um tipo de clima que dificilmente se enquadra nas classificações climáticas mais conhecidas. A temperatura da Região de São Paulo (17,5°C) é 4,5°C inferior a de Santos (22°C), 2,5°C inferior a de Campinas (20°C), 3°C inferior a de Taubaté (20,5°C) e 4,7°C superior de Campos do Jordão (12,8°C). Entrementes, as chuvas que caem sobre São Paulo são bem inferiores as da "Serra" do Mar (3.900-4.500 mm/ano), as de Santos (2232 mm/ano) as de Campos do Jordão (1698 mm/ano), porém superiores as de Itú (1112 mm/ano) e as de Sorocaba (1067 mm/ano) de um modo geral pode-se dizer que as colinas paulistas, de São Bernardo do Campo à Santana, e Osasco à Itaquera, recebem de 1250 à 1350 mm/ano de precipitação, sendo circundadas por áreas de pequenos maciços montanhosos (Cantareira, Jaraguá, Itapevi, Suindará, Bonilha) onde os índices de chuvas são bem mais elevados, girando em torno de 1500-1800 mm/ano. É de se notar, entretanto, que na direção Sul, nos "Altos" da "Serra" do Mar, tais índices ascendem a cotas excepcionalmente elevadas (3500-4500 mm/ano) as mais altas do Brasil superiores as da própria Amazônia Brasileira.

A maior quantidade de precipitação pluviométrica implica num aumento inversamente proporcional dos valores da poluição atmosférica como podemos ver na figura 6, onde são correlacionados durante os anos de 1968 e 1969, os valores de concentrações médias de Anidrido Sulfuroso (SO₂) e Poeira em Suspensão obtidas na Estação OPS/OMS de Campos Elíseos, São Paulo, Capital, com os totais Pluviométricos mensais da Estação da Luz.

Os dados meteorológicos apresentam para o clima paulistano uma evolução anual relativamente simples e constante, até certo ponto ilusória denunciando um moderado constante entre os meses de inverno e verão. A diferença entre o mes mais quente e o mais frio não vai além de 6°C, registrando-se em ju

FIGURA 6



Correlação entre valores de concentrações médias mensais de SO₂ e POEIRA em SUSPENSÃO

lho 13°C, e em fevereiro 19°C. Ao paulistano, entretanto se apresenta uma sucessão habitual real, inteiramente diferente, pois cumpre a ele resistir a fortes variações diurnas e semanais de temperatura e tipos de tempo, tanto no inverno quanto no verão.

O clima de São Paulo caracteriza-se pela grande instabilidade, resultando o mesmo da interação de três massas de ar principais: a Tropical Atlântica, a Polar Atlântica e a Equatorial Continental.

A massa de ar Tropical Atlântica, ao atingir o Sudeste do Brasil, sofre imediatamente a influência orográfica da "Serra" do Mar. A massa de ar Polar Atlântica sofre essa influência de maneira mais complexa, criando descontinuidades frontais particularmente sensíveis no Planalto devido ao choque com as massas de ar Tropicais. Tendo que vencer a "Serra" do Mar, promove perturbações atmosféricas drásticas desde maio até fins de novembro. Quanto a massa de ar Equatorial Continental, quente e úmida, possui máxima atuação nos meses de verão e sofre fraca influência topográfica, em vista de sua trajetória a acompanhar a diretriz dos planaltos.

Predominando em São Paulo de dezembro a fevereiro, chega a provocar condições de tempo comparáveis as das zonas Equatoriais, apenas atenuada pela altitude e pelo regime Continental do clima local. A massa Equatorial Continental fica sujeita a uma retração forçada durante a expansão do ar Polar Atlântico, daí resultando fortes temporais, além de sucessivas ondas de frio que ocorrem intermitentemente de maio a novembro.

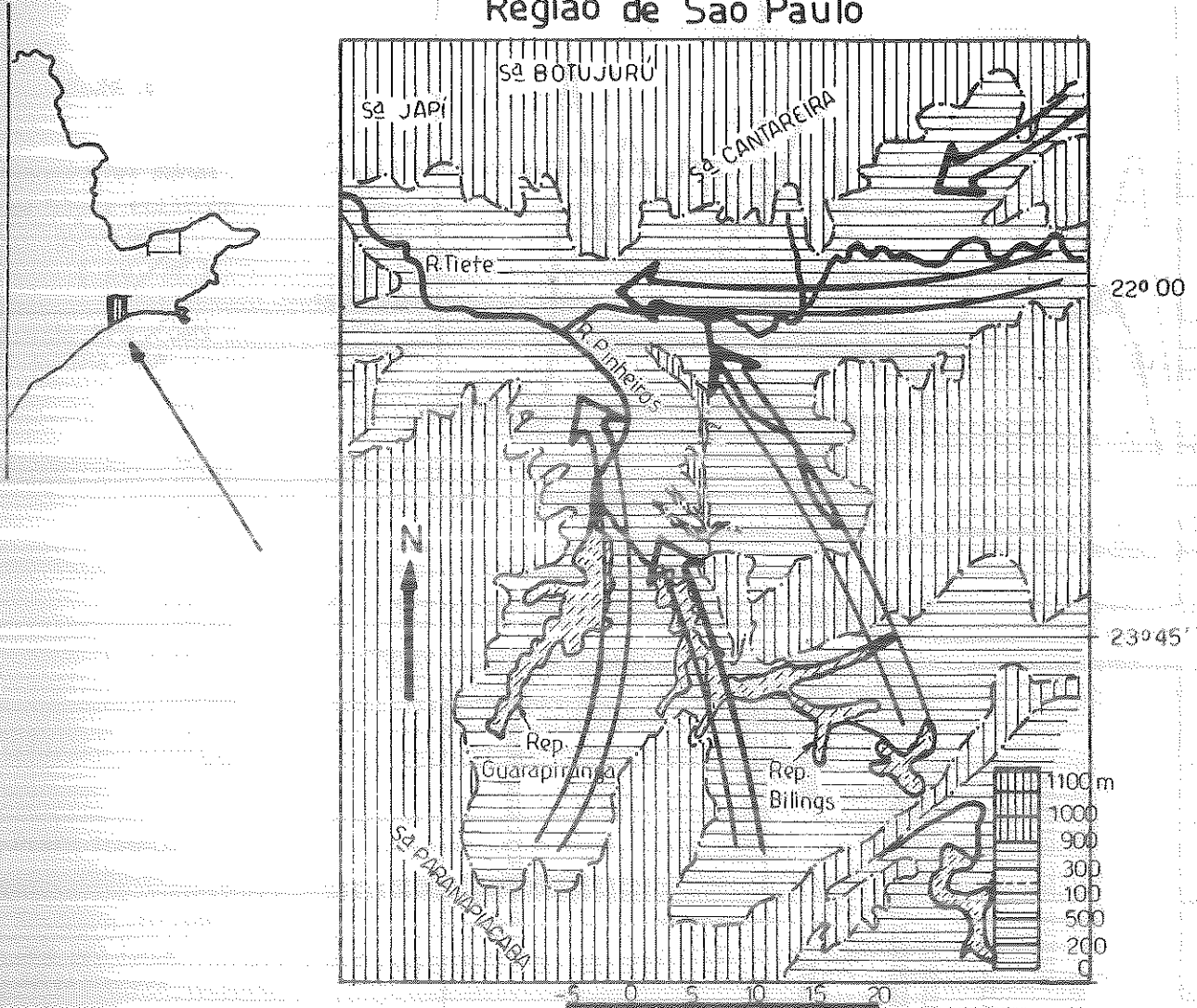
Os períodos de transição entre o verão e o inverno e, mais tarde, entre o inverno e o próprio verão, são extremamente curtos, reduzindo-se, em geral, a dois meses ou pouco menos. Pode-se dizer mesmo, que praticamente não há outono ou primavera nesta parte do Brasil de sudeste, como é via de regra em todo o Brasil tropical.

Quanto ao comportamento dos ventos de superfícies, na Grande São Paulo notamos que sofrem uma influência muito grande do relêvo, principalmente dos Vales dos rios que influem em grande intensidade na circulação atmosférica regional.

Inicialmente temos uma predominância de ventos quadrantes Les

FIGURA 7

Região de São Paulo



te, provenientes do Vale do Alto Tietê, a seguir, principalmente na Região do ABCM (*) temos a predominância do vento SSE, que segue a grosso modo o Vale do Rio Tamanduateí, e finalmente a predominância do Vento Sul na área de Guarapiranga, Santo Amaro e Pinheiros. A esquematização dessa circulação de baixa altitude predominante na Grande São Paulo pode ser vista na figura 7.

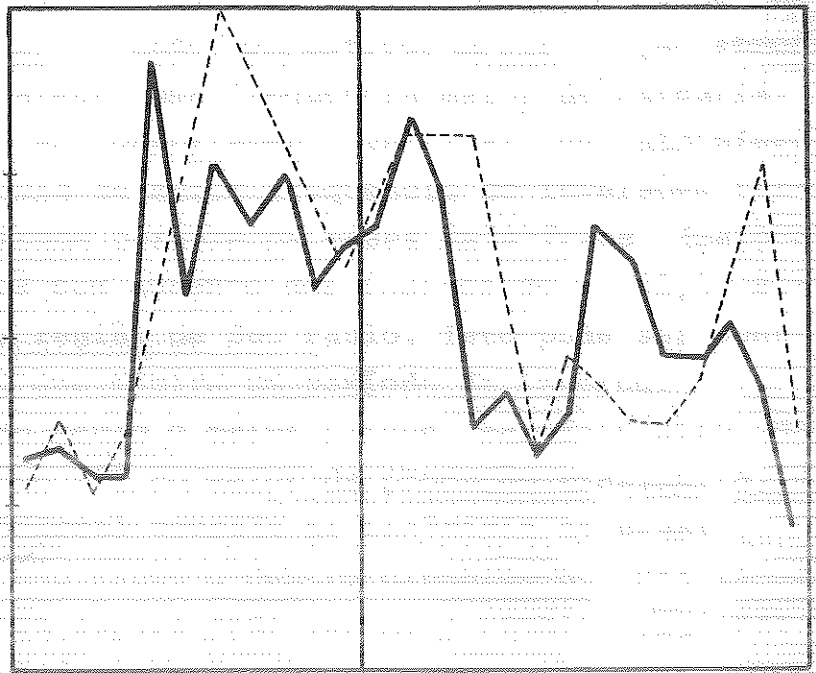
A velocidade média dos ventos varia de 10 a 15 Km/h sendo no ponto de vista de ventilação muito bem dotada, o que auxilia

(*) Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Mauá.

FIGURA 8
Concentrações diárias
de SO₂ e POEIRA em
SUSPENSÃO
(µg/m³)
Estação OPS / OMS
Rodoviária - SP

— SO₂
- - - PS

SO₂ PS
200 400
150 300
100 200
50 100
0 0



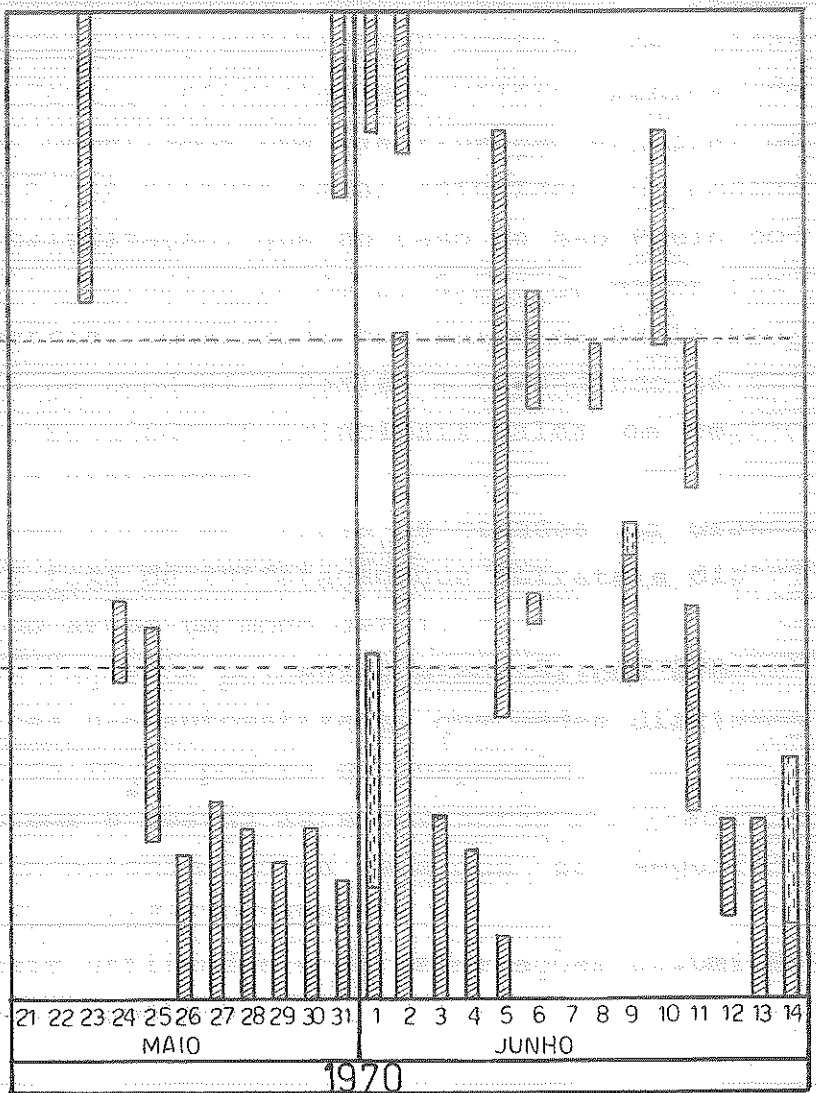
PERFIL TÉRMICO
VERTICAL

Sondagem efetuada
pela Força
Aérea Brasileira

Aeroporto de Congonhas
São Paulo - Capital

▨ Inversão
Térmica
▤ Isotherma

Mts
1500
1000
500
0



durante grande parte do ano uma dispersão mais rápida dos poluentes atmosféricos emitidos na região, excetuando-se na época mais fria do ano quando, por motivos de circulação atmosférica geral vai aparecer uma frequência maior de calma. No que diz respeito ao comportamento vertical de atmosfera notamos uma ocorrência de maior frequência de inversões térmicas de baixa altitude durante os meses mais frios (maio a julho), isto implica num aumento dos índices de poluição atmosférica em toda a região de São Paulo. Isto pode ser constatado na figura 8, que mostra um período de inverno.

Existe na Grande São Paulo o maior parque manufatureiro do país, aproximadamente 50% do valor da produção brasileira, e empregando 39% do pessoal ocupado na indústria no Brasil. Constitue a Grande São Paulo o centro dinâmico do Brasil e sua ação polarizadora supera cada vez mais a âmbito regional, exercendo-se sobre toda a nação.

Quanto a qualidade do ar da Grande São Paulo, podemos perceber pela análise da figura 9, relativa às isotaxas de sulfatação da Grande São Paulo, referentes aos valores médios de 37 estações em 1974, observamos uma distribuição espacial do tipo Londrino, isto é, as maiores taxas coincidem com a maior urbanização e industrialização, que no caso de São Paulo coincide também com a topografia, sendo as áreas de maior ocupação urbana e industrial localizada no centro da Bacia Sedimentar (a semelhança de Londres e Paris) e expandindo-se daí na forma, tentacular, seguindo os principais Vales da região (Tietê, Tamanduateí e Pinheiros).

Podemos classificar em forma de tabela as cidades da Grande São Paulo, segundo a taxa de sulfatação que retrata a distribuição da poluição do ar de um modo geral.

A atual rede de amostragem de poluentes atmosféricos é constituída de 12 estações não automatizadas que medem diariamente as concentrações de SO_2 e poeira em suspensão.

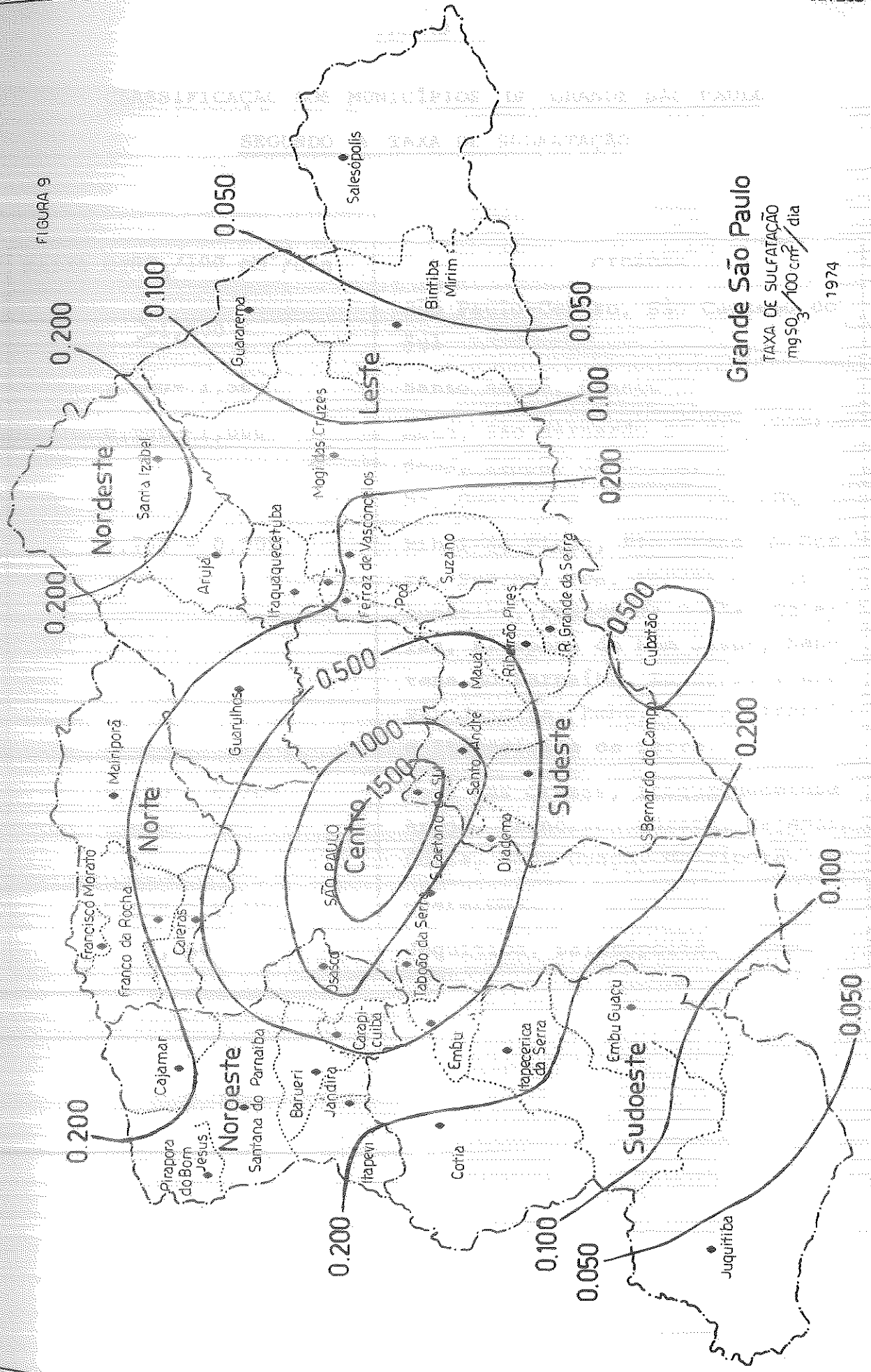
Os dados fornecidos por 8 destas estações serão utilizados para os cálculos de dimensionamento da rede que se seguirão. Tais dados estão apresentados na tabela 4.

Os dados populacionais utilizados e as informações assumidas estão discriminados na tabela 5.



CETESB

FIGURA 9



Grande São Paulo

TAXA DE SULFATAÇÃO
mg SO₃/100 cm²/dia

1974

TABELA 3

CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA GRANDE SÃO PAULO

SEGUNDO A TAXA DE SULFATAÇÃO

FAIXA $\text{mgSO}_3/100 \text{ cm}^2/\text{dia}$	CIDADES
$>1,500$	São Paulo-Centro, São Caetano do Sul
1,000 - 1,500	Santo André, Osasco
0,500 - 1,000	Mauá, São Bernardo do Campo, Diadema, Taboão da Serra, Carapicuíba, Guarulhos
0,200 - 0,500	Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Suzano, Poá, Ferraz de Vasconcelos, Franco da Rocha, Caieiras, Pirapora do Bom Jesus, Santana do Parnaíba, Barueri, Itapevi, Jandira, Embú, Santa Izabel e Itapecirica da Serra.
0,100 - 0,200	Mogi das Cruzes, Itaquaquecetuba, Arujá, Francisco Morato, Cajamar, Cotia, Embu-Guaçu, Mairiporã
0,050 - 0,100	Guararema.
0,050	Juquitiba, Salesópolis.

TABELA 4

MÉDIAS ARITMÉTICAS ANUAIS - ANO 1974

ESTAÇÃO	ANIDRIDO SULFUROSO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	POEIRA EM SUSPENSÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Aclimação	110,1	179
São Caetano do Sul	121,0	166
Cerqueira Cesar	75,9	129
Moema	64,2	226
Tatuapé	130,6	141
Capuava	-	225
Praça da República	99,2	193
Campos Elíseos	117,5	196
MÉDIA	102,6	182



CETESB

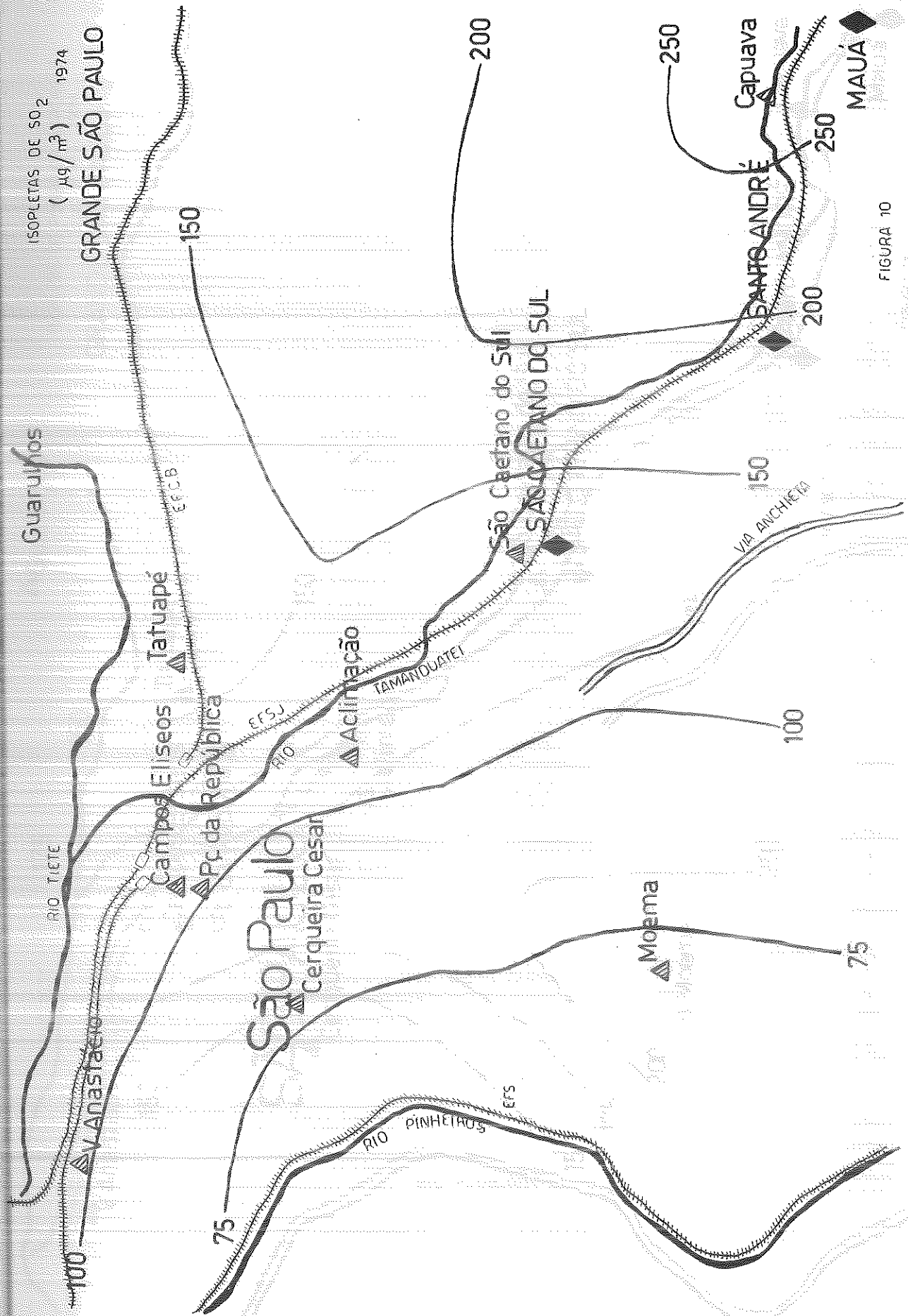


FIGURA 10



CETESB

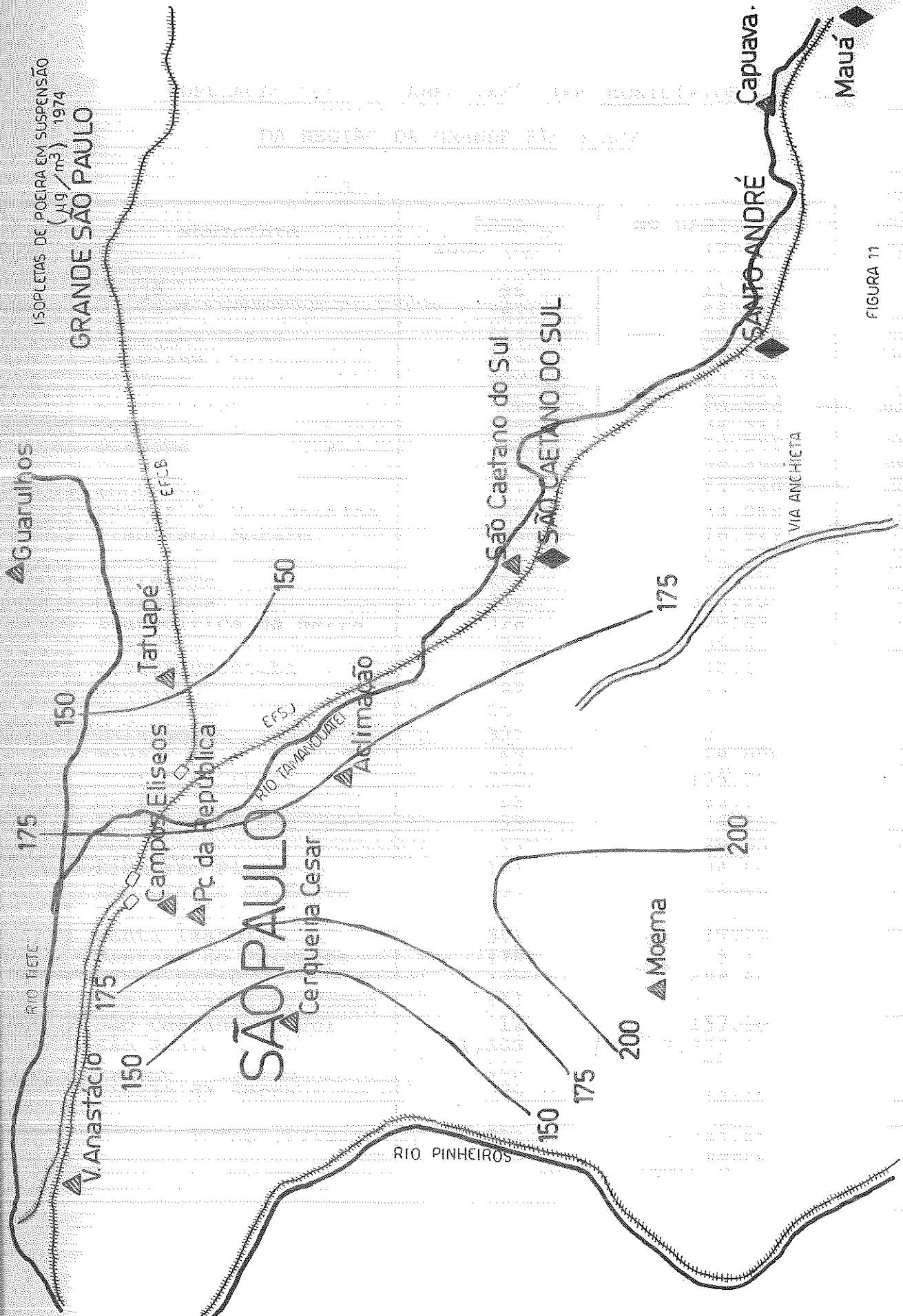


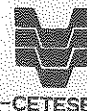
FIGURA 11

TABELA 5

POPULAÇÃO TOTAL E ÁREA (KM²) DOS MUNICÍPIOS

DA REGIÃO DA GRANDE SÃO PAULO

MUNICÍPIO	ÁREA IBGE (KM ²)	Nº HABITANTES 1974
Arujá	96	11.125
Barueri	61	51.046
Biritiba-Mirim	414	10.040
Caeiras	104	19.617
Cajamar	132	12.089
Carapicuíba	36	82.057
Cotia	354	34.917
Diadema	32	153.544
Embu	68	28.478
Embu-Guaçu	171	13.340
Ferraz de Vasconcelos	25	34.068
Francisco Morato	45	18.917
Franco da Rocha	143	40.214
Guararema	262	14.601
Guarulhos	334	320.136
Itapeirica da Serra	328	29.891
Itapevi	88	38.680
Itaquaquecetuba	83	40.199
Jandira	22	23.727
Juquitiba	550	7.659
Mairiporã	307	27.466
Mauá	67	159.008
Mogi das Cruzes	731	155.358
Osasco	68	382.086
Pirapora do Bom Jesus	99	4.119
Poá	17	39.838
Ribeirão Pires	107	34.064
Rio Grande da Serra	33	10.406
Salesópolis	418	9.853
Santa Izabel	361	19.522
Santana do Parnaíba	179	5.132
Santo André	179	494.969
São Bernardo do Campo	411	271.658
São Caetano do Sul	12	157.507
São Paulo	1.509	7.089.411
Suzano	185	71.078
Taboão da Serra	20	73.741
TOTAL	8.051 =====	9.984.561 =====



4. CÁLCULOS

4.1. Tamanho da rede

4.1.1. Cálculo pelo método A

Os dados de concentrações de contaminantes apresentados no item anterior levam-nos a definir a área da Grande São Paulo como "Região I" com relação à Anidrido Sulfuroso e poeira em suspensão de acordo com a tabela 1.

Desta forma pode-se calcular o número mínimo de estações requeridas conforme indicado no item 2.

Os valores obtidos estão na tabela 6.

TABELA 6

NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES PELO MÉTODO A

<u>POLUENTE</u>	<u>Nº MÍNIMO DE ESTAÇÕES</u>
Anidrido Sulfuroso	11
Poeira em suspensão Hivol (descontínuo)	28
Poeira em suspensão Fita (contínuo)	8

Dados esparsos obtidos de concentrações de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e oxidantes totais indicam que dentro da área da Grande São Paulo centro e os locais adjacentes à zona central da cidade de São Paulo podem ser considerados como "Região I".

Desta forma, admitindo-se como população desta área 1.600.000 habitantes.

O número de estações foi calculado e está indicado na tabela 7.

TABELA 7
NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES PELO MÉTODO A

POLUENTE	Nº MÍNIMO DE ESTAÇÕES
Monóxido de Carbono	4
Óxidos de Nitrogênio	(a)
Oxidantes totais	4

(a) Impossível determinar para método contínuo. Recomenda-se 10 para método não contínuo com 2 amostras/mês

4.1.2. Cálculo pelo método B

Como já indicado, trata-se de um método gráfico bastante simplista e cujos resultados se encontram na tabela 8.

TABELA 8
NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES PELO MÉTODO B

POLUENTE	Nº MÍNIMO DE ESTAÇÕES
Anidrido Sulfuroso	11
Poeira em Suspensão (+)	25
Monóxido de Carbono (*)	3
Óxidos de Nitrogênio (*)	3
Oxidantes totais (*)	3

(*) como no item 4.1.1. admitidas as mesmas considerações

(+) método descontínuo.

4.1.3. Cálculo pelo método C

Neste método há necessidade de se dividir a área total considerada em sub-regiões e conhecer da-

dos específicos destas sub-regiões.

Os dados disponíveis atualmente dentro deste enfoque são poucos e não permitem um cálculo acurado do número de estações por sub-região.

Desta forma este método será de imediato descartado.

4.1.4. Cálculo pelo método D

Graficando-se em papel logarítmo versus probabilidade os dados disponíveis de concentrações de Anidrido Sulfuroso e poeira em suspensão de 1974, é possível concluir-se pela distribuição log-normal destas concentrações na atmosfera. O cálculo do desvio padrão dos logarítmos das observações destas distribuições, foi realizado fornecendo para 1974 os seguintes valores:

$$(S_g)_{SO_2} = 0,114$$

$$(S_g)_{PS} = 0,089$$

Utilizando-se a relação propsta obteve-se

$$(CV)_{SO_2} = 30,0$$

$$(CV)_{PS} = 22,7$$

Admitindo-se um nível de significância desejado de 95% ($t=2,0$) e uma variabilidade em torno da média de 20% obteve-se os valores da tabela 9.

TABELA 9

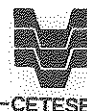
NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES PELO MÉTODO D

POLUENTE	Nº MÍNIMO DE ESTAÇÕES
Anidrido Sulfuroso	9
Poeira em suspensão	6

O número de estações para Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio e Oxidantes totais não pode ser calculado por este método em virtude da escassez de dados referentes a esses poluentes.

4.1.5. Cálculo pelo método E

METODO E: Quando o principal objetivo de instalação de uma rede de amostragem e análise de poluentes atmosféricos é o de acionar ações de emergências para prevenir episódios agudos de poluição do ar os critérios utilizados para o projeto da rede são bastantes característicos e singulares. De início, os métodos escolhidos devem ser de tal forma a permitir o monitoramento automático dos poluentes atmosféricos, pois as respostas requeridas devem ser imediatas, de forma que as tendências possam ser avaliadas instantaneamente. Além disto o número de pontos de amostragem devem ser suficientes para permitir uma total "espionagem" de todas as áreas críticas da região tanto por serem áreas sujeitas a maiores concentrações de poluentes, como por abrigarem uma grande quantidade de receptores. As estações devem cobrir homogeneamente as áreas consideradas nas quais cada um dos poluentes possam estar presentes, ou seja, poluentes como dióxido de enxofre e poeira em suspensão que se dispersam abundantemente devem ser monitorados em uma grande extensão territorial, e outros como monóxido de carbono cuja importância é grande apenas em pontos localizados, podem ser monitorados em um número menor de estações. Pretende-se desta forma implantar um sistema viável de espionagem de poluentes atmosféricos. Este critério, de imediato não deve ser usado para inferências estatísticas devido à sua própria formulação de objetivo que é o de detectar eventual possibilidade de ocorrência de um episódio agudo de poluição do ar. Se, no entanto, por este critério chegar-se a um número



maior de estações do que aquele determinado pelo método estatístico, podem-se usar todos os dados obtidos das estações adequadamente localizadas, para estudos de significação estatística.

4.2. Frequência de Amostragem

Em se tratando de uma rede de amostragem composta de equipamentos automáticos que continuamente fornecem os valores instantâneos das concentrações de poluentes, o conceito de frequência de amostragem é impertinente e irrelevante conforme pode ser observado na própria tabela 2. Apenas em casos de instrumentos não contínuos o cálculo da frequência de amostragem é cabível. Tendo em vista ser tal relatório relativo à instalação de uma rede de amostragem composta de instrumentos automáticos de resposta imediata e contínua, nenhum cálculo de frequência será realizado.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Resumo e comentários

O resumo dos vários métodos está na tabela 10.

TABELA 10

NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES PELOS MÉTODOS, A, B, D e E

POLUENTE	MÉTODO			
	A	B	D	E
Anidrido sulfuroso	11	11	9	27
Poeira em suspensão	8	-	6	27
Monóxido de carbono	4	3	-	6
Óxidos de nitrogênio	-	3	-	6
Oxidantes totais	4	3	-	6

Para o cálculo do número de estações com determinação de SO_2 pelo método D, foi deliberadamente abandonado o dado disponível na estação de Capuava, por não ser tal dado representativo da região da Grande São Paulo.

As restrições impostas pelo fato dos dados disponíveis serem provenientes dos métodos não automáticos utilizados além da própria limitação destes dados, que deixam de abranger outras zonas da área da Grande São Paulo, levaram a valores menores do número de estações de amostragem, uma vez que, alguns valores extremos de concentrações, que aumentariam a dispersão em torno da média, não foram considerados por indisponibilidade. Desta forma, é de se esperar que, fossem tais dados disponíveis, o número calculado de estações, seria maior e portanto não há constrangimento em se afirmar que o número de estações para SO_2 e poeira obtido pelos métodos A, B e D é o mesmo, qualquer que seja o método utilizado.

No caso de óxidos de nitrogênio os únicos métodos que possibilitaram determinar o número de estações foram os métodos B e E. Analisando-se o número de estações para

cada poluente e o custo elevado de implantação de uma rede de amostragem automática julgamos que seria conveniente aproveitar ao máximo as instalações propostas, principalmente as de coleta e armazenamento dos dados, elevando o número de estações para determinação de poeira em suspensão a um valor igual ao número de estações para determinação de Anidrido Sulfuroso, bem como, elevando o número de estações para determinação de óxidos de nitrogênio a um valor igual ao número de estações para determinação de monóxido de carbono e oxidantes totais.

Apesar de com relação a alguns poluentes atmosféricos, Capuava não ser uma área representativa da região da Grande São Paulo, é de todo conveniente a instalação de uma estação de amostragem naquela área pelo fato de se tratar de local altamente poluído, com grande concentração de indústrias.

Outra área que deve possuir uma estação de amostragem por se tratar de uma área que se apresenta fora da região da Grande São Paulo, mas que também é uma área tipicamente industrial pesada, é a área de Cubatão.

Outro aspecto importante é o conhecimento das concentrações de poluentes nas massas de ar que adentram a região da Grande São Paulo, ou seja, das chamadas concentrações "background". Estes dados podem ser obtidos pela instalação de uma estação completa na área do Município de Juquitiba.

Vale frisar que se fossem disponíveis mais e melhores dados de qualidade do ar da área em estudo a utilização do método D seria preferida com relação aos demais métodos. Em outras palavras, os dados que forem sendo obtidos após a instalação da rede, motivo deste relatório, permitirão a utilização integral e acurada do método D para re-cálculo do número de estações necessárias, tornando dinâmica a rede proposta no tempo e no espaço.

Assim sendo, após um prazo estimado de um ano de funcionamento da rede a ser instalada, outro relatório semelhante a este será elaborado com os dados obtidos para re-estimar o tamanho da rede a fim de dimensioná-la às

necessidades da região de acordo com dados reais e abundantes da mesma.

No que concerne aos parâmetros meteorológicos, julgou-se necessário estabelecer, pela análise do comportamento das variáveis meteorológicas na região da Grande São Paulo, o número de cinco pontos de determinação automática de parâmetros meteorológicos.

Pelos mesmos motivos apresentados para justificar a instalação de uma estação de amostragem de poluentes atmosféricos na área de Cubatão, torna-se necessário a determinação de parâmetros meteorológicos naquela área.

5.2. Localização das estações

As estações de amostragem devem ser localizadas atendendo-se principalmente aos propósitos da amostragem e das características de distribuição dos poluentes que se está querendo avaliar em uma dada região, sendo que a escolha dos locais deve levar em consideração principalmente a sua representatividade, facilidades de proteção dos equipamentos contra intempéries e vandalismo, bem como disponibilidade de recursos que possibilitem o perfeito funcionamento do sistema.

Para se distribuir as estações, deve-se usar o bom senso e o conhecimento das características da região. No entanto, existem alguns critérios que podem ajudar na distribuição das estações, quais sejam:

- Deve-se dar prioridade a áreas de maior concentração dos poluentes
- Deve-se dar especial atenção à áreas de alta densidade demográfica, principalmente quando altamente poluídas.
- Deve-se ter alguma estação que permita conhecer a qualidade do ar que entra na região. Neste caso é de fundamental importância o conhecimento da direção predominante e velocidade dos ventos.
- Deve-se ter alguma estação em áreas onde se prevê desenvolvimento, para que se possa futuramente ana

lisar os efeitos desse desenvolvimento.

- Deve-se localizar estrategicamente algumas estações de acordo com o programa de controle para que futuramente se possa avaliar o resultado do programa implantado.

Os critérios apresentados anteriormente orientam quanto a distribuição das estações de amostragem dentro da região. A escolha do local específico para a instalação da estação é igualmente importante, levando-se em consideração que os dados obtidos devem ser representativos da área escolhida e portanto devem estar livres de influências locais, tais como, edificações, feições topográficas, fontes de poluição etc. A seguir são apresentados alguns critérios que orientam na instalação física das estações, quais sejam:

- Deve-se ter uniformidade na altura de captação de poluentes em relação ao nível do solo
- Deve-se evitar a colocação do ponto de captação de poluentes onde haja restrição à livre circulação do ar
- Deve-se evitar a colocação do ponto de captação de poluentes próximo a fontes de emissão
- Deve-se procurar colocar o ponto de captação de poluentes a uma altura adequada do solo de tal forma a evitar a re-entrada de material particulado, bem como interferência de fontes móveis de poluição.

5.3. Recomendações

Face aos resultados obtidos, aos dados topográficos, meteorológicos e demográficos da região e aos comentários realizados sugere-se a instalação de uma rede de amostragem com as características constantes do quadro da tabela II.

Nessa tabela, além dos poluentes em função dos quais a rede foi projetada, julgou-se necessário a determinação de hidrocarbonetos totais (exceto metano) e metano na

estação do município de São Paulo - Centro, considerando-se a característica específica daquele local, bem como a medida do perfil vertical de temperatura através de termosonda na estação do município de São Paulo - Pinheiros.

Convém frisar que a rede de estações fixas automáticas para amostragem de poluentes atmosféricos, contará com o auxílio de dois laboratórios volantes que conterão cada um monitores automáticos para determinação de dióxido de enxofre, material particulado em suspensão, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, monóxido de nitrogênio e óxidos de nitrogênio (totais), ozônio, hidrocarbonetos totais (exceto metano) e metano, aldeídos totais, direção e velocidade de ventos, temperatura, umidade relativa, índice pluviométrico, analisador de distribuição de tamanhos de partículas em suspensão na atmosfera baseado em princípio de espalhamento de luz, analisador de distribuição de tamanhos de partículas em suspensão na atmosfera baseado em impactação ou elutrição, bem como um medidor de material particulado em suspensão tipo "High Volume Sampler".

Na tabela 12 é apresentada uma caracterização simplificada das áreas escolhidas para a localização das estações de amostragem.

Na figura 12 é apresentada a localização geográfica das estações de amostragem da rede propostas.

Considerando a necessidade de complementação dos dados fornecidos pela rede automática de amostragem, em ocasiões e casos especiais apontamos alguns motivos pelos quais se justifica e se propõe a aquisição de um laboratório móvel equipado com instrumentos que permitam a totalidade das medições acima propostas:

- complementação de dados por ocasião de episódios agudos de poluição do ar
- estudos especiais em áreas de interesse não abrangidas pela rede
- determinação de concentrações máximas
- avaliação de modelos de dispersão atmosférica.

TABELA 11 - REDE DE AMOSTRAGEM, DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES E MEDIÇÕES

NOME DA ESTAÇÃO	LOCAL	Distância Aproximada do Centro da cidade de SÃO PAULO Km.	POLUENTES A SEREM AMOSTRADOS				PARÂMETROS METEOROLÓGICOS A SEREM MEDIDOS					
			Dióxido de enxofre (SO ₂)	Materiais Particulados (MP ₁₀)	Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrogênio (NOx)	Ozônio (O ₃)	hidrocarbonetos (HC)	Direção e Velocidade dos ventos	Temperatura	Umidade Relativa	Precipitação Pluviométrica
1	Município de São Paulo - CENTRO	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Município de São Paulo - SANTANA	5	X	X								
3	Município de São Paulo - MOOCA	5	X	X								
4	Município de São Paulo - PIRANGA	5	X	X								
5	Município de São Paulo - VILA MARUANA	5	X	X								
6	Município de São Paulo - PINHEIROS	5	X	X	X	X				X		
7	Município de São Caetano do Sul	10	X	X						X		
8	Município de São Paulo - SENADOR ARAÚJO	10	X	X	X	X				X		
9	Município de São Paulo - LAPA	10	X	X								
10	Município de São Paulo - NOSSA SENHORA DO Ó	10	X	X								
11	Município de São Paulo - CANGAIBA	12	X	X								
12	Município de São Paulo - VILA FORMOSA	12	X	X						X		
13	Município de Guarulhos	15	X	X								
14	Município de Santo André - CENTRO	15	X	X						X		
15	Município de Diadema	15	X	X								
15	Município de São Paulo - SANTO AMARO	15	X	X						X		
17	Município de Osasco	15	X	X						X		
18	Município de Santo André - PARQUE CAPUVA	17	X	X	X	X						
19	Município de São Bernardo do Campo	17	X	X						X		
20	Município de Taboão da Serra	18	X	X								
21	Município de São Paulo - PAULISTA	20	X	X						X		
22	Município de Mauá	23	X	X						X		
23	Município de Franco da Rocha	25	X	X						X		
24	Município de Suzano	33	X	X								
25	Município de Mogi das Cruzes	43	X	X						X		
26	Município de Cubatão	43	X	X	X	X				X	X	X
27	Município de Jujubá	50	X	X	X	X				X	X	X

TABELA 12 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESCOLHIDAS

N U M E R O	E S T A D O	L O C A L I S	O C U P A Ç Ã O D E M O G R Á F I C A			U S O D O S O L O			F O N T E S D E P O L U I Ç Ã O D O A R				C A R A C T E R Í S T I C A S M E I O R E O L Ó G I C A S / T O P O G R Á F I C A S			
			Alta sima	Alta	Moderada	Baixa	Coml.	Incl.	Res.	Rural	Inds.	Veículos	Outras	Ilha Térmica Urbana	Corre- dor Topo- gráfi- co	Entrada da massa de ar
01		São Paulo - Centro	X			X					X		X			
02		São Paulo - Santana		X			X	X				X		X		
03		São Paulo - Moça		X			X	X								
04		São Paulo - Ipiranga		X		X		X					X			
05		São Paulo - V. Mariana		X				X			X					
06		São Paulo - Pinheiros		X		X		X			X			X		
07		São Caetano do Sul		X		X	X	X					X			
08		São Paulo - Aeroporto de Congonhas			X			X					X			
09		São Paulo - Lapa		X			X	X								X
10		São Paulo - N.ª Sr.ª do Ó		X				X								
11		São Paulo - Cangaíba		X				X								
12		São Paulo - V. Famosa		X				X								
13		Guarulhos		X			X	X				X				
14		Santo André - Centro		X			X	X					X			
15		Diadema			X			X								
16		São Paulo - Santo Amaro			X		X	X						X		
17		Osasco		X			X	X								X
18		Santo André - Pque. de Capuava		X				X								
19		São Bernardo do Campo					X	X				X				
20		Taboão da Serra			X		X									
21		São Paulo - S. Miguel Paulista														
22		Mauá		X			X	X						X		
23		Franco da Rocha				X		X			X					
24		Suzano				X		X						X		
25		Mogi das Cruzes			X			X							X	
26		Cubatão			X		X	X								
27		Juquitiba				X		X								

BALXAIDA SANTISTA

Localização da Rede de Estações Proposta

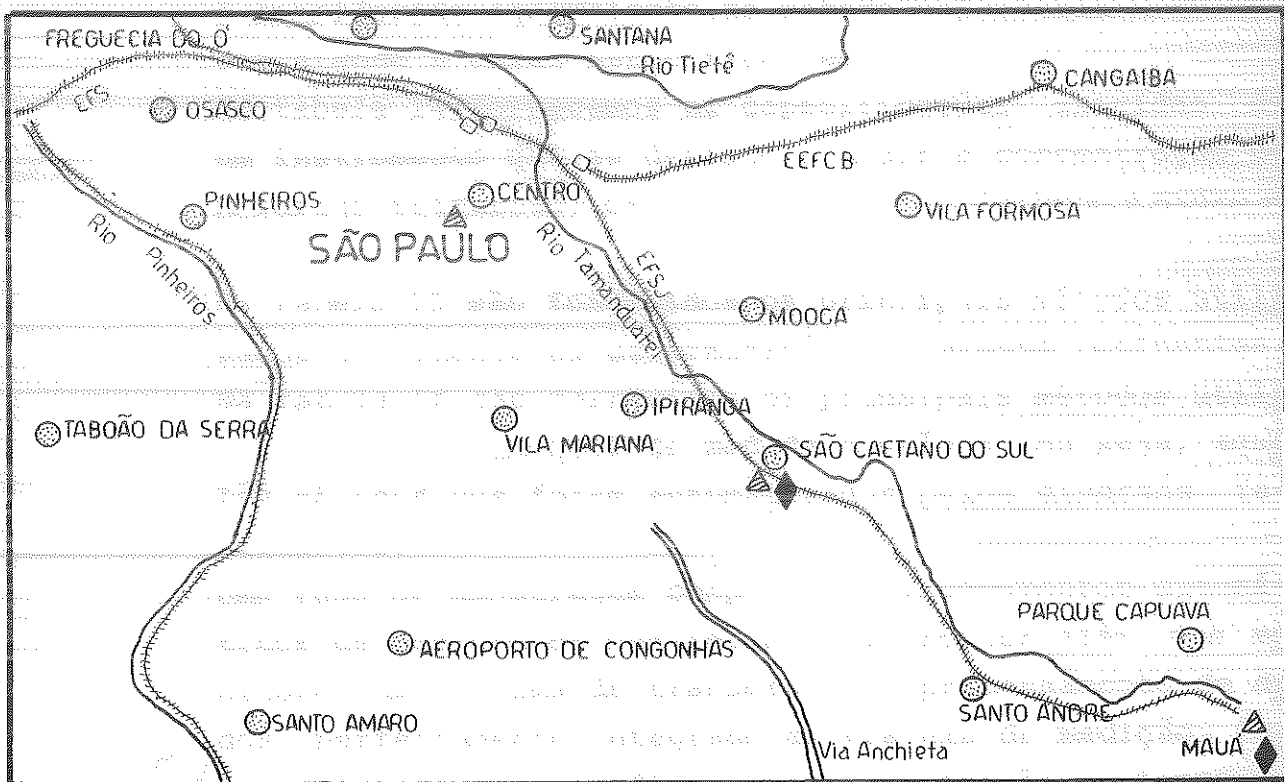
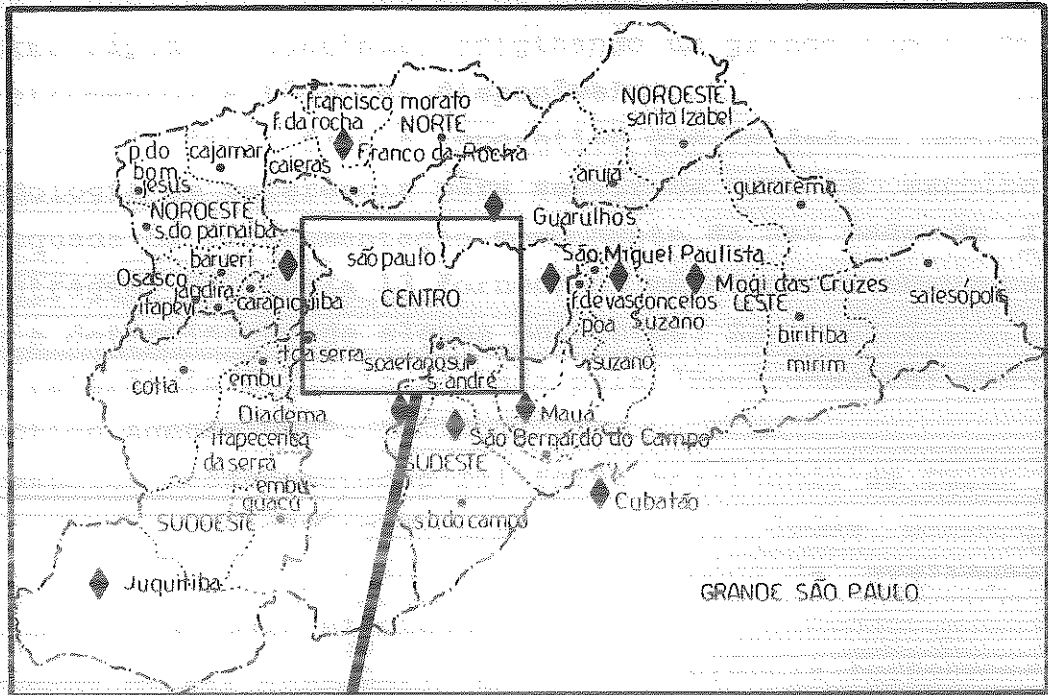


FIGURA 12

5.4. Metodologia e instrumentação

O desenvolvimento de instrumentos e técnicas de amostragem e análise de poluentes na atmosfera se processa de forma rápida e contínua, originando um grande número de instrumentos e técnicas disponíveis.

Em virtude desse fato é imperativo que se defina uma metodologia de referência para servir de base à escolha adequada da instrumentação componente de uma rede de amostragem. Na tabela 13 fornecemos métodos referência para a determinação de alguns poluentes. Essa metodologia de referência é aquela adotada pela "Environmental Protection Agency USA".

A escolha desses métodos foi feita examinando-se cuidadosamente a metodologia existente e os dados disponíveis, optando-se por aqueles que na época da avaliação se mostraram mais eficientes.

Tomando-se por base esses métodos referência fornecemos a seguir algumas especificações que um instrumento de medida da concentração de poluentes atmosféricos deve atender. Essas especificações são de grande importância no momento de se ter que optar por um outro equipamento dentre os inúmeros instrumentos disponíveis. Um instrumento é considerado equivalente ao método referência quando ele atende a essas especificações.

Na tabela 14 fornecemos as especificações exigidas de um instrumento que se destine a medir a concentração de Anidrido Sulfuroso, Ozônio, Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos.

Na tabela 15 são fornecidos os principais métodos utilizados atualmente na determinação de alguns poluentes.

Na tabela 16 são fornecidos os principais métodos utilizados em instrumentos de medida contínua, ou seja, aqueles métodos que foram automatizados pelos diversos fabricantes.

Uma rede de amostragem composta de instrumentos automáticos de medição da qualidade do ar requer além dos monitores um sistema de transmissão e processamento de dados, perfeitamente integrado ao sistema de medição, fornecendo respostas imediatas para utilização em planos de



ação de emergência e permitindo o aproveitamento integral das informações fornecidas pelo sistema de medição, bem como, permitindo eventual ampliação da rede de amostragem.

TABELA 13

MÉTODOS REFERÊNCIA PARA A DETERMINAÇÃO
DE POLUENTES NA ATMOSFERA

POLUENTE	MÉTODOS REFERÊNCIA
SO ₂	Pararosanilina
CO	Espectrometria Infra-Vermelho não dispersivo
O ₃	Quemiluminescência (O ₃ + C ₂ H ₄)
NO ₂	* Saltzman contínuo, Christie ou Quemiluminescência (NO + O ₃)
Material Particulado	High-Volume Air Sampler
Hidrocarbonetos	Ionização de chama
Aldeídos	* West - Gaeke modificado

* Não existe ainda um método referência para esses poluentes

Nota: - Os métodos referência aqui mencionados são aqueles adotados pela "Environmental Protection Agency USA"

TABELA 14

ESPECIFICAÇÕES DE INSTRUMENTOS DE MEDICÃO DE
POLUENTES NA ATMOSFERA

ESPECIFICAÇÕES	SO ₂	O ₃	CO	HC
Faixa	0-2620µg/m ³ (0-1 ppm)	0-880µg/m ³ (0-0,5ppm)	0-58mg/m ³ (0-50ppm)	0 - 5 ppm THC 0 - 5 ppm CH ₄
Sensibilidade mínima	26 µg/m ³ (0,01 ppm)	20µg/m ³ (0,01ppm)	0,6mg/m ³ (0,5ppm)	0,1 ppm THC 0,1 ppm CH ₄
"Rise time" 90%	5 min.	5 min.	5 min.	-
"Fall-time" 90%	5 min.	5 min.	5 min.	-
"Zero drift"	± 1% ao dia ± 2% 3 dias	± 1% ao dia ± 2% 3 dias	± 1% ao dia ± 2% 3 dias	± 1% ao dia
"Span Drift"	± 1% ao dia ± 2% 3 dias	± 1% ao dia ± 2% 3 dias	± 1% ao dia ± 2% 3 dias	± 1% ao dia
Precisão	± 2%	± 4%	± 4%	± 4%
Operação sem atenção	3 dias	3 dias	3 dias	3 dias
Ruído	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Interferência equivalente	26µg/m ³ (0,01ppm)	20µg/m ³ (0,01ppm)	1,1mg/m ³ (1ppm)	- -
Flutuação de temperatura	± 5°C	± 5°C	± 5°C	5-40°C
Linearidade	2%	2%	2%	1%

TABELA 15

MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE
POLUENTES NA ATMOSFERA

1 - SO₂

- Colorimetria (Pararosanilina)
- Acidimetria (peróxido de hidrogênio)
- Coulometria
- Condutometria
- Fotometria de chama
- Eletroquímico

2 - CO

- NDIR
- Espectrofotometria no infra vermelho
- Colorimetria
- Coulometria
- Ultra-Violeta (Mercury replacement)
- Hopcalite
- Cromatografia Ionização de chama

3 - O₃

- Colorimetria
- Coulometria
- Quemiluminescência
- Absorção no ultra-violeta

4 - NO₂

- Colorimetria (método de Saltzman, Christie e Jacobs-Hochheiser)
- Coulometria
- Eletroquímico
- Quemiluminescência

5 - MATERIAL PARTICULADO

- High Volume Air Sampler
- Refletância de luz (amostrador de fita)

- Transmitância de luz (amostrador de fita)
- Espalhamento de luz
- Gravimétrico contínuo (radiação β)
- Refletância de luz (unidades internacionais de poeira padronizada)

6 - HIDROCARBONETOS

- Ionização de chama
- Espectrofotometria no infra-vermelho
- Cromatografia-Ionização de chama

7 - ALDEIDOS

- Colorimetria (West-Gaeke modificado)
- Colorimetria (MBTH)
- Colorimetria - Cromatografia

TABELA 16

MÉTODOS UTILIZADOS EM INSTRUMENTOS AUTOMÁTICOS
DE MEDIÇÃO DE POLUENTES NA ATMOSFERA

1 - SO₂

- Colorimetria
- Coulometria
- Condutometria
- Fotometria de chama
- Eletroquímico

2 - CO

- NDIR
- Coulometria
- Ultra-Violeta (Mercury replacement)
- Cromatografia-Ionização de chama

3 - O₃

- Colorimetria
- Coulometria
- Quemiluminescência
- Absorção no ultra violeta

4 - NO₂

- Colorimetria
- Coulometria
- Eletroquímico
- Quemiluminescência

5 - MATERIAL PARTICULADO

- Refletância de luz (amostrador de fita)
- Transmitância de luz (amostrador de fita)
- Espalhamento de luz
- Gravimétrico contínuo (radiação β)

6 - HIDROCARBONETOS

- Ionização de chama
- Cromatografia-ionização de chama

7 - ALDEIDOS

- Colorimetria (West-Gaeke modificado)

6.

B I B L I O G R A F I A

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Methods of air and analysis. 1972.

CORN, Morton. Measurement of air pollution dosage to human receptors is the community. Environmental research 3, 218-33, March, 1970.

GEGRAN. Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado. PMDI.

HALE, W.F. Sample size determination for the log-normal distribution. Atmospheric environment. 6 : 419-22, June, 1972.

HARRIS, Marilyn et Alii. On the determination of sample sizes in designing experiments. American statistical association journal, Sept., 1948.

HOCHLEISEE, S et Alii. Atmospheric surveillance: the current state of air monitoring technology.

HUNT, W.F.Jr. The precision associated with the sampling frequency of log-normally distributed air pollutant measurements. Journal of the air pollution control association, Pittsburgh, 22 (9) : 687-91, Sept, 1972.

IBGE/CNG. Guia do Estado de São Paulo : A região da capital paulista. 1962 - v.1.

KEAGY, D.M. et alii. Sampling station and time requirements for urban air pollution survey. part I : Lead peroxide candles and dustfall collectors. Journal of the air pollution control association, Pittsburgh, 2 (6) : 270-80, June, 1961.



NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION. Technical bulletin A 72.1. Bureau of air pollution control, June, 1972

STALKER, W.W. & DICKERSON, R.C. Sampling station and time requirements for urban air pollution survey. Part II : Suspended particulate matter and soiling index. Journal of the air pollution control association, Pittsburgh, 12 (3) : 111-28, March., 1962.

STALKER, W.W. DICKERSON, R.C. Sampling station and time requirements for urban air pollution survey. Part III : Two and four hours soiling index. Journal of the air pollution control association, Pittsburgh, 12 (4) : 170-8, April., 1962.

STALKER, W.W. et alii. Sampling station and time requirements for urban air pollution survey. Part IV : Two and 24 hours SO₂ and summary of other pollutants. Journal of the air pollution control association, Pittsburgh., 12 (8) : 361-75, Aug., 1962.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Atmospheric sampling. Air Pollution Training Institute, North Carolina, April, 1973.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines : Air quality surveillance networks. Office of Air Programs. (Publication Ap-98).

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Sampling location guidelines Division of Atmospheric Surveillance.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Analytical, methods for air quality standards. Office of Air Programs, Air Pollution Training Institute.

Indic.:
Livreria:
Preço: Cr\$
Data Tombe:

10

... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...

... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...

... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...

... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...

... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...
 ... DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345

CEP 05459-Alto de Pinheiros - Telefones: 210-1100-210-1226

Telex: (011) 22246-CTS-BR-São Paulo-SP-Brasil