



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DO AR
DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

**Caracterização das estações de
monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do Município de Santos**

agosto/2007

ÍNDICE GERAL

1. Introdução.....	1
2. Classificação das estações de monitoramento	1
3. Material particulado - Fumaça.....	3
4. Caracterização do município.....	4
4.1 Aspectos gerais	4
5. Caracterização da estação	6
6. Microinventário de fontes.....	9
7. Tendências de qualidade do ar.....	11
8. Resultados e discussão	13
9. Conclusões.....	13
10. Bibliografia.....	14
11. Equipe de trabalho.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da estação Santos.....	5
Figura 2 – Mapa de ruas do entorno da estação.....	6
Figura 3 – Vista da estação Santos – Face Norte	7
Figura 4 – Vista da estação Santos – Face Sul.....	7
Figura 5– Vista da estação Santos – Face Leste	8
Figura 6 - Vista da estação Santos – Face Oeste	8
Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1997-2006).....	11
Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1997-2006).....	12
Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1997-2006).....	12
Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1997-2006)	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das estações em relação ao uso do solo e população exposta.	2
Tabela 2 – Padrão nacional de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar de fumaça	4
Tabela 3 – Estimativa de tráfego de veículos leves, diesel e motocicletas no entorno da estação Santos.....	10
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2006.....	10
Tabela 5 – Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Santos.....	11

1. INTRODUÇÃO

A CETESB mantém, desde a década de 70, redes de monitoramento da qualidade do ar que têm permitido a avaliação das concentrações dos principais poluentes do ar ambiente em diversos municípios de São Paulo. Basicamente, este monitoramento é realizado por uma rede automática e redes manuais de material particulado (Fumaça, Partículas Totais em Suspensão – PTS, Partículas Inaláveis – MP₁₀, e Partículas Inaláveis Finas – MP_{2,5}), e dióxido de enxofre.

A rede manual OPS/OMS mede os teores de dióxido de enxofre (SO₂) e fumaça na Região Metropolitana de São Paulo (desde 1973) e interior (desde 1986). Os níveis de fumaça continuam sendo medidos pelo mesmo método até os dias de hoje, enquanto que o método de medição de SO₂ foi substituído pelo método de amostrador passivo. As partículas totais em suspensão são medidas desde 1983 na RMSP e Cubatão. Além disto, desde 2001 as partículas inaláveis vêm sendo monitoradas por método manual em algumas cidades do interior de São Paulo.

A rede manual de monitoramento de fumaça avalia as concentrações em 14 municípios do Estado de São Paulo, a saber: São José dos Campos, Taubaté, Americana, Campinas, Jundiaí, Limeira, Piracicaba, Franca, Itu, Sorocaba, Salto, Votorantim, Araraquara, São Carlos e Santos.

Considerando o crescimento econômico ocorrido no Estado ao longo dos anos, que pode ter ocasionado alterações no uso do solo, mudanças de via de tráfego nos municípios e, conseqüentemente, no entorno das estações, faz-se necessária uma reavaliação das mesmas.

O objetivo deste estudo é caracterizar e reavaliar o entorno das estações medidoras de fumaça instaladas no interior, para, posteriormente, redimensionar esta rede visando a otimização do monitoramento.

Embora o trabalho seja de avaliação da rede manual de monitoramento do Estado de São Paulo, este relatório apresenta os aspectos relacionados somente à estação do município de Santos. Posteriormente, as informações aqui apresentadas serão incorporadas a um relatório geral contendo a análise das demais estações e da rede como um todo.

2. CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Considera-se como classificação de uma dada estação de monitoramento o conjunto de informações que permite caracterizar a qualidade do ar que a estação está medindo, principalmente em relação:

- às fontes que a estão influenciando;
- à população que está exposta àquelas concentrações;
- à área de abrangência da estação.

Existem várias classificações utilizadas em diversas estações de monitoramento no mundo inteiro, mas todas elas fornecem informações similares. Utilizou-se neste trabalho uma classificação adaptada, principalmente, das classificações da USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA), e da OMS (Organização Mundial da Saúde).

A classificação baseada no uso do solo e população exposta está apresentada na tabela 1.

É importante esclarecer que no caso da rede de monitoramento manual da CETESB, não há estações com objetivo de avaliar concentrações em áreas rurais e nem em ambientes fechados.

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES EM RELAÇÃO AO USO DO SOLO E POPULAÇÃO EXPOSTA.

Característica da Estação	Descrição
Comercial	Mede a exposição da população em áreas urbanas centrais, áreas de comércio, com grande movimentação de pedestres e veículos.
Residencial	Mede a exposição da população em bairros residenciais e áreas suburbanas das cidades.
Industrial	Em áreas onde as fontes industriais têm grande influência nas concentrações observadas, tanto em longo prazo quanto para avaliação de picos de concentração.
Urbana/concentração de fundo (background)	Em áreas urbanas, localizadas não próximas de fontes específicas, representa as concentrações de fundo da área urbana como um todo.
Próxima de vias de tráfego (veicular)	Localizada próxima de uma via de tráfego, mede a influência da emissão dos veículos que circulam na via (rua, estrada, etc.).
Rural	Mede as concentrações em áreas rurais, deve estar situada o mais distante possível de fontes veiculares, industriais e Urbanas.
Ambiente fechado ("indoor")	Mede as concentrações em ambientes domésticos e de trabalho (exceto ambientes ocupacionais).

A área de abrangência, ou seja, a escala espacial de representatividade da estação caracteriza seu entorno, onde os valores medidos podem ser considerados semelhantes. A escala de representatividade de uma estação é baseada nos objetivos de monitoramento da rede e de cada estação individualmente. As escalas espaciais de maior interesse, conforme o objetivo a que se destinam, são:

- **Microescala** – concentrações abrangendo áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros;
- **Média escala** – concentrações para áreas urbanas (poucos quarteirões com características semelhantes), com dimensões entre 100 e 500 metros;
- **Escala de bairro** – concentrações para áreas da cidade (bairros), com atividade uniforme, com dimensões de 500 a 4.000 metros;
- **Escala urbana** – concentrações de cidade ou regiões metropolitanas, da ordem de 4 a 50km;
- **Escala regional** – concentrações geralmente de uma área rural, de geografia razoavelmente uniforme e de dimensões de dezenas a centenas de quilômetros;

No caso das estações de monitoramento de fumaça, preferencialmente, devem estar localizadas em áreas centrais da cidade, com movimentação representativa de pedestres e sujeita à influência de tráfego de veículos no seu entorno. Assim, para atender ao objetivo desta rede, o monitoramento de fumaça não deve ser realizado em vias de tráfego intenso, uma vez que os resultados podem ser superestimados.

De acordo com a classificação das estações em relação ao uso do solo e população exposta e à escala de representatividade, as estações que monitoram fumaça devem ser, preferencialmente, comercial e média-escala ou escala de bairro.

3. MATERIAL PARTICULADO - FUMAÇA

As características do material particulado em suspensão na atmosfera variam muito em função de sua composição química e física, das fontes de emissão e do tamanho da partícula.

O parâmetro fumaça está associado ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente de processos de combustão, como queima de combustíveis em fontes estacionárias, exaustão de veículos automotores, sobretudo movidos a diesel, queimas ao ar livre, etc. O método de avaliação está baseado na medida da refletância da luz que incide na poeira, o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionada ao teor de fuligem na atmosfera.

Os efeitos adversos do material particulado na atmosfera, além de criarem problemas de visibilidade e incômodo, estão associados aos problemas de saúde, incluindo riscos maiores de doenças cardíacas e pulmonares.

Os padrões de qualidade do ar estão definidos na Resolução CONAMA N° 03, de 28/06/1990. Cada padrão define legalmente um limite máximo para a concentração de cada poluente atmosférico, de modo que seja garantida a proteção da saúde e do bem-estar da população. A tabela 2 apresenta o padrão nacional de qualidade do ar para fumaça, bem como os critérios estabelecidos para episódios agudos de poluição do ar.

O padrão primário representa a concentração que se ultrapassada pode afetar a saúde da população. Pode ser entendido como nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazos. Já o padrão secundário de qualidade do ar representa a concentração abaixo da qual se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como danos à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Pode ser entendido como nível desejado de concentração de poluentes constituindo-se meta a longo prazo. O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar.

TABELA 2 – PADRÃO NACIONAL DE QUALIDADE DO AR E CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS DE POLUIÇÃO DO AR DE FUMAÇA

Parâmetro	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fumaça	24 horas ¹	150	100	250	420	500
	MAA ²	60	40			

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

2 - Média aritmética anual

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

4.1 Aspectos gerais

O município de Santos situa-se no litoral do Estado de São Paulo, a uma distância de 68km a sudeste da capital, com área de 271km². Segundo o último censo, possui uma população em torno de 418.000 habitantes. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 145.000 veículos leves, 9.000 veículos pesados e 42.000 motocicletas.

A cidade localiza-se a uma altitude média de 2 metros, com ventos predominantes do quadrante leste-sul.

A CETESB mantém na cidade uma estação de monitoramento de fumaça, sendo que as amostragens são realizadas por um período de 24 horas a cada seis dias. Na figura 1, observa-se a localização desta estação. A CETESB mede também SO₂ no mesmo local, com amostragens realizadas por um período contínuo de 30 dias.



Fonte: Base Cartográfica Digital / Prefeitura Municipal de Santos

● Estação Manual

Figura 1 – Localização da estação Santos

Na face norte, apresentada na figura 3, o obstáculo mais próximo é uma árvore com, aproximadamente, 10 metros de altura que está localizada a 5 metros de distância, próxima ao muro que cerca a Policlínica Embaré. Na face sul da estação (figura 4), o obstáculo mais próximo também é uma árvore de, aproximadamente, 15 metros de altura que está localizada a 10 metros de distância. Ao fundo, a aproximadamente 30 metros, encontra-se Avenida Afonso Pena.



Figura 3 – Vista da estação Santos – Face Norte



Figura 4 – Vista da estação Santos – Face Sul

Na figura 5, vista da face leste, encontra-se a 10 metros de distância a Avenida Afonso Pena. Na face oeste (figura 6), a cerca de 5 metros, encontra-se o prédio da Policlínica, com 4 metros de altura



Figura 5– Vista da estação Santos – Face Leste



Figura 6 - Vista da estação Santos – Face Oeste

6. MICROINVENTÁRIO DE FONTES

Para avaliar o impacto das fontes na estação, foram levantadas as fontes prioritárias de material particulado definidas no entorno da estação. Deve-se considerar que a fumaça representa apenas uma fração deste material particulado e que esta fração pode variar de fonte para fonte dependendo do tipo de emissão da mesma.

Fontes Fixas

Segundo a Agência Ambiental de Santos, não existem fontes fixas significativas no entorno da estação.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes nas proximidades da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam no entorno da Praça Fernando Prestes, que é uma praça rotatória, entre as duas pistas da avenida Afonso Pena. A contagem de veículos teve por objetivo estimar a ordem de grandeza da contribuição das fontes móveis na composição total das emissões do local. Foram efetuadas duas contagens: das 10h50 às 11h05 e das 13h30 às 13h45 do dia 21/03/2007, nas duas vias mais próximas à estação da CETESB, dos veículos movidos a gasolina/álcool, diesel e motocicletas.

Para o cálculo do volume de tráfego diário dos veículos leves e diesel, expandiram-se essas contagens para 60 minutos e calculou-se a média dos valores obtidos. Adotou-se como critério que essa média horária é válida entre 6h e 22h e que no horário complementar há uma redução de 70% no volume de tráfego. Para o cálculo do volume anual, consideraram-se 52 semanas no ano e redução de 50% no tráfego aos sábados e domingos. No caso das motos, a média diária foi calculada levando-se em conta as médias horárias entre 9h e 18h e mantendo-se os mesmos critérios dos veículos leves e diesel. O volume de tráfego estimado é apresentado na tabela 3. Considerou-se também, uma fonte linha de 200 metros, compreendendo 100 metros de cada lado da avenida, em relação à estação.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS LEVES, DIESEL E MOTOCICLETAS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO SANTOS

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Praça Fernando Prestes (sentido: Ponta da Praia/Centro)	Veículos leves	19.504	6.085.000
	Veículos diesel	2.171	675.000
	Motocicletas	4.482	1.400.000
Praça Fernando Prestes (sentido: Centro/Ponta da Praia)	Veículos leves	15.640	4.880.000
	Veículos diesel	1.987	620.000
	Motocicletas	3.402	1.060.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, consideraram-se os fatores de emissão de veículos em uso na RMSP, em 2006, conforme tabela 4.

TABELA 4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2006

Tipo de veículo	Material Particulado g/km
Gasolina-C*	0,08
Diesel **	0,55
Motocicletas	0,05

* contém 22% de álcool anidro e 450 ppm de enxofre (massa)

** diesel tipo metropolitano e com 350ppm de enxofre (massa)

TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO SANTOS

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Praça Fernando Prestes (sentido: Ponta da Praia/Centro)	Gasolina C	0,10
	Diesel	0,07
	Motocicletas	0,01
Praça Fernando Prestes (sentido: Centro/Ponta da Praia)	Gasolina C	0,08
	Diesel	0,07
	Motocicletas	0,01
TOTAL		0,34

* Fonte linear de 200 metros

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Santos está instalada na Policlínica Embaré desde de 1987. Na figura 7 são apresentadas as médias anuais de 1997 a 2006. As médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Observou-se que as concentrações de fumaça apresentaram um significativo aumento em 2005 seguido de ligeira queda em 2006.

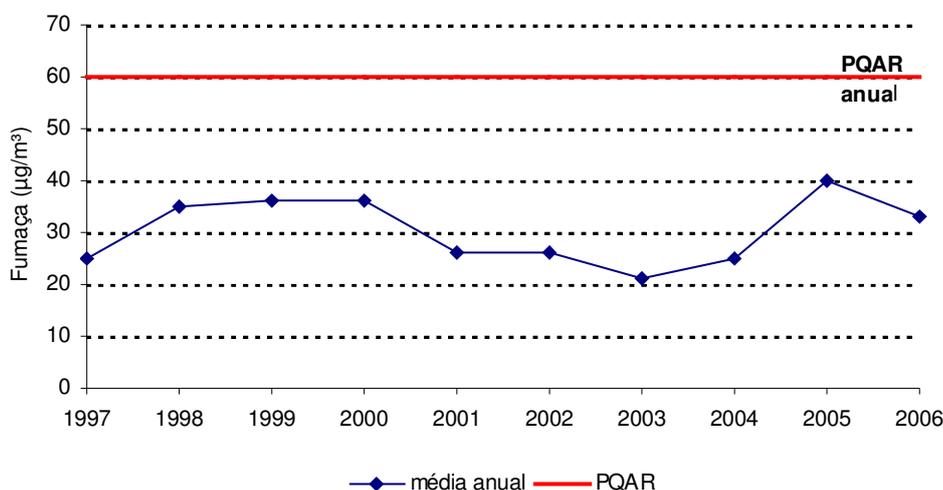


Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1997-2006)

Na figura 8 estão apresentadas as máximas concentrações diárias de fumaça, onde observou-se que, no período de 1997 a 2006, houve apenas uma ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), em 2000.

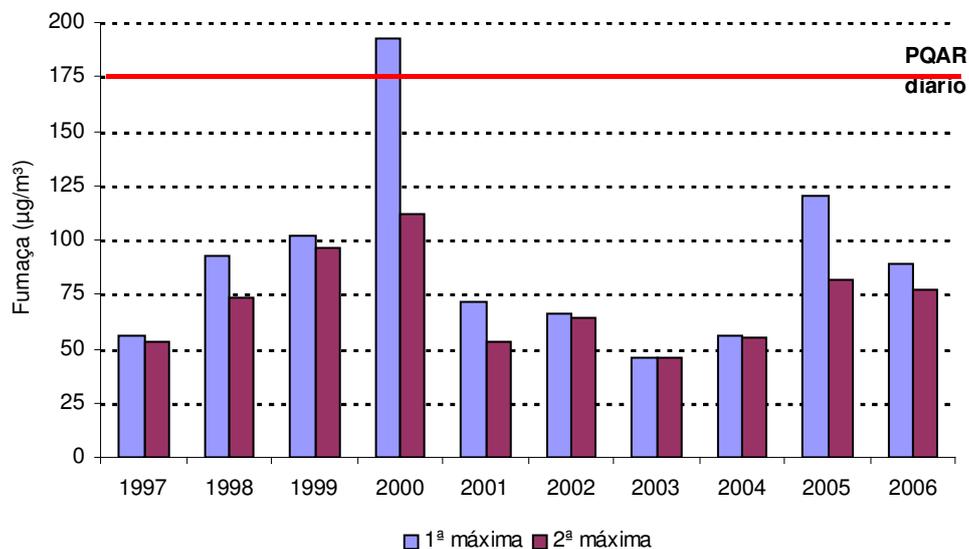


Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1997-2006)

A figura 9 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Foram observados maiores valores nos meses de maio, junho e julho, em geral, meses com condições meteorológicas menos favoráveis à dispersão de poluentes, devido à maior ocorrência de calmarias por várias horas, inversões térmicas mais próximas da superfície e uma menor precipitação pluviométrica.

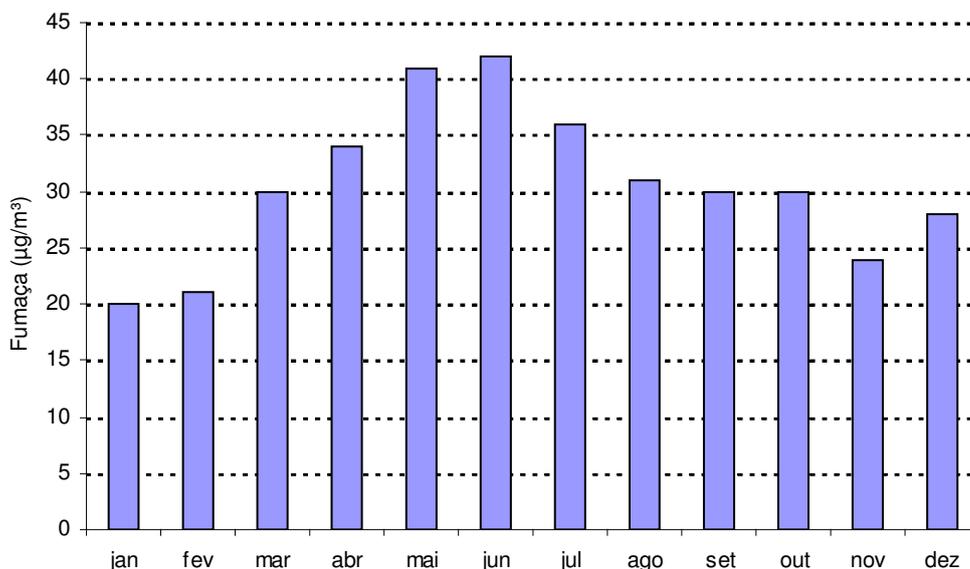


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1997-2006)

A figura 10 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações foram menores aos domingos, provavelmente em função da queda no fluxo de veículos na região, devido ao fechamento do comércio.

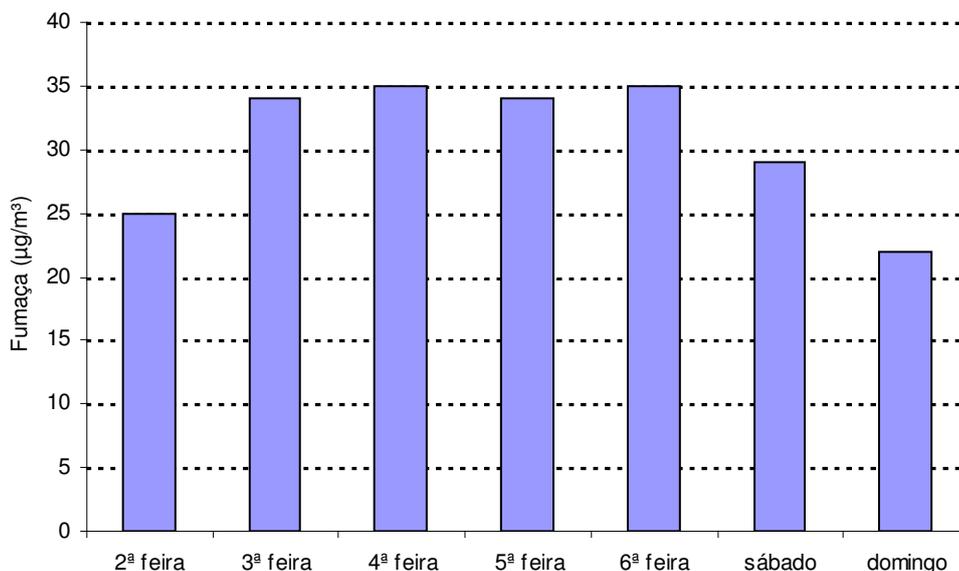


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1997-2006)

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a estação Santos, de acordo com a classificação em relação ao uso do solo e população exposta pode ser classificada como “comercial/residencial”.

Uma vez que as fontes móveis são as únicas fontes significativas no entorno da estação, a análise do fluxo diário de veículos e distância da estação das vias indicou que a escala espacial de representatividade é a “microescala”, que representa concentrações abrangendo áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros.

9. CONCLUSÕES

Após análises, conclui-se que:

- a estação de Santos foi classificada como comercial/residencial e de microescala;
- as concentrações observadas entre 1997 e 2006 ficaram abaixo do padrão primário de qualidade do ar ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sendo que houve uma única ultrapassagem do padrão de 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), em 2000;
- além dos obstáculos existentes atualmente, o local da estação não é semelhante ao dos outros municípios da rede manual de monitoramento e fumaça do interior do Estado de São Paulo, em que as estações localizam-se em locais mais centrais da cidade e com movimentação representativa de pedestres. Desse modo, recomenda-se que a estação seja relocada.



10. BIBLIOGRAFIA

- United States Environmental Agency (US-EPA): Code of Federal Regulation, 40 – Pt.58 – Ambiente Air Surveillance. Ed. 1996.
- World Health Organization (WHO) – Guidelines for Air Quality – Geneva – 1999.
- Decreto Estadual nº 8468/76.
- Resolução CONAMA nº 03/90.
- CETESB - Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2006.
- CETESB - Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – Estação São Caetano do Sul.

11. EQUIPE DE TRABALHO

Carlos Eduardo Negrão – ETQT

Clarice Aico Muramoto - ETQM

Cristiane Ferreira Fernandes Lopes - ETQA

Roseli Sachi – ETQI

Silmara Regina da Silva – ETQI

Yoshio Yanagi – ETQI

Supervisão: Maria Cristina N. de Oliveira - ETQ

Colaboração:

Agência Ambiental de Cubatão

Agência Ambiental de Santos