



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**Caracterização das estações de
monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do Município de São José dos Campos**

dezembro/2006

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
4.2. Comportamento do Vento	6
5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO	6
6. MICROINVENTÁRIO DE FONTES	10
7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR	13
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
9. CONCLUSÕES	15
10. BIBLIOGRAFIA	16
11. EQUIPE DE TRABALHO	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações de São José dos Campos	5
Figura 2. Rosa de Vento	6
Figura 3 – Localização do entorno da estação	7
Figura 4 – Vista da estação São José dos Campos – Face Norte	8
Figura 5 – Vista da estação São José dos Campos – Face Sul	8
Figura 6 – Vista da estação São José dos Campos – Face Leste	9
Figura 7- Vista da estação São José dos Campos – Face Oeste	9
Figura 8 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1996-2005)	13
Figura 9 – Concentrações máximas de fumaça (1996-2005)	14
Figura 10 – Concentrações médias de fumaça por mês (1996-2005)	14
Figura 11 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1996-2005)	15

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 São José dos Campos	11
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2005	11
Tabela 5 - Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da Estação São José Dos Campos ..	12

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 15 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 São José dos Campos. 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 bairros 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 (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)	Atenção (µg/m³)	Alerta (µg/m³)	Emergência (µg/m³)
Fumaça	24 horas ¹ MAA ²	150 60	100 40	250	420	500

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 São José dos Campos situa-se na região nordeste do Estado de São Paulo, no Vale do Rio Paraíba do Sul, distante 91 km a leste da capital, possuindo área de 1.000km². Segundo o último censo (2000), possui população em torno de 530.000 habitantes. Possui ainda, frota de, aproximadamente, 170.000 veículos leves, 10.000 veículos pesados e 26.000 motocicletas.

A cidade localiza-se a uma altitude de 660 metros e com temperatura mínima anual média de 16,3º a máxima anual média de 26,5ºC. Os ventos predominantes são do quadrante norte-leste.

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. A CETESB mede também SO₂ no mesmo local, sendo as amostragens realizadas por um período contínuo de 30 dias. Além dessa estação, o município possui uma estação automática de monitoramento da qualidade do ar (Rede Automática), distante cerca de 2,5km da estação manual, medindo desde 2000 os seguintes parâmetros: partículas inaláveis (MP₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), e parâmetros meteorológicos (direção e velocidade de vento, temperatura e umidade relativa). Na figura 1 observa-se a localização dessas estações.



- Estação Manual
- Estação Automática

Figura 1 – Localização das estações de São José dos Campos

4.2. Comportamento do Vento

Para entender o comportamento dos poluentes na atmosfera em uma dada região, é necessário um conhecimento das condições meteorológicas locais, e um dos parâmetros que deve ser observado é o vento. Uma forma de análise deste parâmetro é através de rosa de vento, onde se pode observar direções predominantes e velocidades médias para um grande período de tempo. Assim, foi elaborada a rosa de vento para o período de 2000 a 2005, utilizando-se os dados horários de direção e velocidade do vento medidos na estação automática de monitoramento da qualidade do ar de São José dos Campos, conforme figura 2. O vento predominante observado foi proveniente do quadrante norte-leste. Há também contribuições significativas oriundas das direções sul-sudoeste e sul-sudeste. Essa estação apresentou 25,3% de calmaria (velocidade do vento horário menor do que 0,5m/s) em todo o período. Em função de sua localização e da topografia da região, o vento medido nesta estação pode ser considerado representativo para a região urbana, que inclui a área do município, onde se encontra a estação manual.

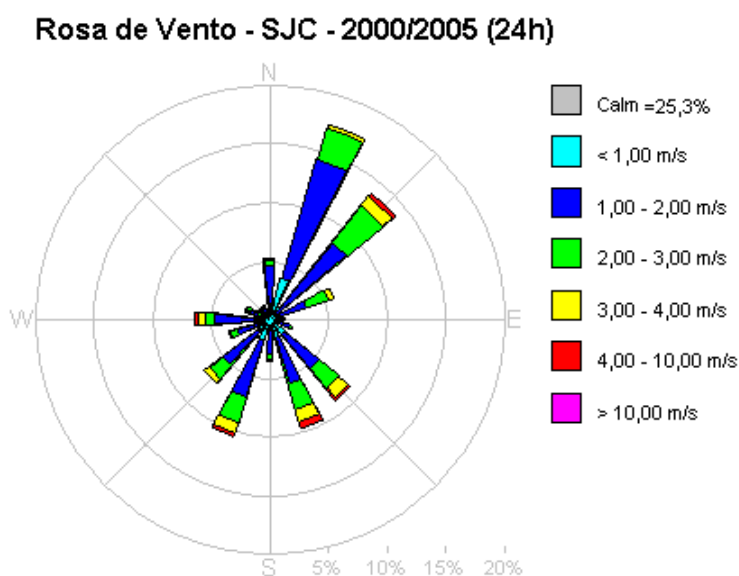


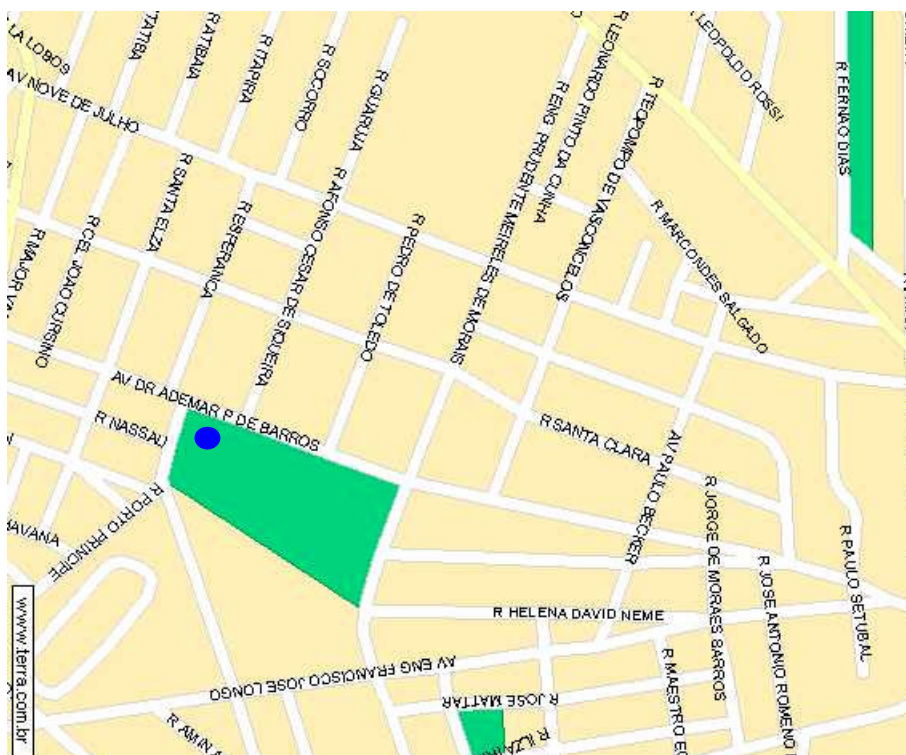
Figura 2. Rosa de Vento

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0408743 – 7434028 e a altitude é de 600 metros.

A estação está localizada na Praça Santos Dumont.

A figura 3 apresenta o mapa com as ruas do entorno da estação.



● **Estação Manual**

Figura 3 – Localização da estação

As figuras 4 a 7 apresentam fotografias do entorno da estação nas direções norte, sul, leste e oeste, respectivamente.

Na face norte, apresentada na figura 4, observa-se a edificação da guarita de entrada da praça a 3 metros a estação, sendo que a 40 metros da estação encontra-se a rua Dr. Ademar P. de Barros. Na face sul da estação (figura 5), observa-se ao fundo um muro com 2 metros de altura, à 3 metros de distância. Observa-se também que a estação está cercada por vegetação.



Figura 4 – Vista da estação São José dos Campos – Face Norte



Figura 5 – Vista da estação São José dos Campos – Face Sul

Na figura 6, vista da face leste, o obstáculo mais próximo, é uma churrasqueira, que está localizada a 30 metros de distância. Na face oeste (figura 7), observa-se um muro, com altura aproximada de 2 metros, e ao lado árvores com cerca de 4 metros de altura. Mais ao fundo, cerca de 10 metros, encontra-se prédio com 10 metros de altura.



Figura 6 – Vista da estação São José dos Campos – Face Leste



Figura 7- Vista da estação São José dos Campos – 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 Taubaté, 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 nas ruas Prudente de Moraes e Dr. Ademar P. de Barros. 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 11h30 às 11h45 e das 13h35 às 13h50 nas ruas próximas à estação da CETESB, no dia 30/08/2006 (quarta-feira), dos veículos movidos a gasolina/álcool, diesel e motocicletas.

Para o cálculo do volume de tráfego diário dos veículos leves e diesel, expandiu-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, considerou-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.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS LEVES, DIESEL E MOTOCICLETAS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Rua Prudente de Moraes	Veículos leves	7.507	2.340.000
	Veículos diesel	405	125.000
	Motocicletas	486	150.000
Rua Dr. Ademar P. de Barros	Veículos leves	26.937	8.405.000
	Veículos diesel	2.649	825.000
	Motocicletas	1.620	505.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, considerou-se os fatores de emissão de veículos em uso, na RMSP, em 2005, conforme tabela 4.

TABELA 4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2005

Tipo de veículo	Material Particulado g/km
Gasolina-C*	0,08
Diesel	0,57
Motocicletas	0,05

* contém 22% de álcool anidro e 500 ppm de enxofre (massa).

TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Rua Prudente de Moraes *	Gasolina C	0,04
	Diesel	0,01
	Motocicletas	0,01
Rua Dr. Ademar P. de Barros *	Gasolina C	0,13
	Diesel	0,09
	Motocicletas	0,01
TOTAL		0,29

* Fonte linear de 200m

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação São José dos Campos está instalada na Praça Santos Dumont desde janeiro de 1990. No final de 2005 a praça sofreu uma reforma, e foi levantado um muro na divisa do parque (atrás da estação). Na figura 8 são apresentadas as médias anuais de 1996 a 2005. As médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$). Observa-se ainda que as concentrações de fumaça apresentaram uma queda a partir de 1997 até 2000, e não apresentaram mais variações significativas até 2005. Essa queda pode ter ocorrido devido à intensificação no programa de Fumaça Preta em todo o Estado de São Paulo.

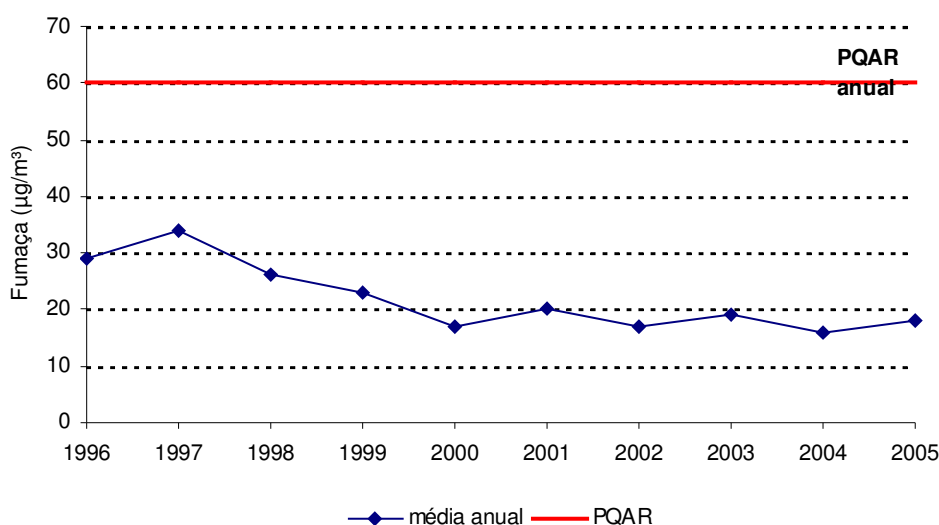


Figura 8 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1996-2005)

Na figura 9 estão apresentadas as máximas concentrações diárias de fumaça, onde observa-se que não houve ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), no período de 1996 a 2005.

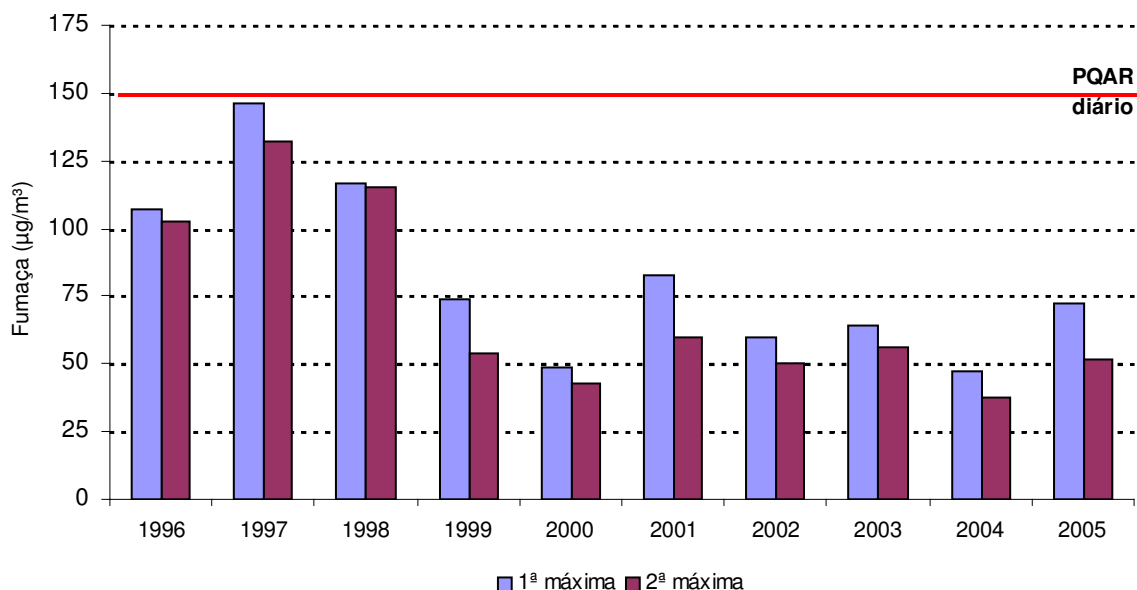


Figura 9 – Concentrações máximas de fumaça (1996-2005)

A figura 10 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Foi observada uma variação sazonal com aumento das concentrações no período de maio a setembro quando, em geral, as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão de poluentes, devido a maior ocorrência de calmarias por várias horas, inversões térmicas mais próximas da superfície e uma menor precipitação pluviométrica.

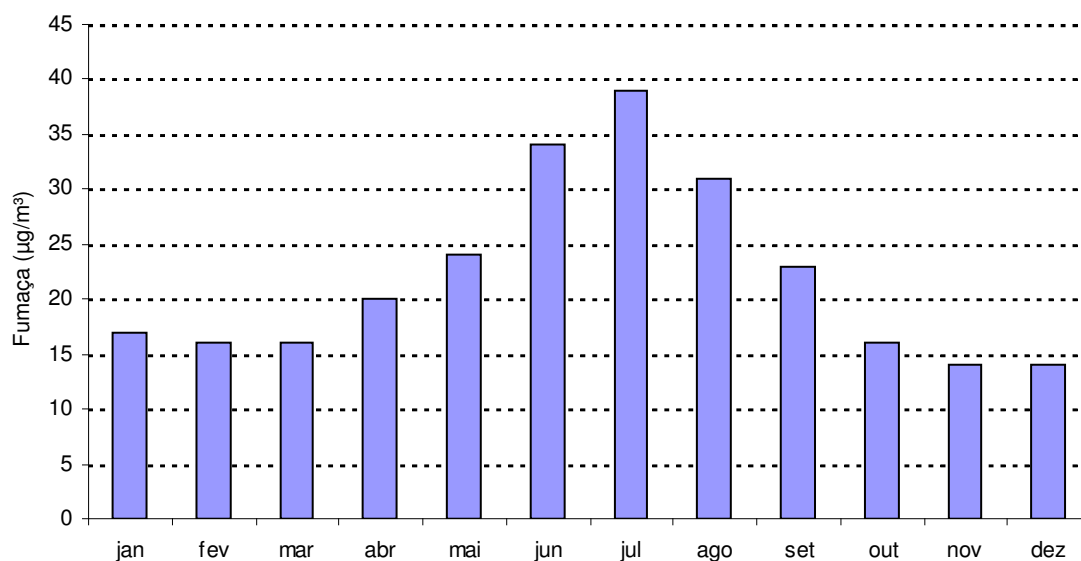


Figura 10 – Concentrações médias de fumaça por mês (1996-2005)

A figura 11 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 no entorno da estação.

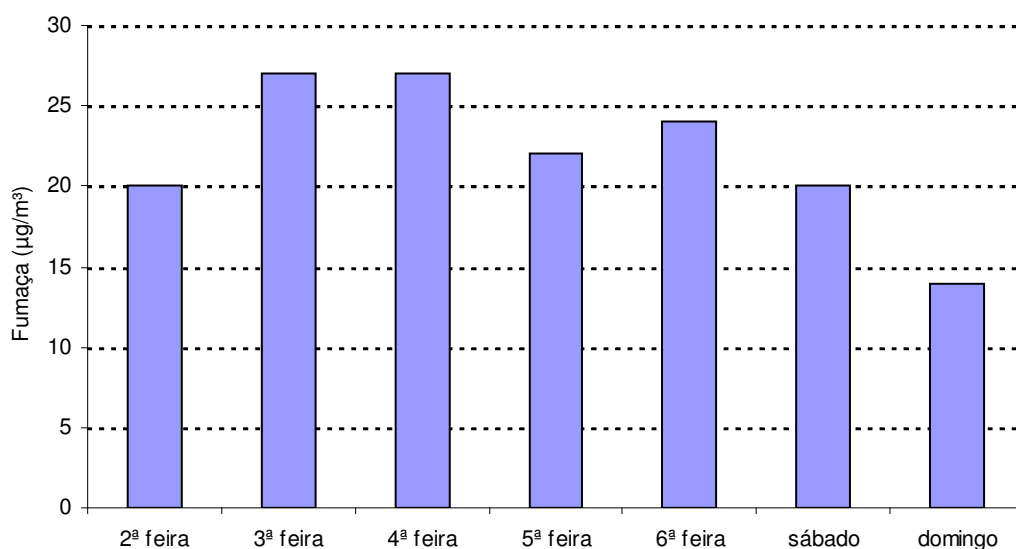


Figura 11 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1996-2005)

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

A estação encontra-se em local com pouca ventilação, uma vez que há obstáculos a oeste e a sul. Considerando que as fontes móveis são a única fonte significativa do 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 “escala de bairro”, que representa concentrações para áreas da cidade com atividade uniforme, com dimensões de 500 a 4.000 metros.

9. CONCLUSÕES

Após análises, conclui-se que:

- a estação de São José dos Campos foi classificada como comercial/residencial e de escala de bairro;
- as concentrações de fumaça observadas entre 1996 e 2005, ficaram abaixo do padrão primário de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$);

- além dos obstáculos existentes atualmente, o local da estação não é semelhante ao dos outros municípios da rede manual de monitoramento de fumaça do interior do Estado de São Paulo, onde as estações localizam-se em ruas centrais da cidade e com movimentação representativa de pedestres;
- desse modo, recomenda-se que a Agência de Taubaté verifique a possibilidade de relocar a estação para as dependências da Santa Casa de São José dos Campos, na Rua Belzani Ricardo, 620 – Centro.

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 – 2004.
- CETESB - Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – Estação São Caetano do Sul.
- São José dos Campos Home Page – Disponível em www.saojosedoscamos.sp.gov.br
- www.mapas1.terra.com.br

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 Helena R. B. Martins - ETQA

Colaboração:

Agência Ambiental de Taubaté