



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**Caracterização das estações de
Monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do Município de Itu
maio/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
5. Caracterização da estação.....	6
6. Microinventário de fontes	10
7. Tendências de qualidade do ar	12
8. Resultados e discussão	14
9. Conclusões.....	14
10. Bibliografia.....	15
11. Equipe de trabalho	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da estação Itu.....	5
Figura 2 – Localização do entorno da estação	6
Figura 3 – Vista da estação Itu – Face Norte.....	7
Figura 4 – Vista da estação Itu – Face Sul	8
Figura 5– Vista da estação Itu – Face Leste.....	9
Figura 6 - Vista da estação Itu – Face Oeste.....	9
Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1996-2005)	12
Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1996-2005).....	13
Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1996-2005).....	13
Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1996-2005)	14

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 Itu.	10
Tabela 4 – fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004	11
Tabela 5 - Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Itu.....	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 no Estado de São Paulo. Basicamente, este monitoramento é realizado por uma rede automática e redes manuais, que monitoram: material particulado (Fumaça), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) e dióxido de enxofre (SO₂).

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 17 municípios do Estado de São Paulo, a saber: São José dos Campos, Taubaté, Ribeirão Preto, Americana, Campinas, Jundiaí, Limeira, Paulínia, 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 Itu. 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 (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)	Atenção (µg/m³)	Alerta (µg/m³)	Emergência (µg/m³)
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

A Estância Turística de Itu situa-se na região sudeste do Estado de São Paulo, distante 100km a oeste da capital possuindo uma área de 642km². Segundo o último censo, possui uma população em torno de 150 mil habitantes. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 40.000 veículos leves, 4.500 veículos pesados e 10.000 motocicletas. A cidade conta também com empresas de grande e médio porte.

A cidade localiza-se a uma altitude de 583 metros e apresenta temperatura média anual de 16º a 22ºC. O verão é muito quente e seco e o inverno é seco. Os ventos predominantes são do quadrante leste-sul.

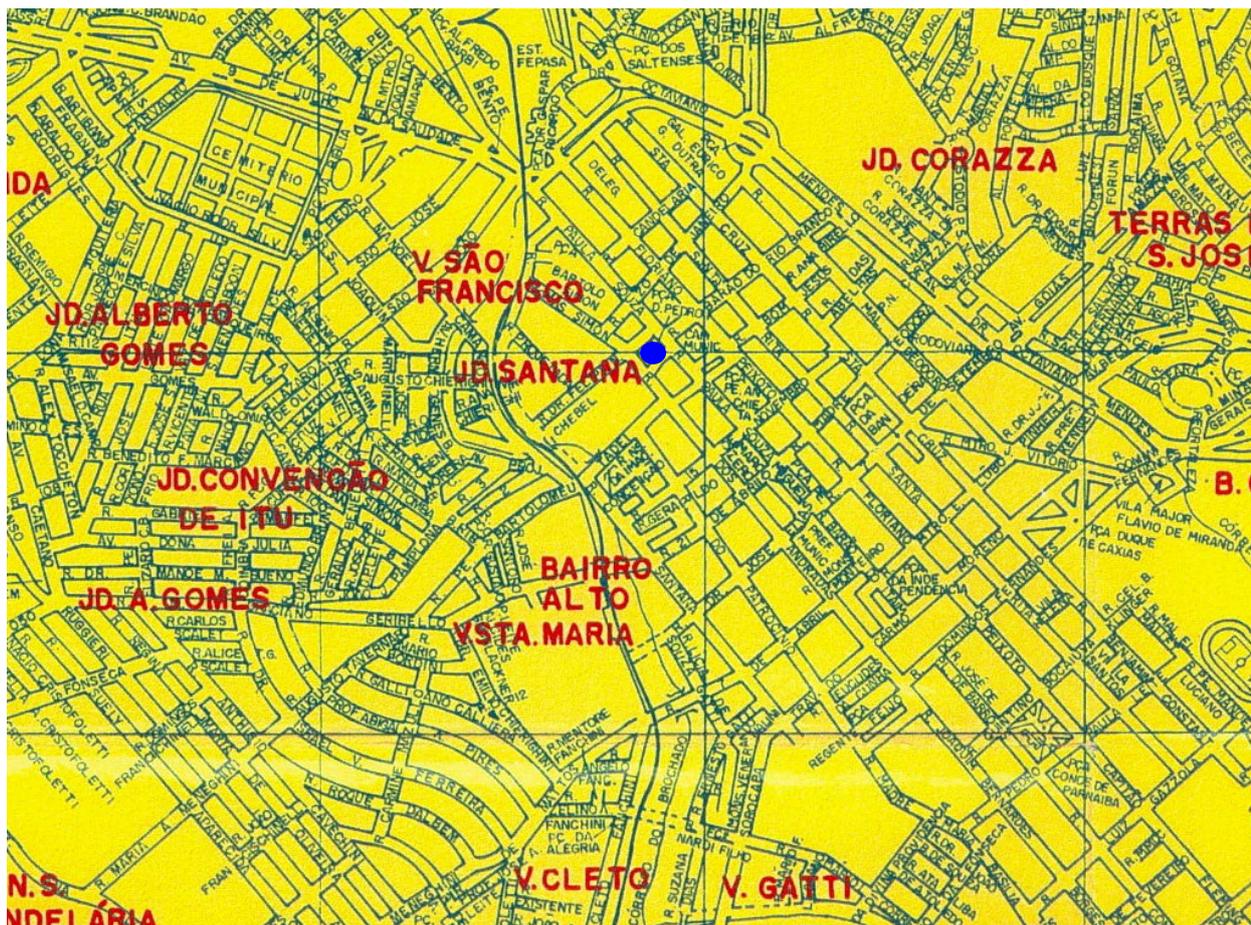
A CETESB mantém na cidade uma estação de monitoramento de fumaça, sendo que as amostragens são realizadas por um período de 24 horas a cada seis dias. Na figura 1 observa-se a localização desta estação. A CETESB mede também SO₂ no mesmo local, sendo as amostragens realizadas por um período contínuo de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

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0264410 – 7425714 e a altitude é de 582 metros.

A estação está localizada na Praça D. Pedro I – Centro.

A figura 2 apresenta o mapa com as ruas do entorno da estação.



● Estação manual

Figura 2 – Localização do entorno da estação

As figuras 3 a 6 apresentam fotografias do entorno da estação nas direções norte, sul, leste e oeste, respectivamente.

Na face norte, apresentada na figura 3, não se observa nenhum obstáculo, sendo que a estação está no centro da praça. Na face sul da estação (figura 4), observa-se, a aproximadamente 15 metros da estação, a Rua dos Andradas.



Figura 3 – Vista da estação Itu – Face Norte



Figura 4 – Vista da estação Itu – Face Sul

Na figura 5, vista da face leste, não se observa nenhum obstáculo. Ao fundo observa-se a cerca de 15 metros da estação uma via que cruza no meio da praça. Na face oeste (figura 6), o obstáculo mais próximo, é uma árvore de, aproximadamente 10 metros de altura, que está localizada a 15 metros de distância. Mais ao fundo, a cerca de 20 metros, encontra-se a Ruas dos Andradas. Nesta rua existe um ponto de ônibus a, aproximadamente, 50 metros da estação.

A nordeste da estação, a cerca de 45 metros encontra-se o entroncamento da Rua Paula Souza com a Alameda Barão do Rio Branco, onde foi realizada a contagem de veículos.



Figura 5– Vista da estação Itu – Face Leste



Figura 6 - Vista da estação Itu – 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 Sorocaba, não existem fontes fixas 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 Paula Souza e dos Andradas. 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 11h às 11h15 e, das 13h35 às 13h50 nas ruas próximas à estação da CETESB, no dia 09/11/2005 (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 ITU

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Rua Paula Souza	Veículos leves	10.746	3.350.000
	Veículos diesel	184	57.000
	Motocicletas	1.188	370.000
Rua dos Andradas	Veículos leves	6.697	2.100.000
	Veículos diesel	1.288	400.000
	Motocicletas	1.107	345.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, considerou-se os fatores de emissão de veículos em uso, na RMSP, em 2004, conforme tabela 4.

TABELA 4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2004

Tipo de veículo	Material Particulado g/km
Gasolina-C*	0,08
Diesel	0,62
Motocicletas	0,05

* contém 22% de álcool anidro (volume) e 600 ppm de enxofre (peso).

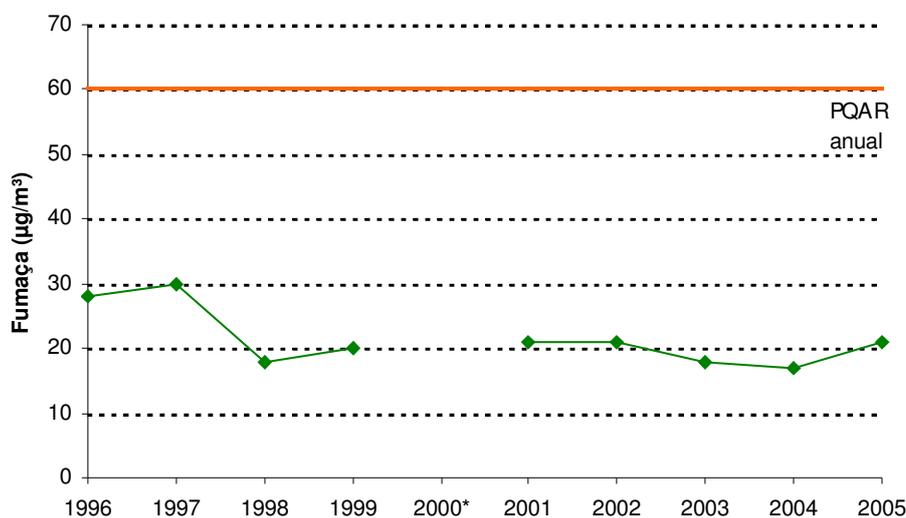
TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO ITU

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Rua Paula Souza *	Gasolina C	0,05
	Diesel	0,01
	Motocicletas	0,01
Rua dos Andradas *	Gasolina C	0,03
	Diesel	0,05
	Motocicletas	0,01
TOTAL		0,16

* Fonte linear de 200m

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Itu opera desde 1986 na Praça Dom Pedro I – Centro. As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas no município de Itu de 1996 a 2005 estão apresentadas na figura 7. Para o cálculo da média aritmética anual dos poluentes, utiliza-se o critério de representatividade dos dados, isto é, pelo menos 50% do número de amostras a cada quadrimestre. Na estação Itu, somente o ano de 2000 não atendeu a este critério, portanto, o valor não foi apresentado no gráfico. Pode-se observar que os valores de concentração de fumaça apresentaram uma queda a partir de 1998, mantendo uma estabilidade até 2005. Essa queda pode ter ocorrido devido à intensificação no Programa de Fiscalização de Fumaça Preta em todo o Estado de São Paulo. As médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).



*não atendeu ao critério de representatividade

Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1996-2005)

Na figura 8 estão apresentadas as máximas concentrações diárias de fumaça, onde observa-se que não houve ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), nem do secundário ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$), no período de 1996 a 2005.

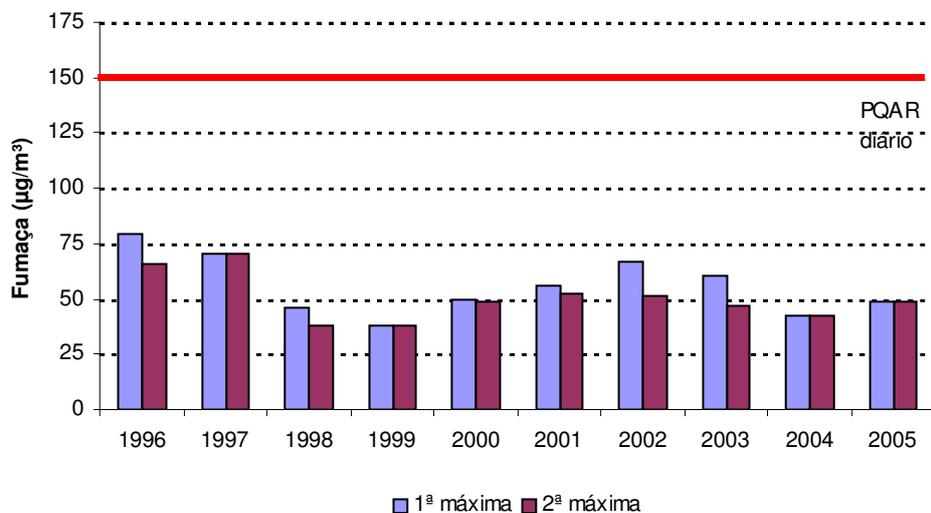


Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1996-2005)

A figura 9 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Foi observada uma variação sazonal no período de maio a setembro onde, 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.

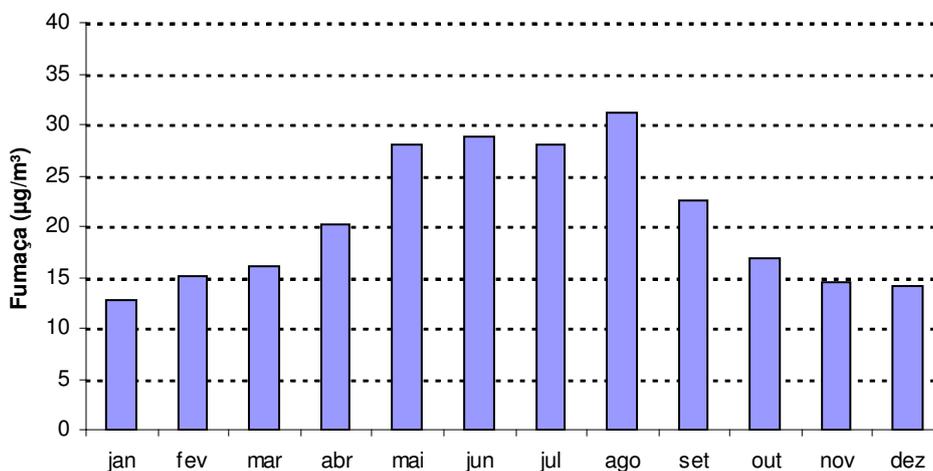


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1996-2005)

A figura 10 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que, ao contrário dos outros municípios, praticamente, não houve variação marcante das concentrações nos finais de semana, o que pode estar associado ao fato de Itu ser uma estância turística, e portanto, não ocorrer uma diminuição significativa do tráfego nesses dias.

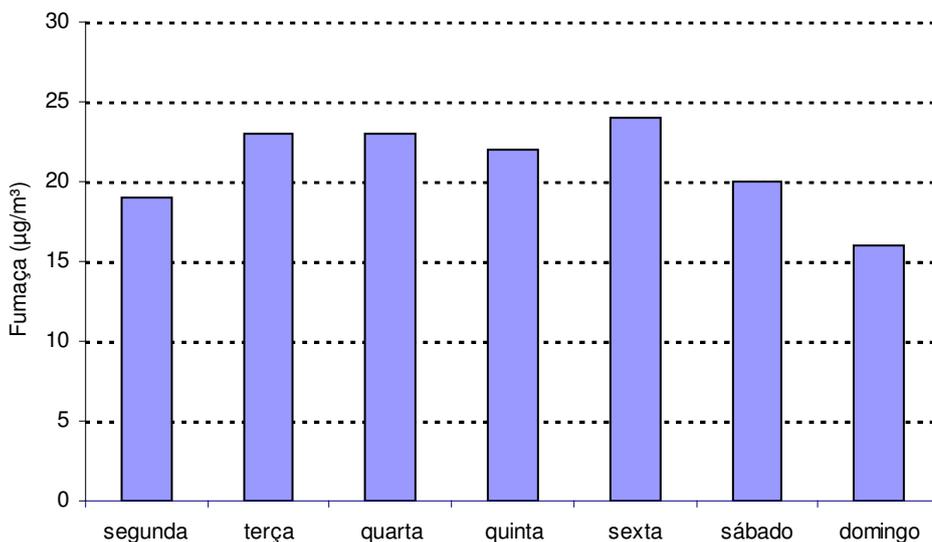


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1996-2005)

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a estação Itú, de acordo com a classificação em relação ao uso do solo e população exposta pode ser classificada como “comercial” por localizar-se na região central da cidade.

A estação encontra-se em local com boa ventilação e sujeita a influência dos ventos proveniente do quadrante leste-sul, predominantes na região. Uma vez que as fontes móveis são a única fonte da região, 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 Itú foi classificada como comercial e de escala de bairro;
- as concentrações observadas entre 1995 e 2004, ficaram abaixo do padrão secundário de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- a localização da estação atende aos objetivos propostos para a rede e, portanto, deve ser mantida na Praça Dom Pedro I.

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.
- Itu Home Page – Disponível em www.itu.sp.gov.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 Sorocaba