



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**Caracterização das estações de
monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do município de Jundiaí
/2005**

Cód.:S464V01 27/09/2004

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.....	12
7. Tendências de qualidade do ar	14
8. Resultados e discussão	16
9. Conclusões	16
10. Bibliografia	16
11. Equipe de trabalho	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da estação Jundiaí.....	5
Figura 2 – Mapa de localização do entorno da estação	8
Figura 3 – Vista da estação Jundiaí – Norte	9
Figura 4 – Vista da estação Jundiaí – Sul	10
Figura 5 – Vista da estação Jundiaí – Leste	11
Figura 6 - Vista da estação Jundiaí – Oeste	11
Figura 7 – Evolução das concentrações medias anuais de fumaça (1998-2004)	14
Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1998-2004)	14
Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1998-2004)	15
Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1998-2004)	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 e diesel no entorno da estação Jundiaí.	13
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004	13
Tabela 5 - Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Jundiaí	13

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 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 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 Jundiaí. 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, 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 a diesel, queimas ao ar livre, etc.. Esta determinação está baseada na medida de refletância da 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 a 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 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 Jundiaí situa-se no nordeste do Estado de São Paulo, a 63km da capital. Possui uma área de 432km², dos quais 112km² estão na área urbana. Está situado a uma altitude média de 762 metros. Segundo o último censo, possui uma população em torno de 320 mil habitantes. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 130.000 veículos leves, 11.000 veículos pesados e 25.000 motocicletas. A precipitação pluviométrica média anual é cerca de 1.380mm e umidade relativa do ar de 71%. A direção predominante do vento é proveniente do quadrante leste-sul.

A CETESB mantém na cidade uma estação de monitoramento de dióxido de enxofre e fumaça (Rede Manual), sendo que as amostragens de fumaça são realizadas por um período de 24 horas a cada seis dias e o SO₂ por um período contínuo de 30 dias. Na figura 1 observa-se a localização desta estação.



Figura 1 – Mapa de localização da estação Jundiáí

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, foram elaboradas as rosas de vento para o período de maio/2001 a março/2002, utilizando-se os dados horários de direção e velocidade do vento medidos na estação móvel de monitoramento da qualidade do ar que ficou instalada no pátio do Hospital Pitangueiras. A seguir, na figura 2, é apresentada a rosa de vento para Jundiaí, durante as 24 horas, onde o vento predominante observado foi de direção SSE, com 9,8% de calmaria no período.

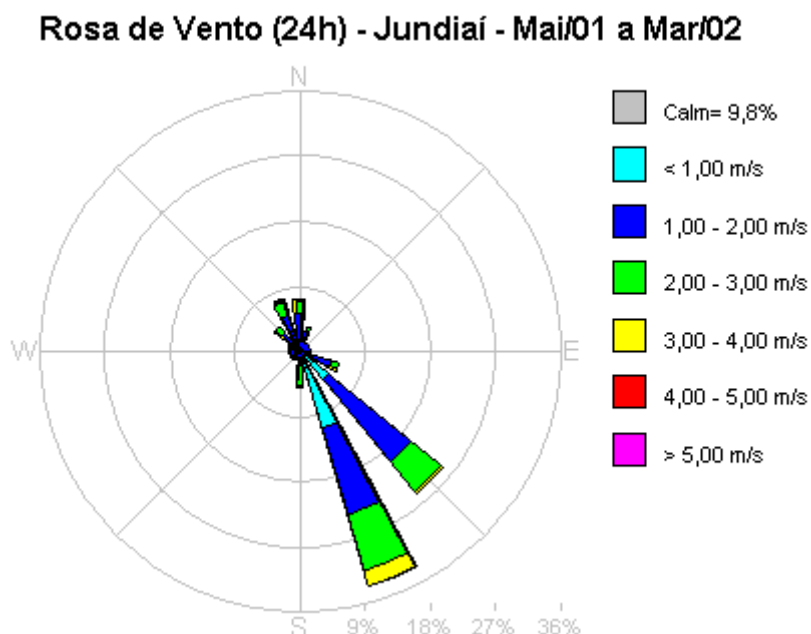


Figura 2 - Rosa de Vento para 24 horas.

Apesar da predominância do vento de direções do quadrante leste-sul, há variações da direção do vento durante os períodos do dia. Na figura 3 são apresentadas as rosas de vento para Jundiaí, para os seguintes períodos: 1h-6h, 7h-12h, 13h-18h e 19h-24h. Observa-se que da 1 hora às 6 horas, foi o período em que mais calmarias ocorreram, e no período da tarde (13h-18h) há ocorrências de ventos mais intensos (>4m/s), principalmente de direções do quadrante norte-oeste.

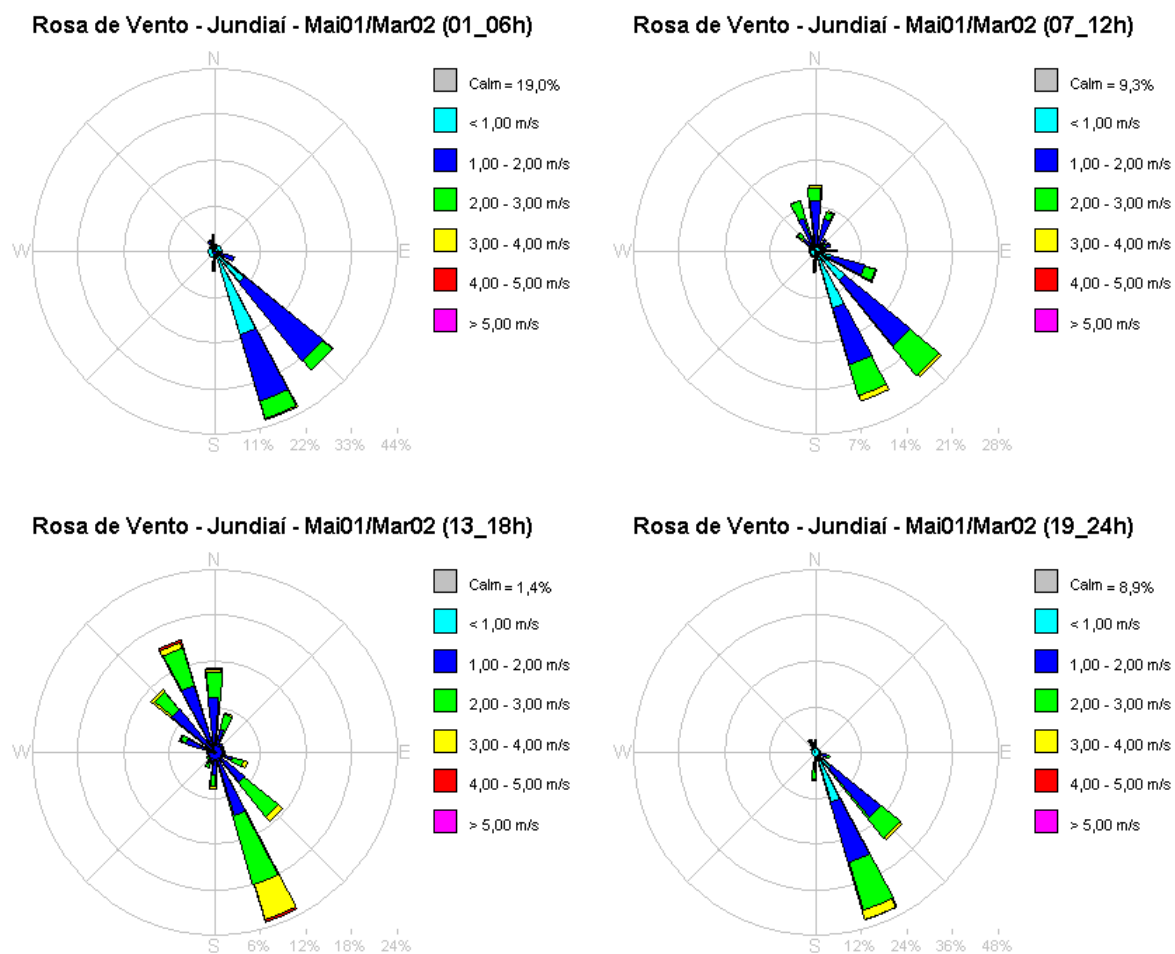


Figura 3 - Rosas de Vento por período.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0307581 – 7435710 e a altitude é de 714 metros.

A estação está localizada no interior do Centro Esportivo Ovídeo Bueno, na Rua Alvares de Azevedo, s/nº, próxima à Av. Antonio Frederico Ozanan (ao lado da Praça Rildo Michel Martho).



● Estação de fumaça

Figura 2 – Mapa de 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 voltada para o interior do Clube onde encontra-se o campo de futebol. Na face sul da estação (figura 4), tem-se obstáculos muito próximos, como o campo de bocha, em toda a extensão, e mais ao fundo o prédio da empresa vizinha (Kraft Foods).



Figura 3 – Vista da estação Jundiaí – Norte



Figura 4 – Vista da estação Jundiaí – Sul

Na figura 5, vista da face leste, observa-se junto à estação uma árvore com cerca de 4 metros de altura e também o prédio do campo de bocha em toda a extensão. Na época da instalação da estação (1997), só havia o campo de bocha, ainda assim, sem o muro na divisa com a empresa.

Na face oeste (figura 6), não se observa nenhum obstáculo, sendo que a estação está voltada para o campo de futebol no interior do Clube.



Figura 5– Vista da estação Jundiaí – Leste



Figura 6 - Vista da estação Jundiaí – 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 informações da Agência Ambiental de Jundiaí, atualmente esta estação não possui fontes fixas significativas no seu entorno. No entanto, ao lado da estação estava instalada a empresa Fleischmann & Royal, que operava com óleo combustível até 04/07/2001 quando foi substituído por gás natural.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes nas proximidades da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam na avenida Antonio Frederico Ozanan. A contagem de veículos teve por objetivo estimar a ordem de grandeza da contribuição das fontes móveis na composição total das emissões do local. Para tanto, foi efetuada uma contagem nesta avenida, próximo à estação da CETESB, em função da direção do fluxo de veículos, no dia 04/05/2005 (quarta-feira), considerando os veículos leves (veículos movidos a álcool e veículos movidos a gasolina C que contém 22% de álcool anidro e 600ppm de enxofre – massa), diesel e motocicletas. Foram realizadas duas contagens, a primeira na parte da manhã, das 10h45 às 11h00 e a tarde, das 14h20 às 14h35.

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 E DIESEL NO ENTORNO DA ESTAÇÃO JUNDIAÍ

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Av. Antonio Frederico Ozanan	Veículos leves	26.496	8.265.000
	Veículos diesel	5.078	1.585.000
	Motocicletas	2.430	760.000

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

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

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Av. Antonio Frederico Ozanan	Gasolina C	0,13
	Diesel	0,20
	Motocicletas	0,01
Total		0,34

* fonte linear de 200m

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Jundiaí ficou instalada até 1996 na Praça da Bandeira. A partir de julho de 1997, a estação foi transferida para o Centro Esportivo Ovídeo Bueno, nas proximidades da empresa Fleishmann. Sendo assim, as análises de tendências de qualidade do ar foram feitas somente a partir de 1998. As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas no município de Jundiaí de 1998 a 2004 estão apresentadas na figura 7.

As médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).

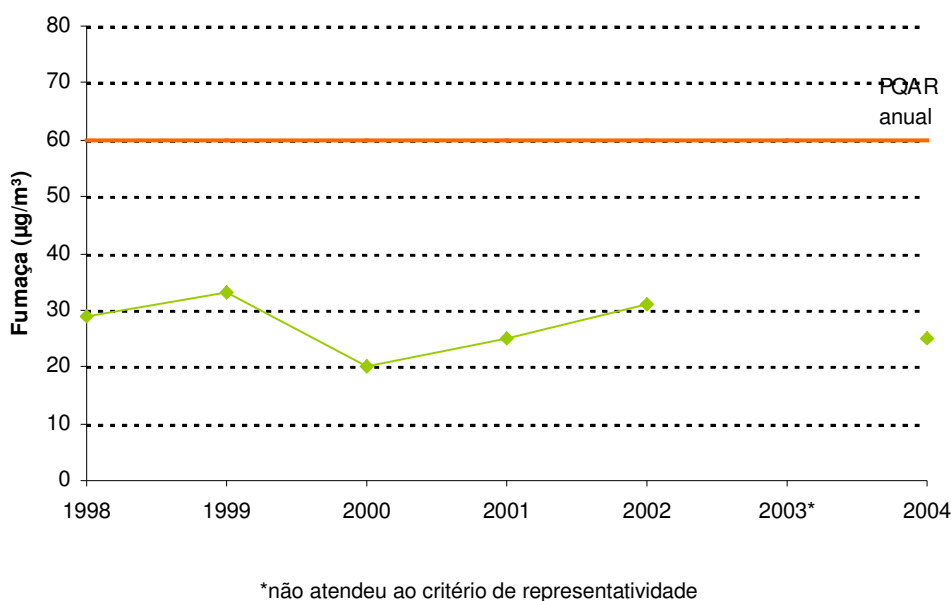


Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1998-2004)

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 ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$).

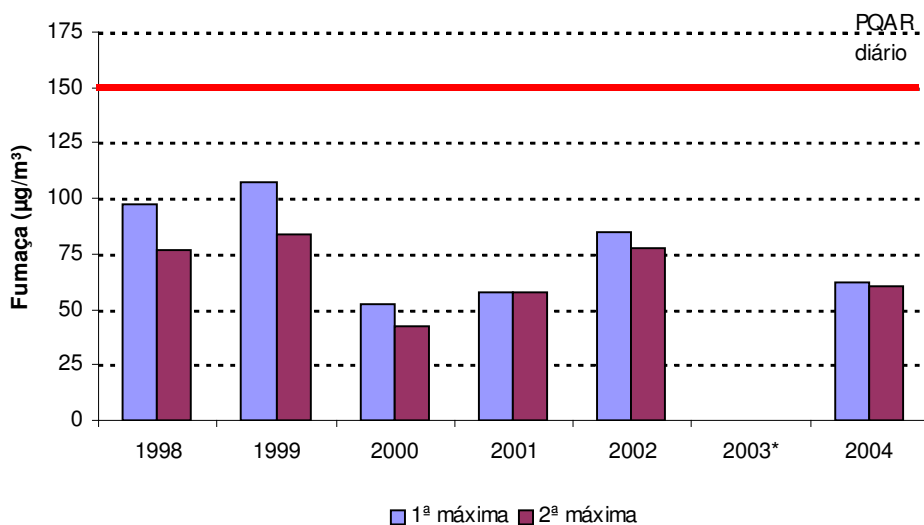


Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1998-2004)

A figura 9 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Foi observada uma pequena 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.

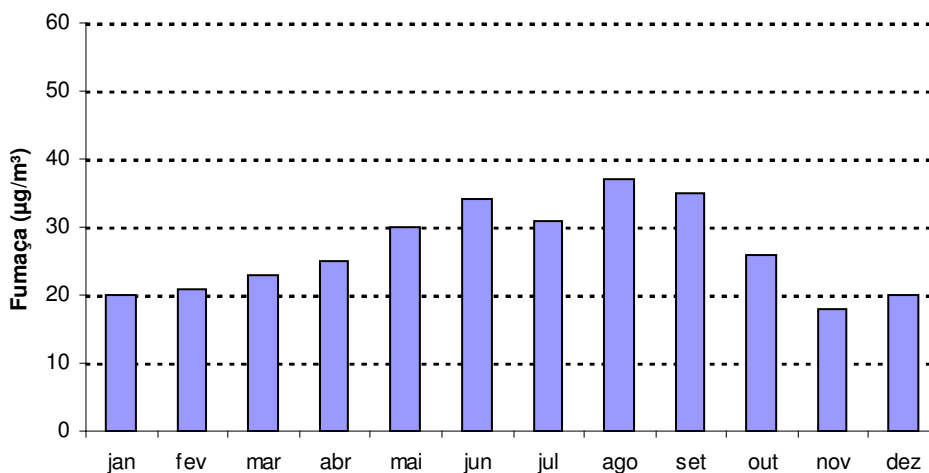


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1998-2004)

A figura 10 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações foram menores nos finais de semana, que pode estar associado à queda no fluxo de veículos.

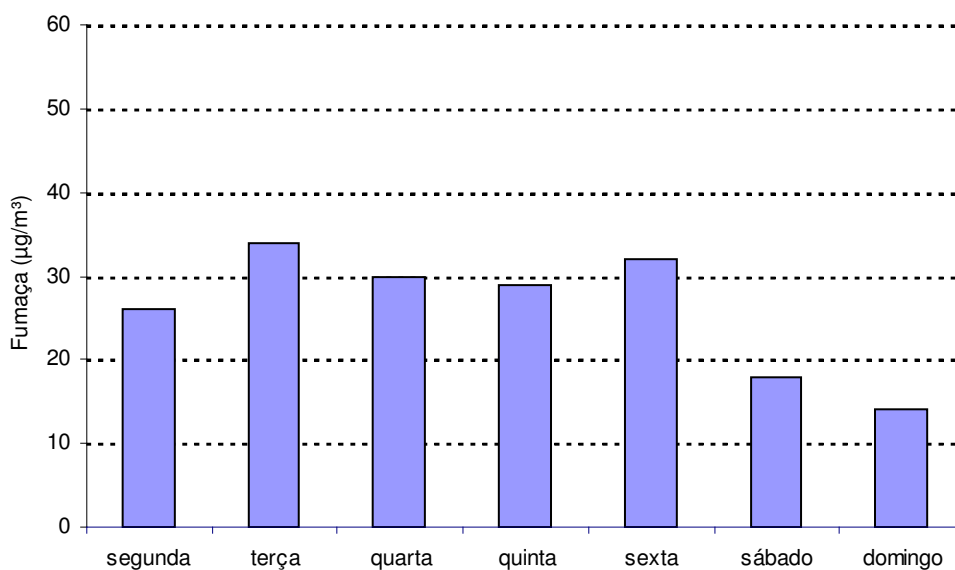


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1998-2004)

O parâmetro partículas inaláveis é definido como o material particulado cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10µm, podendo ser emitido por veículos automotores, processo de queima de biomassa, durante a operação de processos industriais, ressuspensão da poeira do solo, etc. Sendo assim, este parâmetro pode estar correlacionado com a fumaça. Foram feitas análises de correlação entre as concentrações de fumaça e as concentrações de partículas inaláveis medidas pela estação móvel, instalada no pátio do Hospital Pitangueiras, no período de maio/2001 a março/2002, onde foi observada uma baixa correlação entre essas variáveis (0,20).

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados de fumaça, observou-se que a estação apresentou o mesmo comportamento característico das demais estações de fumaça por dia da semana, porém as concentrações apresentaram pequena variação sazonal.

Em relação ao uso do solo e população exposta, a estação foi classificada como residencial.

9. CONCLUSÕES

Além dos obstáculos existentes atualmente, o local da estação de Jundiaí não é semelhante ao dos outros municípios da rede manual de fumaça, onde as estações estão localizadas em áreas centrais da cidade e com movimentação representativa de pedestres.

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. Em função de presença de obstáculos no entorno próximo da estação, não será realizada a classificação da escala de representatividade.

Seguindo esses critérios, recomenda-se que a Agência Ambiental de Jundiaí verifique a possibilidade de transferir a estação de fumaça para o Velório Municipal, situado à Av. Professor Luiz Rosa.

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.
- CETESB – Monitoramento da Qualidade do Ar em Jundiaí – 2002
- Jundiaí Home Page – Disponível em www.jundiai.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 Jundiaí – CBJ