



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 São Carlos**

maio/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 São Carlos	5
Figura 2 – Mapa de ruas do entorno da estação.....	6
Figura 3 – Vista da estação São Carlos – Face Norte.....	7
Figura 4 – Vista da estação São Carlos – Face Sul	7
Figura 5– Vista da estação São Carlos – Face Leste	8
Figura 6 - Vista da estação São Carlos – 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



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

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 Carlos.....	10
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2005.....	10
Tabela 5 – Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação São Carlos.....	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 São Carlos. 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

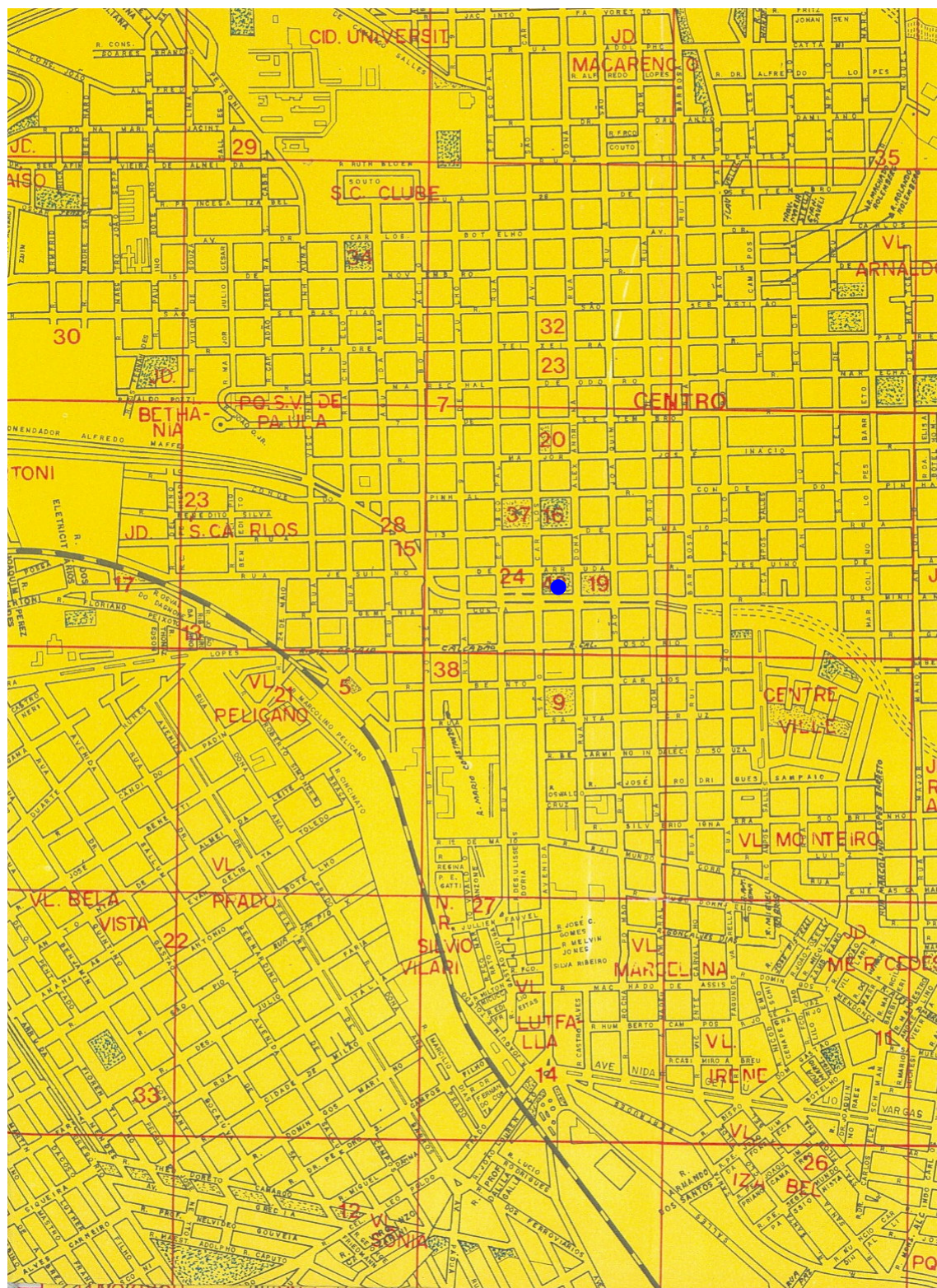
4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

4.1 Aspectos gerais

O município de São Carlos situa-se na região central do Estado de São Paulo, a uma distância de 233km a oeste da capital com área de 1.132km². Segundo o último censo, possui uma população em torno de 190.000 habitantes. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 65.000 veículos leves, 6.000 veículos pesados e 12.000 motocicletas.

A cidade localiza-se a uma altitude média de 856 metros com temperatura anual média de 19°C. 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, com amostragens realizadas por um período contínuo de 30 dias.



● Estação Manual

Figura 1 – Localização da estação São Carlos

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 22k0201650 – 7562124 e a altitude é de 810 metros.

A estação está localizada na Praça dos Voluntários da Pátria.

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



- **Estação manual**

Figura 2 – Mapa de ruas 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, o obstáculo mais próximo é uma árvore de, aproximadamente, 15 metros de altura que está localizada a 15 metros de distância. Ao fundo observa-se, a cerca de 50 metros, a Rua Jesuíno Arruda. Na face sul da estação (figura 4), o obstáculo mais próximo é uma árvore de, aproximadamente, 15 metros de altura que está localizada a 10 metros de distância. Ao fundo encontra-se o cruzamento da Rua Comendador Alfredo Maffei com a Avenida São Carlos.



Figura 3 – Vista da estação São Carlos – Face Norte



Figura 4 – Vista da estação São Carlos – Face Sul

Na figura 5, vista da face leste, os obstáculos mais próximos são árvores de, aproximadamente, 15 metros de altura que estão localizadas a 10 metros de distância. Ao fundo encontra-se a Rua Comendador Alfredo Maffei. Na face oeste (figura 6), não se observa nenhum obstáculo, mais ao fundo,

a cerca de 25 metros, encontra-se a Avenida São Carlos, via de maior movimento no entorno da estação.



Figura 5– Vista da estação São Carlos – Face Leste



Figura 6 - Vista da estação São Carlos – 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 Araraquara, 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 na Avenida São Carlos e Avenida Dona Alexandrina, esta mais distante da estação. 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 13h55 às 14h10 do dia 22/11/2006 e das 10h00 às 10h15 no dia seguinte (23/11/2006), 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, 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. 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 SÃO CARLOS

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Av. São Carlos	Veículos leves	13.211	4.120.000
	Veículos diesel	1.693	530.000
	Motocicletas	2.619	815.000
Rua Alexandrina	Veículos leves	13.726	4.300.000
	Veículos diesel	1.582	500.000
	Motocicletas	2.862	900.000

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).

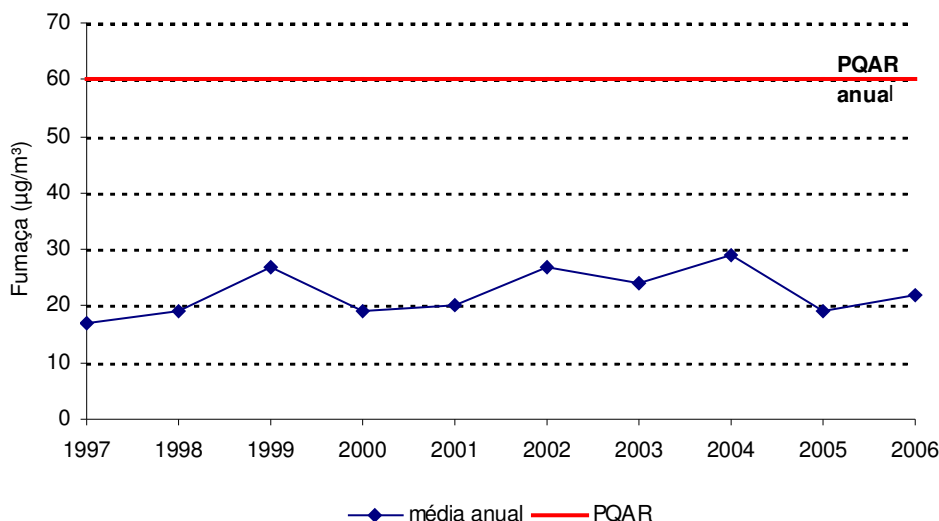
TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO SÃO CARLOS

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Av. São Carlos	Gasolina C	0,06
	Diesel	0,06
	Motocicletas	0,01
Rua Alexandrina	Gasolina C	0,07
	Diesel	0,06
	Motocicletas	0,01
TOTAL		0,27

* Fonte linear de 200 metros

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação São Carlos está instalada na Praça dos Voluntários da Pátria desde de 1986. 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 ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$). Observa-se que as concentrações de fumaça não apresentaram variações significativas de 2002 a 2004, mas apresentaram queda em 2005.



*não atendeu ao critério de representatividade

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

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 ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), no período de 1997 a 2006.

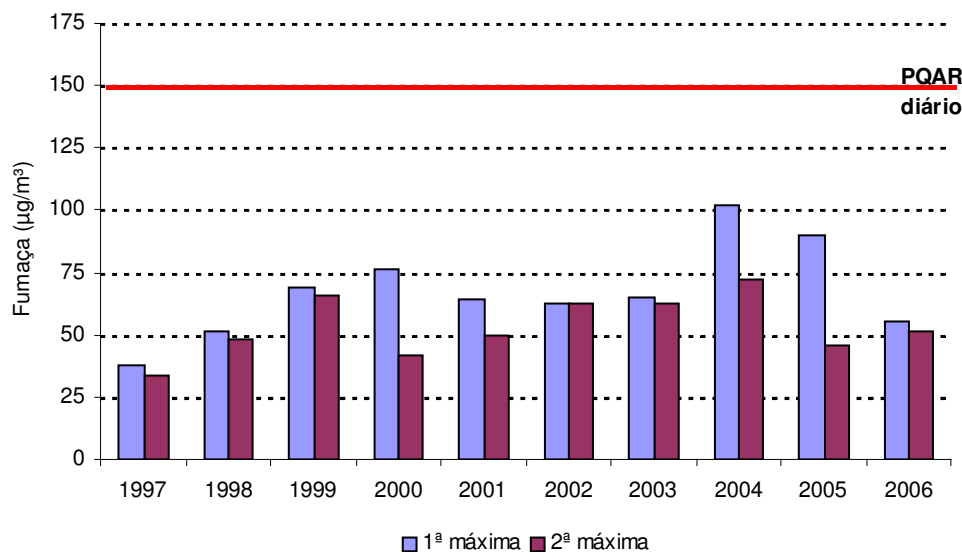


Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1997-2006)

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

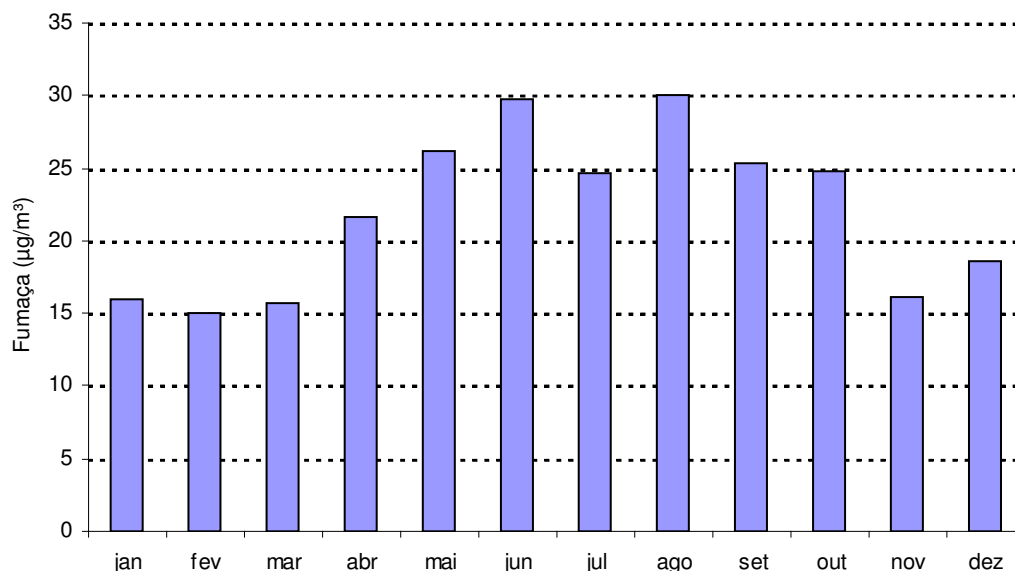


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1997-2006)

A figura 10 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que praticamente não houve variação entre as concentrações obtidas em dias úteis e o final de semana.

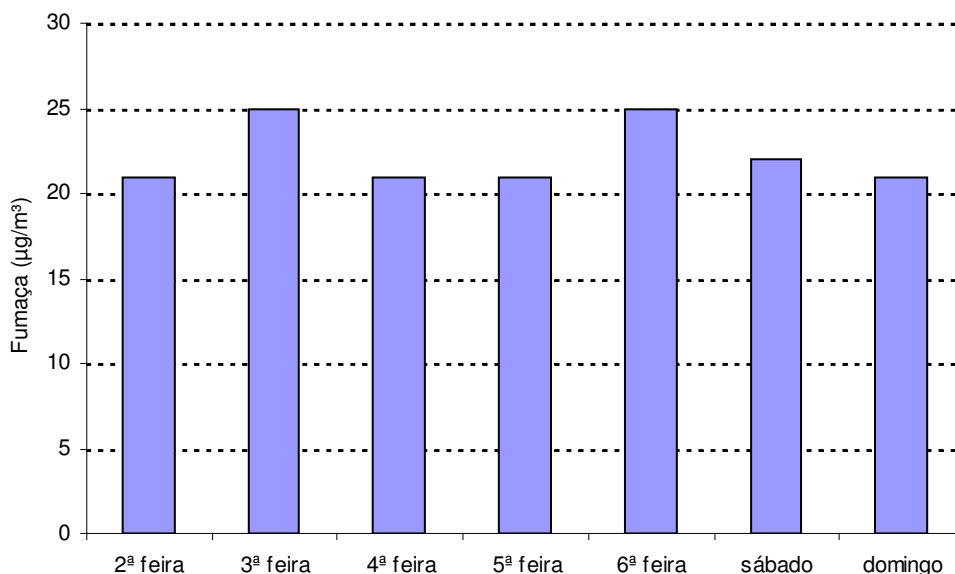


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1997-2006)

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a estação São Carlos, 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, principalmente, nos quadrantes norte-oeste e oeste-sul. Já nos quadrantes leste-sul e norte-leste a vegetação arbórea de grande porte existente pode interferir nos ventos provenientes destes quadrantes.

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 “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 Carlos foi classificada como comercial e de escala de bairro;
- as concentrações observadas entre 1997 e 2006, ficaram abaixo do padrão primário de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- a localização da estação atende aos objetivos propostos para a rede e, portanto, deve ser mantida na Praça Voluntários da Pátria.

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 Helena R. B. Martins - ETQA

Colaboração:

Agência Ambiental de Araraquara