

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 Piracicaba
– 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	9
7. Tendências de Qualidade do Ar	10
8. Conclusões e Recomendações	14
9. Bibliografia	14
10. Equipe de Trabalho	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da estação Piracicaba	5
Figura 2 – Mapa de localização do entorno da estação	6
Figura 3 – Vista da estação Piracicaba – Norte	7
Figura 4 – Vista da estação Piracicaba – Sul	7
Figura 5 - Vista da estação Piracicaba – Leste	8
Figura 6 – Vista da estação Piracicaba – Oeste	8
Figura 7 – Evolução das concentrações médias de fumaça em Piracicaba	11
Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça	11
Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (2000 a 2003)	12
Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (2000 a 2003)	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	4
Tabela 3 – Estimativa de tráfego de veículos leves e diesel no entorno da estação Piracicaba	9
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2003	10
Tabela 5 - Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Piracicaba	10

SUMÁRIO

A rede manual de monitoramento da qualidade do ar avalia as concentrações de fumaça em 17 municípios do Estado de São Paulo.

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. Este relatório apresenta os aspectos relacionados à estação do município de Piracicaba.

A estação, 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 onde há grande movimentação de pedestres e principalmente tráfego de veículos leves. Quanto à escala espacial de representatividade, o levantamento das principais fontes emissoras no entorno da estação, tanto fixas quanto veiculares, que estão localizadas num raio de 500 metros em torno da estação, indicou que ela é classificada como “média escala”.

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, redes manuais de material particulado (Fumaça, Partículas Totais em Suspensão – PTS, Partículas Inaláveis – MP₁₀, e Partículas Inaláveis Finas – MP_{2,5}).

A rede manual OPS/OMS mede os teores de dióxido de enxofre (SO₂) e fumaça na RMSP (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 Franca. 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 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

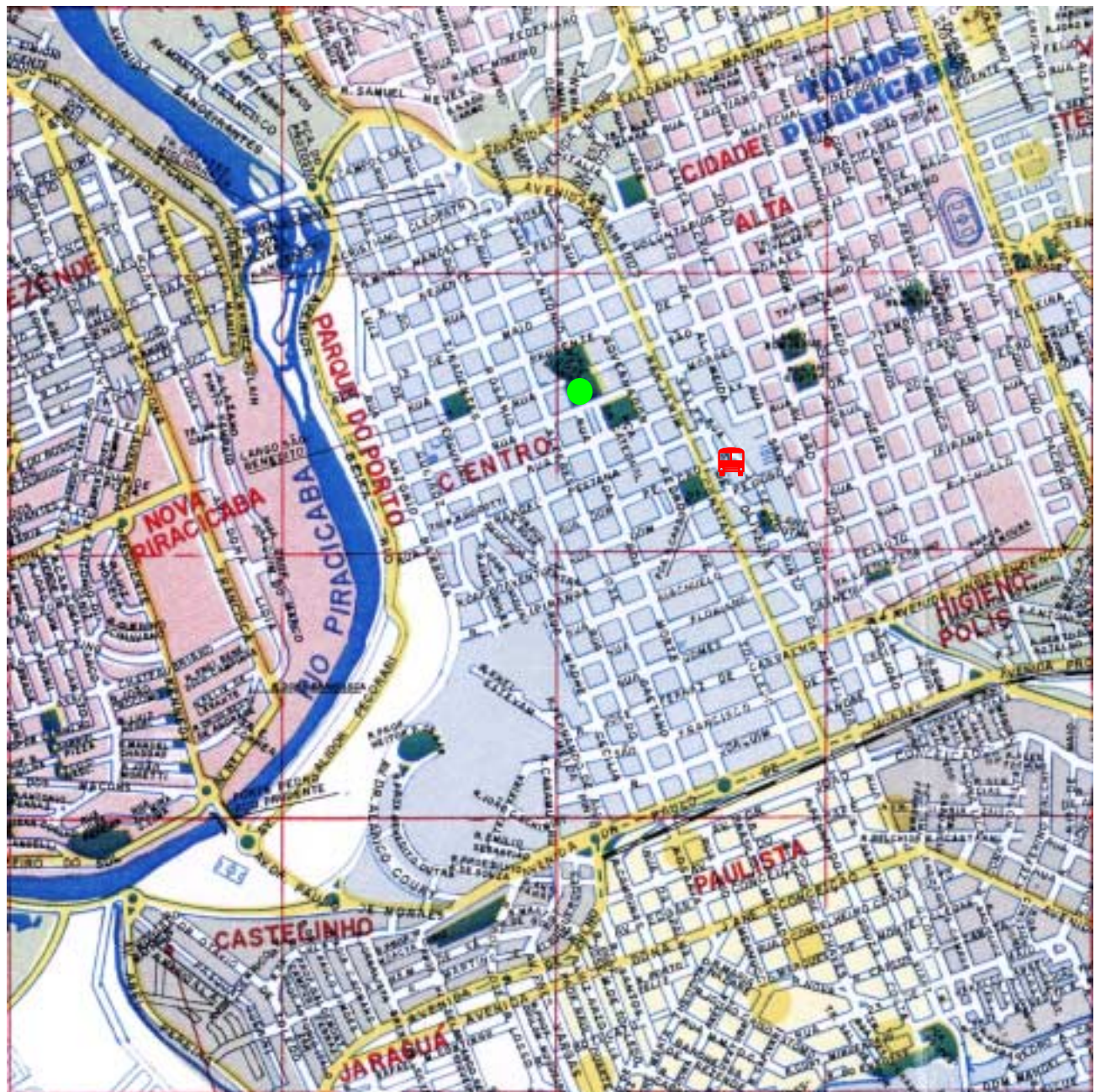
O município de Piracicaba, com uma área de 1353km², localiza-se a 160 quilômetros na região oeste da capital do Estado de São Paulo com uma população em torno de 330 mil habitantes, segundo o último censo.

A cidade possui altitude média de 554 metros e apresenta uma temperatura média das máximas em torno de 38°C e média das mínimas de 18°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.070mm. Os ventos predominantes são do quadrante leste-sul.

Piracicaba conta, atualmente, com 1.097 estabelecimentos industriais, dos quais 57 são de médio a grande porte. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 110.000 veículos leves, 13.000 veículos pesados e 26.000 motocicletas.

Segundo informações da Regional da Bacia do Piracicaba II, a região também é afetada pelas queimadas de palha de cana-de-açúcar.

A CETESB mantém na cidade de Piracicaba 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 dessa estação.





-  Estação manual
-  Terminal Rodoviário

Figura 1 – Mapa de localização da estação Piracicaba.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0227903 – 7484538, e a altitude é de 538 metros.

A estação Piracicaba está localizada numa região comercial, na Praça José Bonifácio. A figura 2 apresenta o mapa com as ruas do entorno da estação.



- Estação manual

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.

Na direção norte, apresentada na figura 3, verifica-se que o anteparo mais próximo da estação é o prédio do Banco Itaú, a 15 metros de distância e com 10 metros de altura. Na face sul da estação (figura 4), observa-se a 50 metros a Rua Moraes Barros. A sudeste da estação encontra-se também, a aproximadamente 370 metros, a Avenida Armando Sales Oliveira, via de tráfego intenso onde situa-se o terminal rodoviário.



Figura 3 – Vista da estação Piracicaba – Norte



Figura 4 – Vista da estação Piracicaba – Sul

Na figura 5, vista da face leste, observa-se que a estação está voltada para o interior da Praça José Bonifácio sendo que as árvores, obstáculos mais próximos nesta direção, encontram-se a 20 metros de distância com cerca de 10 metros de altura.

Na face oeste (figura 6), observa-se a 25 metros a esquina da Rua da Boa Morte com Moraes Barros (onde situa-se o Banco Sudameris), via de tráfego mais próxima à estação.



Figura 5 - Vista da estação Piracicaba – Leste



Figura 6 – Vista da estação Piracicaba – 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 Regional da Bacia do Piracicaba II, esta estação não possui fontes fixas significativas no seu entorno.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes nas proximidades da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam nas ruas da Boa Morte e Moraes Barros, no entorno da Praça José Bonifácio.

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, foram efetuadas duas contagens nesta praça, em função da direção do fluxo de veículos, no dia 22/06/04 (terça-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. A primeira contagem foi realizada de manhã, das 10h30 às 11h e outra no período da tarde, das 15h às 15h30, no mesmo ponto.

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 PIRACICABA

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Praça José Bonifácio	Veículos leves	9.163	2.850.000
	Veículos diesel	405	126.500
	Motocicletas	688	215.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, considerou-se os fatores de emissão de veículos em uso, na RMSP, em 2003, conforme tabela 4.

TABELA 4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2003

Tipo de veículo	Material Particulado g/km
Gasolina-C	0,08
Diesel	0,81
Motocicletas	0,05

Observa-se na tabela 5, que a estimativa total das emissões de fontes móveis é baixa no entorno da estação devido a pequena circulação de veículos.

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

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Praça José Bonifácio	Gasolina C	0,05
	Diesel	0,02
	Motocicletas	0,01
	Total	0,08

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Piracicaba opera desde 1999, no entanto, as análises de tendência de qualidade do ar foram feitas somente a partir de 2000, uma vez que 1999 não atendeu ao critério de representatividade dos dados. As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas no município de Piracicaba de 2000 a 2003 estão apresentadas na figura 7. Pode-se observar que as médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$), e nos quatro anos monitorados os valores médios não apresentaram variações significativas.

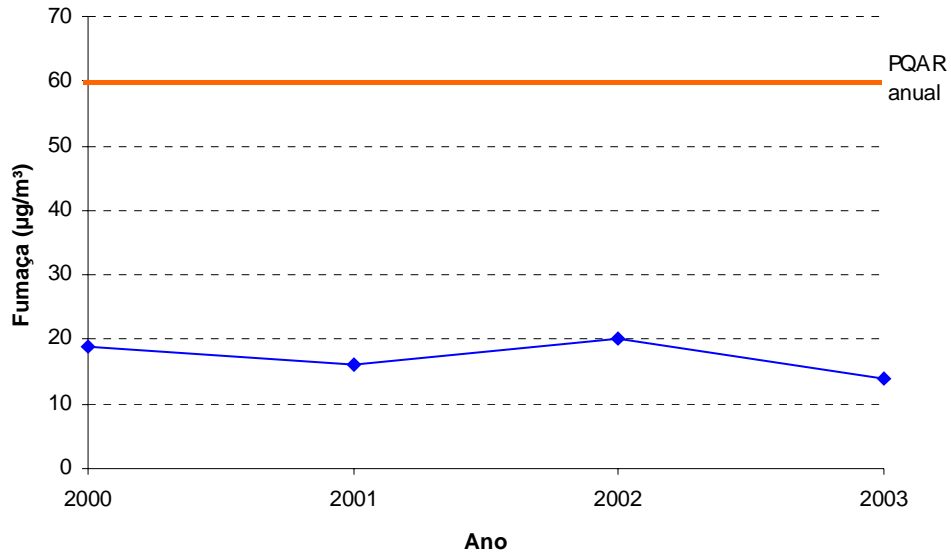


Figura 7 – Evolução das concentrações médias de fumaça em Piracicaba

Na figura 8 estão apresentadas as máximas concentrações diárias de fumaça, onde observou-se que também não houve ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$).

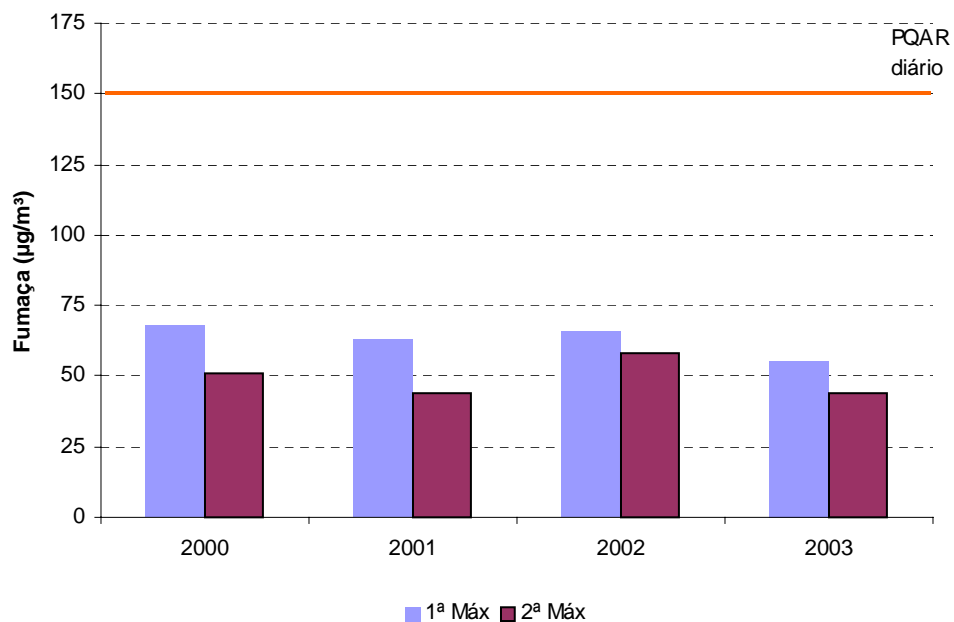


Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça

A figura 9 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Observou-se que os maiores valores ocorreram no período de inverno 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.

O período de maio/outubro também é a época da safra de cana-de-açúcar em toda região onde ocorre processo de queimada da palha de cana.

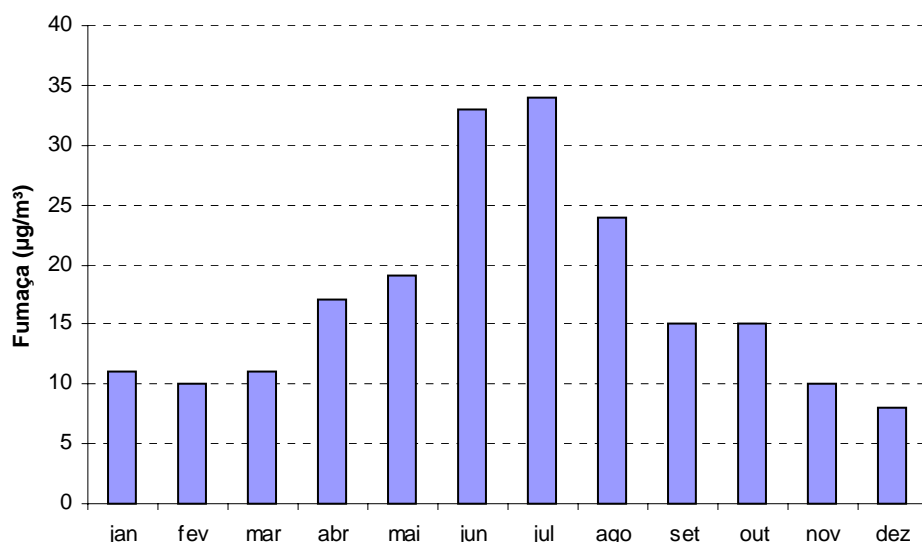


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (2000 a 2003)

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

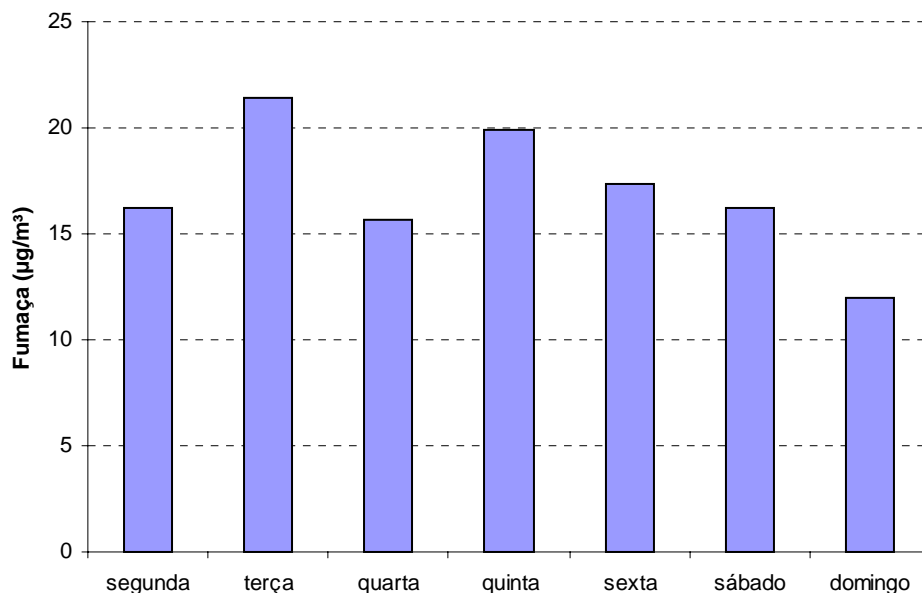


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (2000 a 2003)

Analisando-se os dados de fumaça, observou-se que a estação sofre a influência das fontes móveis do seu entorno, uma vez que o perfil das concentrações de fumaça por dia da semana mostrou concentrações menores aos domingos, quando ocorre significativa diminuição no volume de tráfego. Como a predominância dos ventos na região é proveniente do quadrante leste – sul, a estação sofre maior influência das fontes provenientes deste quadrante, dentre elas a Avenida Armando Sales Oliveira, via de tráfego intenso onde situa-se o Terminal Rodoviário. Assim, com relação à escala espacial de representatividade a estação é de “média escala”, que representa poucos quarteirões com características semelhantes a uma distância entre 100 e 500 metros.

A estação Piracicaba, de acordo com a classificação em relação ao uso do solo e população exposta, foi classificada como “comercial”, por localizar-se na região central da cidade onde há grande movimentação de pedestres e principalmente tráfego de veículos leves.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após as análises, conclui-se que:

- a estação Piracicaba foi classificada como comercial e de média-escala;
- as concentrações observadas ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar, tanto o de 24h ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- a estação Piracicaba está bem localizada e o monitoramento deve ser mantido na Praça José Bonifácio.

No início de agosto, segundo informações da Regional de Piracicaba, foi aberta via de acesso à praça pela Rua São José direcionando o fluxo de veículos para as Ruas Moraes Barros e Prudente de Moraes. Caso ocorram outras alterações significativas que modifiquem as características atuais da estação, o Setor de Amostragem e Análise do Ar deverá ser informado para o acompanhamento dos dados.

9. 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 – 2003.
- CETESB - Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – Estação São Caetano do Sul.
- Piracicaba Home Page – Disponível em www.ciagri.usp.br/piracicaba/viário_p

10. 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:

Regional da Bacia do Piracicaba II - CPc