

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 Ribeirão Preto
julho/2005**

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.....	8
7. Tendências da qualidade do ar.....	11
8. Partículas inaláveis.....	12
9. Resultados e discussão	13
10. Conclusões.....	14
11. Bibliografia.....	14
10. Equipe de trabalho.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da estação Ribeirão Preto	5
Figura 2 – Mapa de localização do entorno da estação	6
Figura 3 – Vista da estação Ribeirão Preto – Norte	7
Figura 4 – Vista da estação Ribeirão Preto – Sul.....	7
Figura 5 - Vista da estação Ribeirão Preto – Leste	8
Figura 6 – Vista da estação Ribeirão Preto– Oeste	8
Figura 7 – Concentrações médias de fumaça por mês (2004).....	11
Figura 8 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (2004)	12
Figura 9 – Concentrações diárias (amostra a cada seis dias) de fumaça e MP ₁₀ – 2004.....	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 de fumaça	4
tabela 3 – Estimativa de tráfego de veículos leves e diesel no entorno da estação Ribeirão Preto	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 Ribeirão Preto ...	10
tabela 6 – Resumo do monitoramento de fumaça - 2004.....	11
tabela 7 – Resumo do monitoramento de MP ₁₀	13

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 Ribeirão Preto.

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 e 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 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 Ribeirão Preto. 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. 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 (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 Ribeirão Preto situa-se no nordeste do Estado de São Paulo, a 313km da capital. Possui uma área de 651km², dos quais 274,08km² estão na área urbana. Está situado a uma altitude média de 518 metros. Segundo o último censo, possui uma população em torno de 500 mil habitantes. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 180.000 veículos leves, 17.000 veículos pesados e 55.000 motocicletas. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.430mm e umidade relativa do ar de 71%. A direção predominante do vento é proveniente do quadrante leste-sul.

Segundo informações da Agência Ambiental de Ribeirão Preto, a região é bastante afetada pelas queimadas de palha de cana-de-açúcar e pelas queimadas urbanas, provenientes da prática de atear fogo em terrenos baldios, em praças não urbanizadas e nos resíduos vegetais resultantes da poda de árvores e capina.

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. Neste mesmo local, existe ainda, o monitoramento de partículas inaláveis (MP₁₀). Na figura 1 observa-se a localização desta estação.



● Estação Manual

Figura 1 – Mapa de localização da estação Ribeirão Preto

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0207860 – 7656995 e a altitude é de 540 metros acima do nível médio do mar.

A estação está localizada na Rua Luiz Gama, altura do nº 150 – Campos Elíseos, próxima a Praça Amin Antonio Kalil. A figura 4 apresenta o mapa com as ruas do entorno da estação. Observa-se, que a estação está localizada no vale do Ribeirão Preto, porém apresenta topografia plana o que possibilita uma boa ventilação no local. Considerando que o vento predominante na região é proveniente do quadrante leste-sul, a estação sofre influência da área central da cidade, que está localizada nessa direção.



- 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. Observa-se que na mesma estação também está instalado um amostrador de partículas inaláveis (MP_{10}).

Na direção norte, apresentada na figura 3, encontra-se, a aproximadamente 10 metros, a Rua Luiz Gama, rua sem saída, onde circula somente tráfego local. Na face sul da estação (figura 4), observa-se a cerca de 50 metros a Praça Amin Antonio Kalil, rotatória onde se encontram as Avenidas Mal. Costa e Silva e Fábio Barreto, sendo esta última proveniente do centro da cidade, ambas com tráfego bastante intenso de veículos leves e pesados.



Figura 3 – Vista da estação Ribeirão Preto – Norte



Figura 4 – Vista da estação Ribeirão Preto – Sul

Na figura 5, vista da face leste, observa-se a Av. Mal. Costa e Silva, a cerca de 15 metros, via de tráfego intenso. Na face oeste (figura 6), observa-se novamente o final da Rua Luiz Gama.



Figura 5 - Vista da estação Ribeirão Preto – Leste



Figura 6 – Vista da estação Ribeirão Preto– 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 Ribeirão Preto, esta estação não possui fontes fixas significativas no seu entorno. A aproximadamente 300 metros a sudeste da estação está localizada a fábrica da AMBEV, mas que foi desativada em outubro de 2003.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes nas proximidades da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam na avenida Mal. Costa e Silva, nas proximidades da Praça Amin Antonio Kalil. 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, em frente à estação da CETESB, em função da direção do fluxo de veículos, no dia 28/01/04 (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. A contagem foi realizada de manhã, das 9h30 às 9h45.

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 RIBEIRÃO PRETO

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Av. Mal. Costa e Silva	Veículos leves	29.882	9.325.000
	Veículos diesel	4.048	1.265.000
	Motocicletas	6.264	1.955.000

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

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

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Av. Mal. Costa e Silva*	Gasolina C	0,15
	Diesel	0,20
	Motocicletas	0,02
Total		0,37

* fonte linear de 200m

7. TENDÊNCIAS DA QUALIDADE DO AR

A estação Ribeirão Preto ficou instalada de 1986 a 2002 na Praça 9 de Julho situada na Av. Bandeirantes com Av. Jerônimo Gonçalves, Centro. Em novembro de 2003 a estação foi transferida para o local atual, uma vez que ao lado do antigo local foram instalados pontos finais de ônibus tornando o local impróprio para o monitoramento, e acarretou um aumento considerável nas concentrações de fumaça, alterando a característica da estação. Assim, não é possível fazer uma análise de tendência de concentrações para os últimos anos. São apresentados somente os dados referentes ao monitoramento de 2004.

A tabela 6 apresenta um resumo do monitoramento realizado em 2004. Observa-se que as máximas concentrações de fumaça ficaram abaixo do padrão diário de qualidade do ar ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) e que a média anual também não ultrapassou o padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).

TABELA 6 – RESUMO DO MONITORAMENTO DE FUMAÇA - 2004

nº de dias	Média Aritmética $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximas 24h		Perc. 90	Nº de Ultrapassagens	
		1ª $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2ª $\mu\text{g}/\text{m}^3$		PQAR	AT
58	31	67	58	46	0	0

A figura 7 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Observou-se que os maiores valores ocorreram 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.

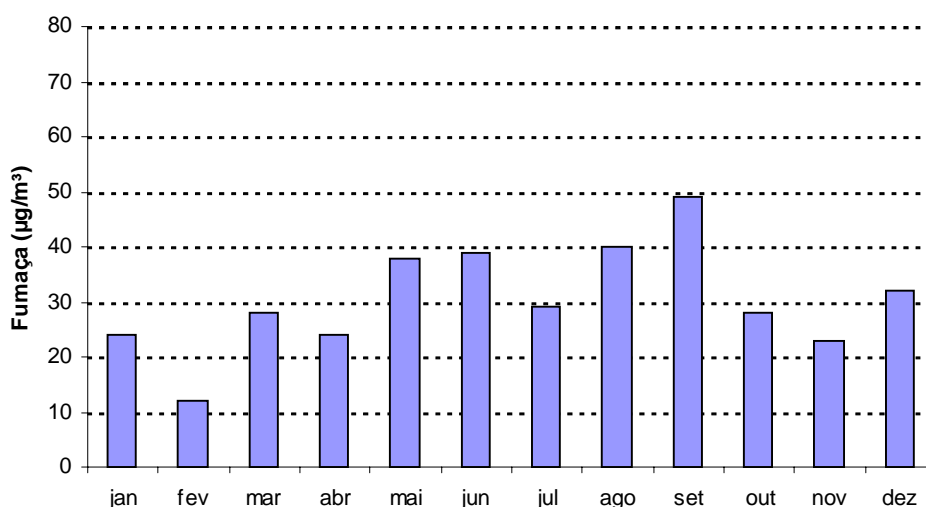


Figura 7 – Concentrações médias de fumaça por mês (2004)

A figura 8 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações foram menores nos finais de semana, provavelmente em função da queda no fluxo de veículos na região central da cidade, devido ao fechamento do comércio.

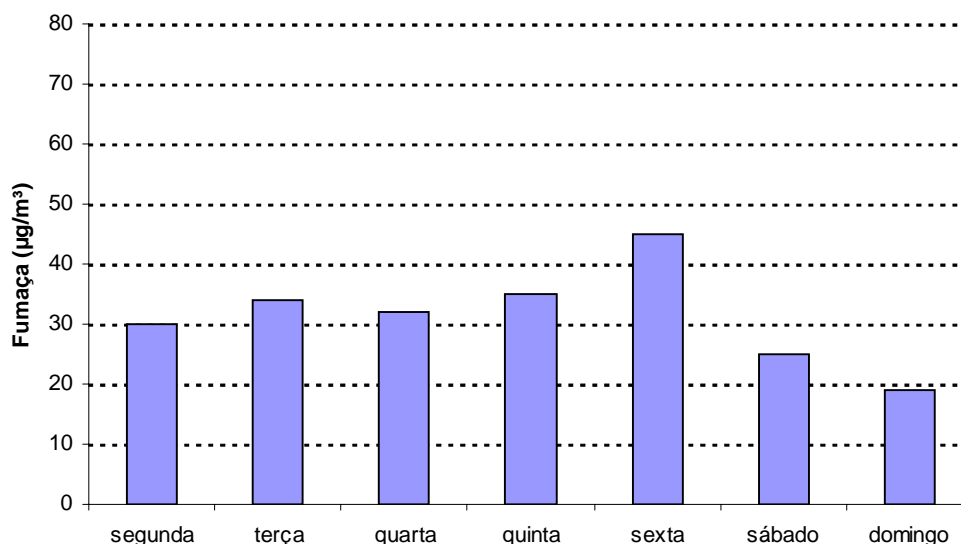


Figura 8 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (2004)

8. PARTÍCULAS INALÁVEIS

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.

As partículas inaláveis, além de criarem problemas de visibilidade e incômodo, estão associadas à problemas de saúde, incluindo riscos maiores de doenças cardíacas e pulmonares.

O monitor de partículas inaláveis (MP₁₀) opera desde outubro de 2003, no mesmo local do amostrador de fumaça.

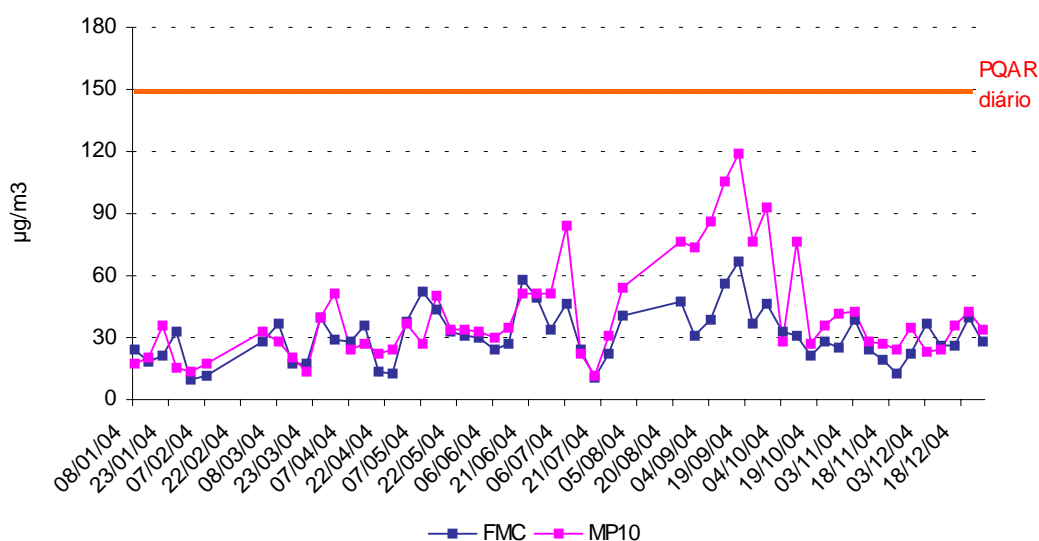
A tabela 7 apresenta um resumo do monitoramento realizado em 2004. Observa-se que as máximas concentrações de fumaça ficaram abaixo do padrão diário de qualidade do ar (150µg/m³) e que a média anual também não ultrapassou o padrão anual de qualidade do ar (60µg/m³).

TABELA 7 – RESUMO DO MONITORAMENTO DE MP₁₀

Ano	nº de dias	Média Aritmética µg/m³	Máximas 24h		Perc. 90	Nº de Ultrapassagens	
			1ª µg/m³	2ª µg/m³		PQAR	AT
2003	13	30*	91	50	47	0	0
2004	56	40	119	105	76	0	0

* não atendeu ao critério de representatividade

A figura 9 apresenta uma comparação entre os dados diários de fumaça e MP₁₀ medidos na estação Ribeirão Preto, referentes ao ano de 2004. Observa-se que as concentrações de MP₁₀ foram, em geral, maiores que as de fumaça, mas apresentaram uma variação sazonal semelhante, ou seja, a mesma tendência de aumento e/ou diminuição na concentração.


Figura 9 – Concentrações diárias (amostra a cada seis dias) de fumaça e MP₁₀ – 2004.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os dados de fumaça, observou-se que a estação sofre influência das fontes móveis do seu entorno, uma vez que o perfil das concentrações de fumaça por dia da semana mostrou concentrações menores aos sábados e domingos, quando ocorre significativa diminuição no volume de tráfego. A estação encontra-se ainda em local com boa ventilação e sujeita a influência dos ventos provenientes da direção central da cidade. Assim, com relação à escala espacial de representatividade a

estação pode ser classificada como de “média escala”, que representa poucos quarteirões com características semelhantes a uma distância entre 100 e 500 metros.

Embora a estação esteja localizada numa área onde não há grande movimentação de pedestres, pode ser classificada, em relação ao uso do solo e população exposta, como “comercial”, por localizar-se na região central da cidade.

10. CONCLUSÕES

Após as análises, conclui-se que:

- a estação Ribeirão Preto foi classificada como comercial e de média-escala;
- as concentrações de fumaça observadas ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar, tanto o de 24h ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Em função da medição de fumaça ser realizada no mesmo local da medição de partículas inaláveis (MP_{10}), cujo parâmetro também avalia o material particulado proveniente de processos de combustão, e que o MP_{10} apresenta maior média anual ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$), não é necessário o monitoramento de fumaça neste local.

11. 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.
- Ribeirão Preto Home Page – Disponível em www.ribeiraopreto.sp.gov.br

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:

Agência Ambiental de Ribeirão Preto – CAR