



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**Caracterização das estações de
Monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do Município de Salto**

janeiro/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.....	9
7. Tendências de qualidade do ar.....	11
8. Resultados e discussão	13
9. Conclusões.....	13
10. Bibliografia	13
11. Equipe de trabalho.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da estação Salto	5
Figura 2 – Mapa de localização do entorno da estação	6
Figura 3 – Vista da estação Salto – Norte.....	7
Figura 4 – Vista da estação Salto – Sul	7
Figura 5– Vista da estação Salto – Leste.....	8
Figura 6 - Vista da estação Salto – Oeste.....	8
Figura 7 – Concentrações médias de fumaça por mês (1999-2004).....	12
Figura 8 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1999-2004)	12

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 Salto	10
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004	10
Tabela 5 – Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Salto.....	10
Tabela 6 – Resumo do monitoramento de fumaça -1999.....	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 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 Salto. 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.

Para locais onde predominam as fontes móveis, a EPA adota critérios relacionando o número de veículos diário com a distância da via de tráfego mais próxima (40 Code Federal Register – Pt. 58 – pg. 178).

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 Salto situa-se na região sudeste do Estado de São Paulo, distante 100km a oeste da capital possuindo uma área de 160km². Segundo o censo de 2000, possui uma população em torno de 93 mil habitantes. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 23.000 veículos leves, 2.000 veículos pesados e 4.000 motocicletas.

A cidade possui altitude média de 512 metros e apresenta temperatura média anual de 18º a 20ºC. Os ventos predominantes são do quadrante leste-sul.

Salto conta com diversos pontos turísticos, o que levou o Governo do Estado a transformá-la em Estância Turística, conforme de Lei nº 10.360, de 2 de setembro de 1999. A cidade conta também com empresas de grande e médio porte.

A CETESB mantém na cidade uma estação de monitoramento de fumaça, sendo que as amostragens de fumaça 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.



Figura 3 – Vista da estação Salto – Norte



Figura 4 – Vista da estação Salto – Sul

Na figura 5, vista da face leste, não se observa nenhum obstáculo. Ao fundo observa-se a Rua Rio Branco distante cerca de 30 metros da estação. Na face oeste (figura 6), a estação está voltada para a quadra poli-esportiva no interior da Casa do Parque, no entanto esta não interfere na captação da fumaça.



Figura 5– Vista da estação Salto – Leste



Figura 6 - Vista da estação Salto – 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, as fontes fixas mais representativas estão localizadas na indústria Eucatex, a aproximadamente 1000 metros a leste da estação. Esta indústria operava com quatro caldeiras a óleo e outras três pequenas a cavaco e pó, que foram desativadas há, aproximadamente, um ano. Hoje, estão em operação duas caldeiras com capacidade de 50 ton./h, que utilizam chapas e fibras de madeira como combustível. Essas caldeiras geram, principalmente, material particulado, CO e NO_x. Existe ainda outra caldeira, operando com gás natural, que é ativada somente quando necessária.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes nas proximidades da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam nas ruas Rio Branco e Floriano Peixoto. 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 contagens nestas ruas próximas à estação da CETESB, em função da direção do fluxo de veículos, no dia 03/08/2005 (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 11h15 às 11h30 e outra à tarde, das 13h às 13h15.

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 SALTO

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Rua Rio Branco	Veículos leves	1.619	505.000
	Veículos diesel	221	70.000
	Motocicletas	189	60.000
Rua Floriano Peixoto	Veículos leves	2.944	920.000
	Veículos diesel	258	80.000
	Motocicletas	459	145.000

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 SALTO

LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Rua Rio Branco*	Gasolina C	0,008
	Diesel	0,009
	Motocicletas	0,001
Rua Floriano Peixoto*	Gasolina C	0,015
	Diesel	0,010
	Motocicletas	0,001
TOTAL		0,044

* Fonte linear 200m

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Salto opera desde janeiro de 1999, na Rua Prudente de Moraes, 580 – Pátio da Casa do Parque. Esta estação foi instalada para avaliar o impacto das emissões atmosféricas provenientes da indústria Eucatex, principal fonte de emissão de poluentes atmosféricos no município.

Para o cálculo da média aritmética anual dos poluentes, utiliza-se o critério de representatividade dos dados, isto é, dentro de um determinado período a estação deve apresentar um número suficiente de amostras. Na estação Salto, somente o ano de 1999 atendeu a este critério. Sendo assim, não é possível afirmar, atualmente, qual é a tendência deste poluente no município.

Até março de 2005, a operação da estação era feita pelo Setor de Laboratório de Campinas, a partir de então, a estação passou a ser operada pela Agência Ambiental de Jundiáí.

A tabela 6 apresenta um resumo do monitoramento realizado em 1999. 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 nem o padrão primário anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$), nem o secundário ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$), foram ultrapassados

TABELA 6 – RESUMO DO MONITORAMENTO DE FUMAÇA -1999

nº de dias	Média Aritmét. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximas 24h		Perc. 90	Nº de Ultrapassagens	
		1ª $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2ª $\mu\text{g}/\text{m}^3$		PQAR	AT
42	24	82	59	49	0	0

Foram feitas somente as análises da distribuição das concentrações de fumaça por mês e por dia da semana, independente da variação do número de amostras no período, entretanto, como a distribuição não foi homogênea ao longo do tempo, os resultados podem apresentar alguma distorção.

A figura 7 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. Destaca-se, na figura 7, o baixo número de amostragens realizadas por mês. Nos meses de julho, no período de 1999 a 2004, o maior número de amostragens foi de 22 quando deveriam ter sido realizadas um total de 30 amostragens.

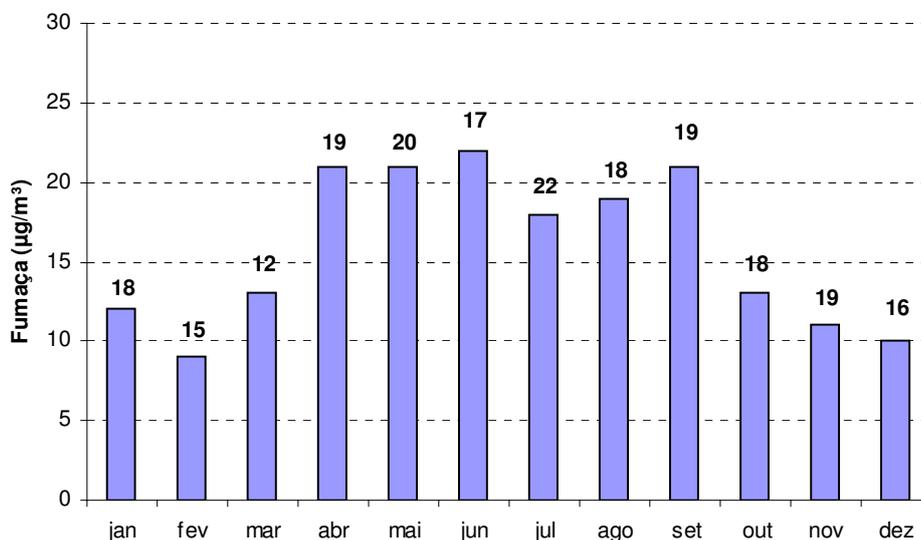


Figura 7 – Concentrações médias de fumaça por mês (1999-2004)

Obs.: Os números em cima de cada mês referem-se ao número de amostras no período.

A figura 8 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações médias foram semelhantes em todos os dias da semana, exceto domingo.

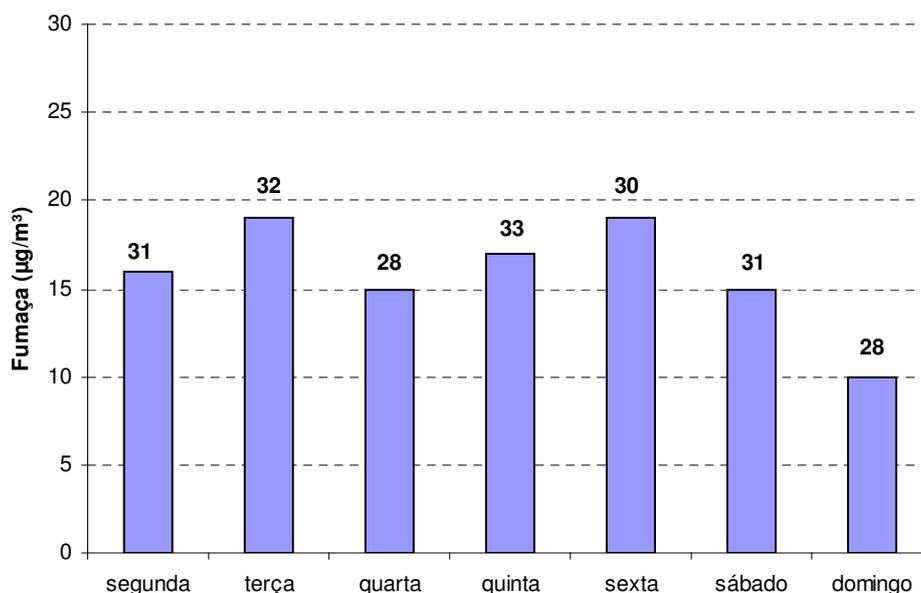


Figura 8 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1999-2004)

Obs.: Os números em cima de cada mês referem-se ao número de amostras no período.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a estação Salto, 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. Neste quadrante está localizada a Eucatex, principal indústria da região, ainda sem estimativa de emissão, segundo informações da Agência Ambiental de Jundiaí. Apesar das fontes móveis não serem a única fonte da região, o fluxo diário de veículos (5.700 veículos/dia), e a distância da estação (30 metros) 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 Salto foi classificada como comercial e de “escala de bairro”;
- as concentrações de fumaça observadas, em 1999, ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- embora no passado a coleta de dados tenha sido irregular, a partir de março de 2005, quando a operação foi transferida para a Agência Ambiental de Jundiaí, a amostragem foi regularizada;
- a estação Salto está bem localizada e, em função da existência de uma indústria de grande porte como a Eucatex, o monitoramento deve ser mantido no Pátio da Casa do Parque.

10. BIBLIOGRAFIA

- United States Environmental Agency (US-EPA): Code of Federal Regulation, 40 – Pt.58 – Ambient 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.
- Salto Home Page – Disponível em www.salto.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