

**DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE  
AMBIENTAL  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DO AR  
DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR**

**Caracterização das Estações da Rede  
Automática de Monitoramento da  
Qualidade do Ar na RMSP  
Estação Congonhas**

**Setembro – 2004**

## Índice Geral

Sumário .....	10
1. Introdução.....	11
2. Classificação de Estações de Monitoramento – Aspectos Teóricos.....	13
3. Metodologia .....	15
3.1. Características da Estação.....	15
3.2. Avaliação da Qualidade do Ar .....	15
3.3. Microinventário de Fontes .....	16
3.4. Influência das Condições Meteorológicas .....	18
4. Caracterização das Estações da Rede Automática.....	18
4.1. Estação Congonhas .....	20
4.1.1. Características da Estação.....	20
Condições Locais .....	21
4.1.2. Tendências da Qualidade do Ar .....	25
Monóxido de Carbono - CO .....	25
Monóxido de Nitrogênio - NO .....	26
Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub> .....	26
Ozônio - O <sub>3</sub> .....	27
Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub> .....	28
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) .....	28
4.1.3. Microinventário de Fontes.....	30
Fontes Fixas .....	32
Fontes Móveis .....	32
4.1.4. Influência das Condições Meteorológicas .....	34
Monóxido de Carbono – CO .....	38
Episódios de alta concentração .....	41
Monóxido de Nitrogênio – NO.....	44

Episódios de alta concentração .....	47
Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub> .....	48
Episódios de alta concentração .....	51
Ozônio – O <sub>3</sub> .....	53
Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub> .....	55
Episódios de alta concentração .....	57
Partículas Inaláveis - MP <sub>10</sub> .....	59
Episódios de alta concentração .....	61
4.1.5. Conclusões .....	64
Qualidade do Ar .....	64
Escala de Representatividade .....	64
Uso do Solo .....	64
População Exposta .....	64
Parâmetros Monitorados.....	65
Recomendações.....	65
5. Bibliografia .....	66
6. Equipe de Trabalho .....	66
7. Colaboração .....	66

### **Índice de Figuras**

Figura 1 - Quadrantes considerados para localização das fontes e direção do vento.....	17
Figura 2 – Localização das estações da rede automática na RMSP.....	19
Figura 3 - Mapa de localização da estação Congonhas - fonte Cartoplam Editora – ( <a href="http://www.cartoplam.com.br">www.cartoplam.com.br</a> ) .....	22
Figura 4 - Vista da estação Congonhas .....	23
Figura 5 – Imagem-Nata <sup>6</sup> do entorno da estação Congonhas com raio de 400m.....	23
Figura 6 - Vistas do entorno da estação Congonhas.....	24

Figura 7 - CO - Médias das máximas (médias de 8 horas) .....	25
Figura 8 - CO - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2002.....	25
Figura 9 - NO - Médias anuais no período das 07 às 11 horas .....	26
Figura 10 - NO <sub>2</sub> - Médias aritméticas anuais .....	26
Figura 11 - NO <sub>2</sub> - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2002.....	27
Figura 12 - O <sub>3</sub> - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 1999.....	27
Figura 13 - O <sub>3</sub> - Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1997 a 1999.....	28
Figura 14 - SO <sub>2</sub> - Médias aritméticas anuais de SO <sub>2</sub> .....	28
Figura 15 - MP <sub>10</sub> - Médias aritméticas anuais.....	29
Figura 16 - MP <sub>10</sub> - Dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção .....	29
Figura 17 - MP <sub>10</sub> - Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1997 a 2002.....	30
Figura 18 - MP <sub>10</sub> - Médias mensais no período de 1997 a 2002 .....	30
Figura 19 – Imagem ilustrando as principais fontes de emissão no entorno da estação Congonhas, e os setores em que estão localizadas .....	31
Figura 20 - Rosa de ventos do radar acústico (50m) na estação Ibirapuera para os anos 1999 a 2002. ....	35
Figura 21 - Rosas de ventos do radar Acústico (50m) na estação Ibirapuera para os anos 1999 a 2002. Madrugada (a), manhã (b), tarde (c) e noite (d). ....	36
Figura 22 - CO - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002 .....	38
Figura 23 - CO - Distribuição das médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002 .....	39
Figura 24 - CO - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	39
Figura 25 - CO - Médias e freqüência de ocorrência (horas) nos períodos das 6h às 16h e das 17h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos medidos a 50m da superfície no período de 1999 a 2002.....	40

Figura 26 - CO - Médias horárias e móveis de 8 horas nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 13 e 14/06/2002 .....	42
Figura 27 - CO - Médias horárias e móveis de 8 horas nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 29 e 30/05/2002 .....	44
Figura 28 - NO - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002 .....	44
Figura 29 - NO – Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002.	45
Figura 30 - NO - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	45
Figura 31 - NO - Médias e frequência de ocorrência (horas) nos períodos das 5h às 13h e das 14h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1999 a 2002.....	46
Figura 32 - NO - Médias no período das 24h às 4h em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1999 a 2002 .....	47
Figura 33 - NO - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 05, 06 e 07/06/2002 .....	48
Figura 34 - NO <sub>2</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002.....	49
Figura 35 - NO <sub>2</sub> - Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	49
Figura 36 - NO <sub>2</sub> - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	49
Figura 37 - NO <sub>2</sub> - Médias e frequência de ocorrência nos períodos das 5h às 13h e das 14h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2002 .....	50
Figura 38 - NO - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 13 e 14/06/2002 .....	52
Figura 39 - NO <sub>2</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 09, 10 e 11/10/2002 .....	53
Figura 40 - O <sub>3</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2001.....	53
Figura 41 - O <sub>3</sub> - Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002...	54
Figura 42 - O <sub>3</sub> - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	54

Figura 43 - SO <sub>2</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002.....	55
Figura 44 - SO <sub>2</sub> - Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	55
Figura 45 - SO <sub>2</sub> - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	56
Figura 46 - SO <sub>2</sub> - Médias e frequência de ocorrência nos períodos das 7h às 20h e das 21h às 6h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2002 .....	56
Figura 47 - SO <sub>2</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para o dia 23, 24 e 25/04/2002 .....	58
Figura 48 - SO <sub>2</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para o dia 19, 20 e 21/11/2002 .....	59
Figura 49 - MP <sub>10</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002.....	59
Figura 50 - MP <sub>10</sub> - Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	60
Figura 51 - MP <sub>10</sub> - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002.....	60
Figura 52 - MP <sub>10</sub> - Médias e frequência de ocorrência nos períodos das 6h às 18h e das 19h às 5h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2002 .....	61
Figura 53 - MP <sub>10</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 31/12/2001 e 01/01/2002 .....	62
Figura 54 - Médias horárias de MP <sub>10</sub> nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 27 e 28/02/2002 e 01/03/2002 .....	63

### **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Classificação das estações em termos de uso do solo e população exposta.....	13
Tabela 2 - Classificação das estações em termos de representatividade das estações .....	14
Tabela 3 - Configuração atual da rede automática – RMSF.....	20
Tabela 4 - Parâmetros monitorados .....	21
Tabela 5 - Estimativa de tráfego de veículos leves, diesel e motos nas avenidas Bandeirantes e corredor Moreira Guimarães/Washington Luiz. ....	33

Tabela 6 - Fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2003 .....	33
Tabela 7 - Emissões de fontes móveis.....	34
Tabela 8 - Frequência do vento do radar acústico (50m) na estação Ibirapuera em cada quadrante ao longo do dia (1999 a 2002) .....	35
Tabela 9 - Dados de concentração de CO na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 13 e 14/06/2002.....	42
Tabela 10 - Dados de concentração de CO na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 29 e 30/05/2002.....	43
Tabela 11 - Dados de concentração de NO na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 05, 06 e 07/06/2002 .....	47
Tabela 12 - Dados de concentração de NO <sub>2</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 13 e 14/06/2002 .....	51
Tabela 13 - Dados de concentração de NO <sub>2</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 09, 10 e 11/10/2002 .....	52
Tabela 14 - Dados de concentração de SO <sub>2</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 23, 24 e 25/04/2002.....	57
Tabela 15 - Dados de concentração de SO <sub>2</sub> na estação Congonhas e ventos registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 19, 20 e 21/11/2002 .....	58
Tabela 16 - Dados de concentração de MP <sub>10</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 31/12/2001 e 01/01/2002.....	62
Tabela 17 - Dados de concentração de MP <sub>10</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 27 e 28/02/2002 e 01/03/2002.....	63

## **Sumário**

Este relatório é parte de um estudo para classificação das estações em termos de área de abrangência, tipos principais de fontes e população exposta. Um dos objetivos principais desse estudo é garantir uma rede otimizada e que avalie de maneira abrangente os diversos aspectos da poluição do ar na região. Aqui, fez-se um levantamento detalhado das condições físicas e características da estação Congonhas, da rede automática de monitoramento da qualidade do ar.

As informações levantadas foram divididas em vários itens: a) características locais da estação, onde informa-se a localização geográfica, monitores, condições do entorno da estação etc.; b) avaliação da qualidade do ar, onde apresenta-se uma evolução da qualidade do ar ao longo dos anos; c) microinventário de fontes, onde registrou-se as principais fontes de emissão que afetam as concentrações medidas na estação em um raio de 2km; d) influência das condições meteorológicas, onde apresenta-se uma comparação entre as concentrações de poluentes e as variáveis meteorológicas, tanto em termos médios quanto episódicos.

As análises mostraram que a qualidade do ar observada é influenciada sobretudo pelas fontes veiculares próximas, indicando ser portanto, em termos de representatividade espacial, uma estação de microescala.



## 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, o monitoramento no Estado de São Paulo (RMSP) é realizado por uma rede automática, duas redes manuais e uma rede de monitores passivos.

A primeira rede manual (rede OPS/OMS) instalada mede os teores de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e fumaça (FMC) na RMSP (desde 1973) e interior (desde 1986). Os níveis de fumaça continuam sendo medidos pelo mesmo método até os dias de hoje, enquanto os monitores de SO<sub>2</sub> foram, no interior do Estado, substituídos por monitores passivos. Uma segunda rede mede partículas totais em suspensão (PTS) desde 1983 na RMSP e Cubatão.

A rede automática é composta por analisadores automáticos, instalados em estações remotas e interligados a uma central de recepção e processamento de dados, operando desde 1981 na RMSP e Cubatão. Atualmente, possui 29 estações fixas de amostragem e duas estações móveis. Pode-se destacar a renovação dessa rede automática ocorrida em 1996 e a instalação de estações no interior do Estado a partir de 2000.

A rede de estações automáticas da RMSP, projetada no final da década de 70 e implantada no início dos anos 80, atende à maior parte dos objetivos típicos de uma rede local automática de avaliação da qualidade do ar para efeito de gestão da poluição do ar como um todo, dentre os quais podemos citar:

- criar uma base científica para o desenvolvimento e priorização de ações de controle;
- avaliar se os níveis de poluição estão atendendo aos padrões legais;
- avaliar a eficácia de ações de controle;
- avaliar as tendências da qualidade do ar, permitindo inclusive identificar futuros problemas de poluição do ar;
- avaliar os níveis de poluição aos quais a população está exposta e fornecer subsídios para a avaliação dos efeitos da poluição sobre a saúde;
- informar a população sobre os níveis de poluição do ar;
- fornecer informações para o gerenciamento da qualidade do ar, em termos de planejamento de tráfego e uso do solo;
- identificar as principais fontes poluidoras;
- avaliar o impacto de determinadas fontes;
- identificar a influência sobre os ecossistemas em geral;

- criar subsídios para o desenvolvimento e validação de ferramentas de gestão atmosférica (modelos de qualidade do ar, sistemas de informações geográficas etc.).

Do ponto de vista dos níveis de concentração dos poluentes e para que a rede de monitoramento atenda aos objetivos em termos de gestão da poluição atmosférica, citados anteriormente, é importante que a rede de monitoramento forneça:

- os mais altos níveis de concentração de poluentes esperados para a área de abrangência da rede;
- as concentrações representativas das áreas de maior densidade populacional;
- o impacto da poluição no meio ambiente devido a determinadas fontes ou grupos de fontes;
- os níveis médios de concentração de poluentes na atmosfera para a região.

Esses níveis de concentração podem ser considerados então como necessidades de monitoramento contínuo. Uma rede de monitoramento é formada por diversas estações, e cada uma delas atende a um determinado objetivo prioritário de monitoramento. Embora uma estação possa atender a mais de um objetivo simultaneamente, isso nem sempre é possível. Assim, uma rede de monitoramento da qualidade do ar bem dimensionada consiste de um grupo de estações onde diferentes estações respondem a diferentes necessidades de avaliação.

O objetivo deste trabalho é basicamente o de classificar cada uma das estações das redes de monitoramento da CETESB, especialmente as da rede automática, garantindo assim o atendimento aos objetivos da rede de monitoramento da qualidade do ar. Este trabalho pretende também identificar as principais informações necessárias à adequada classificação das estações, e assim servir de base para criação de um mecanismo de atualização constante das informações

A visão geral da rede de monitoramento servirá como instrumento também para:

- planejamento e otimização da rede em termos do número de estações e monitores utilizados. Em outras palavras, espera-se dispor de informações que permitam identificar quantas e quais estações devem monitorar determinado poluente, ou seja, orientar uma distribuição otimizada dos equipamentos existentes e a aquisição de novos equipamentos;
- auxílio no controle de qualidade e validação dos dados de qualidade do ar. O conhecimento prévio das condições das estações irá facilitar a identificação de erros e inconsistências nos dados gerados;

- melhoria na divulgação. A identificação das áreas de abrangência das estações permitirá a divulgação mais precisa das condições da qualidade do ar, tanto para a população em geral, quanto como suporte aos trabalhos a serem desenvolvidos e que utilizam os dados da rede;
- avaliação do grau de transformação e de uso do solo.

Embora o trabalho seja de avaliação da rede de monitoramento da RMSP como um todo, este relatório apresenta, além de uma parte teórica, os aspectos relacionados somente à estação **Congonhas**, que estão apresentados a partir do item 4. Posteriormente, as informações aqui apresentadas serão incorporadas a um documento final contendo a análise de todas as estações e da rede como um todo.

## 2. Classificação de Estações de Monitoramento – Aspectos Teóricos

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 termos:

- das fontes que a estão influenciando;
- da população que está exposta àquelas concentrações;
- da área de abrangência da estação.

Existem várias classificações utilizadas em diversas redes de monitoramento no mundo inteiro, mas todas elas fornecem informações similares. Utilizaremos neste trabalho uma classificação adaptada principalmente das classificações da USEPA<sup>(1)</sup> (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) e OMS<sup>(2)</sup> (Organização Mundial da Saúde).

A classificação baseada em termos do uso do solo e população exposta está apresentada na tabela 1.

**Tabela 1 – Classificação das estações em termos de 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, localizada não próximo 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).

É importante esclarecer que no caso da rede de monitoramento automático da CETESB, não há estações com objetivo de avaliar concentrações em áreas rurais e nem em ambientes fechados.

A área de abrangência da estação, ou escala espacial de representatividade da estação, caracteriza o entorno da estação onde os valores medidos podem ser considerados similares. A necessidade, em termos de escala de representatividade de uma estação, é baseada nos objetivos de monitoramento da rede e de cada estação individualmente. As escalas de maior interesse para atendimento dos objetivos típicos de uma rede de monitoramento estão apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2 – Classificação das estações em termos de representatividade das estações**

<b>Escala de Representatividade</b>	<b>Área de Abrangência</b>
Microescala	Concentrações abrangendo áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros;
Média escala	Concentrações para blocos de 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 cidades ou regiões metropolitanas, da ordem de 4 a 50 km;
Escala regional	Concentrações geralmente de uma área rural, de geografia razoavelmente uniforme e de dimensões de dezenas a centenas de quilômetros;
Escalas nacional e global	Concentrações de um país e do planeta como um todo, respectivamente.

Obviamente, as classificações apresentadas nas tabelas 1 e 2 são genéricas e consideram uma rede completa de monitoramento. Todavia, cada poluente medido apresenta características próprias em termos de distribuição espacial, fontes que o originam e padrões legais.

Tais características determinam as necessidades individuais em termos dos locais e escalas de representatividade mais adequados ao monitoramento. Assim, nem sempre um mesmo local é adequado para medir todos os tipos de poluentes. Por exemplo: estações próximas de vias de tráfego são importantes para monitoramento de poluentes emitidos pelos veículos, mas não são adequadas ao monitoramento do ozônio, uma vez que o ozônio é consumido quimicamente pelo NO emitido pelos veículos. De maneira geral, uma vez que poluentes secundários, como o O<sub>3</sub> e parte do NO<sub>2</sub>, são formados na atmosfera, pode-se considerar que a variabilidade espacial desses poluentes tende a ser mais homogênea que a dos poluentes primários, como o CO e o SO<sub>2</sub>.

### **3. Metodologia**

O trabalho foi desenvolvido procurando abordar e levantar o maior número possível de informações que permitam classificar as estações, bem como fornecer um histórico da qualidade do ar no período monitorado. Apresentam-se, a seguir, as informações e análises realizadas no trabalho.

#### **3.1. Características da Estação**

Estão apresentadas informações como endereço, coordenadas geográficas, altitude, parâmetros medidos, altura de captação da amostra, etc. Também é apresentada uma descrição das principais características locais da estação, ou seja, fontes de emissão, anteparos e outras informações relevantes com relação ao entorno da estação e que possam estar interferindo nos dados medidos. Para esse levantamento, foram feitas vistorias em um raio de cerca de 200 metros no entorno de cada estação. Foram feitos também registros fotográficos de cada estação e das condições locais de significativa importância.

Ainda nesse item, apresentam-se os registros de ocorrências relevantes ao monitoramento, tais como instalação e retirada de monitores e sensores meteorológicos, métodos de medição, alterações nas emissões próximas, como por exemplo, obras de infra-estrutura, pavimentação de ruas, etc.

#### **3.2. Avaliação da Qualidade do Ar**

A rede automática de avaliação da qualidade do ar da CETESB traz em seus registros as mudanças significativas que ocorreram ao longo dos anos nas regiões monitoradas. Na RMSP, tais mudanças incluem, principalmente, os efeitos do crescimento, em grande parte desordenado, da área urbana, que trouxe variações nas emissões atmosféricas devidas principalmente ao aumento do tráfego de veículos e à redução do número de indústrias nas áreas mais próximas das regiões centrais. Em Cubatão, as principais mudanças ocorreram nas emissões industriais, que foram reduzidas nesse período principalmente como consequência das medidas de controle.

Além de classificar as estações com base nas condições atuais, optou-se neste trabalho por fazer também um levantamento da evolução da qualidade do ar ao longo dos anos nas estações de monitoramento, possibilitando assim um estudo de tendência e estimativa, mesmo que qualitativa, do impacto na qualidade do ar das mudanças ocorridas nas fontes emissoras durante o período.

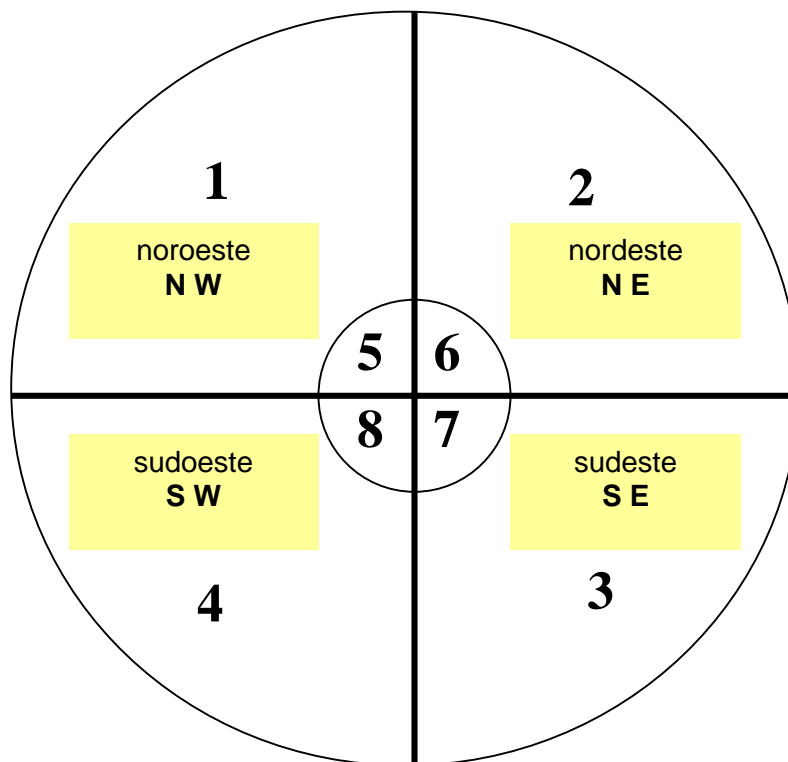
Os dados utilizados para avaliação da qualidade do ar são de todos os poluentes medidos pela rede automática e manual da CETESB, que são: MP<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> e NO), O<sub>3</sub>, CO, HC (HCNM e CH<sub>4</sub>), PTS, FMC, MP<sub>2,5</sub> e outros que eventualmente tenham sido monitorados. Obviamente, não há dados de todos os parâmetros em todas as estações, bem como há parâmetros que não foram medidos em todo o período.

As análises realizadas para cada poluente não são necessariamente as mesmas devido às diferentes características dos poluentes em termos de tempo de exposição referendado nos padrões legais e valores de referência. Porém, as análises da qualidade do ar basicamente consideraram:

- tendências de longo prazo, como por exemplo médias anuais;
- tendências em períodos de curto prazo, como médias de 24 horas ou 1 hora;
- análises por meses do ano, para identificação das variações sazonais;
- análises por hora do dia, para verificação do comportamento ao longo do dia;
- análises do comportamento médio dos episódios de ultrapassagens do PQAr.

### **3.3. Microinventário de Fontes**

Para avaliar o impacto das fontes sobre a estação, foram definidas duas regiões delimitadas por dois círculos concêntricos, de 400 e 2000m de raio. No raio de 400 metros, por estar muito próximo da estação, procurou-se identificar todas as fontes que possam estar influenciando nas medições na estação. Entre 400 e 2000m, foram levantadas as principais fontes. As fontes de emissão foram então localizadas em termos de quadrantes (NW, NE, SE e SW) e setores (1 a 8), cada quadrante com dois setores, um no raio menor e outro no maior, conforme ilustrado na figura 1.



**Figura 1 - Quadrantes considerados para localização das fontes e direção do vento**

No caso das fontes industriais, foram utilizados os dados e estimativas de emissão mais atuais disponíveis, fornecidos pelas agências ambientais da CETESB. No caso de fontes móveis, as estimativas foram realizadas considerando-se as vias de tráfego como fontes linha. As estimativas de tráfego foram obtidas a partir de contagens de veículos nas principais vias, realizadas pela própria equipe durante o trabalho ou fornecidas pelos órgãos de trânsito, e de fatores de emissão médios para os principais poluentes, estimados pela CETESB.

A avaliação do impacto das fontes na estação de monitoramento, tanto fixas como veiculares, em termos de sua posição geográfica, foi feita dividindo-se a área de abrangência em oito setores, conforme apresentado na figura 1. Basicamente, foram somadas as emissões das fontes fixas e das fontes veiculares para cada um dos setores.

Para auxiliar na caracterização das fontes e comparação com os dados de particulado inalável do microinventário, apresentam-se ainda os estudos realizados pela CETESB utilizando a técnica de modelo receptor. Embora não haja estudo com modelo receptor para todas as regiões monitoradas e tais estudos tenham sido realizados em períodos distintos, os resultados apresentados ajudam a identificar as fontes de emissão que mais contribuem para a degradação da qualidade do ar por partículas inaláveis.

### **3.4. Influência das Condições Meteorológicas**

Para avaliação das condições meteorológicas, foram consideradas as variáveis disponíveis na estação (ou em outra estação representativa), tais como direção e velocidade do vento, umidade, temperatura e radiação. Os dados de umidade, temperatura e radiação foram utilizados principalmente para avaliação da influência das condições meteorológicas na formação dos poluentes secundários. No caso da dispersão atmosférica, ou seja, de transporte dos poluentes, foram considerados os dados de calmaria e os dados horários de direção e velocidade do vento, subdivididos nos quadrantes preferenciais (conforme apresentados na figura 1).

Foram comparadas então as direções dos ventos em cada quadrante com os dados de qualidade do ar observados no mesmo horário na estação, construindo-se gráficos que mostram a frequência e velocidade com que o vento soprou de cada direção e a respectiva concentração média associada, incluindo as diferenças obtidas entre os períodos diurno e noturno.

Por fim, foram comparados os resultados de qualidade ambiental e meteorologia com os dados de emissão inventariados de cada quadrante ou setor, procurando estabelecer uma relação de causa-efeito, ou seja, quais são efetivamente as fontes que mais contribuem para os valores de concentração observados na estação de monitoramento.

Para complementar as informações relativas às concentrações médias observadas para cada quadrante, fez-se ainda a análise das condições meteorológicas observadas em dois casos de ultrapassagem do limite legal de qualidade do ar.

A análise das principais fontes que exercem influência na estação permitiram então a classificação de cada estação em termos de área de abrangência (escala de representatividade), tipos principais de fontes e população exposta às concentrações medidas na estação ou níveis equivalentes.

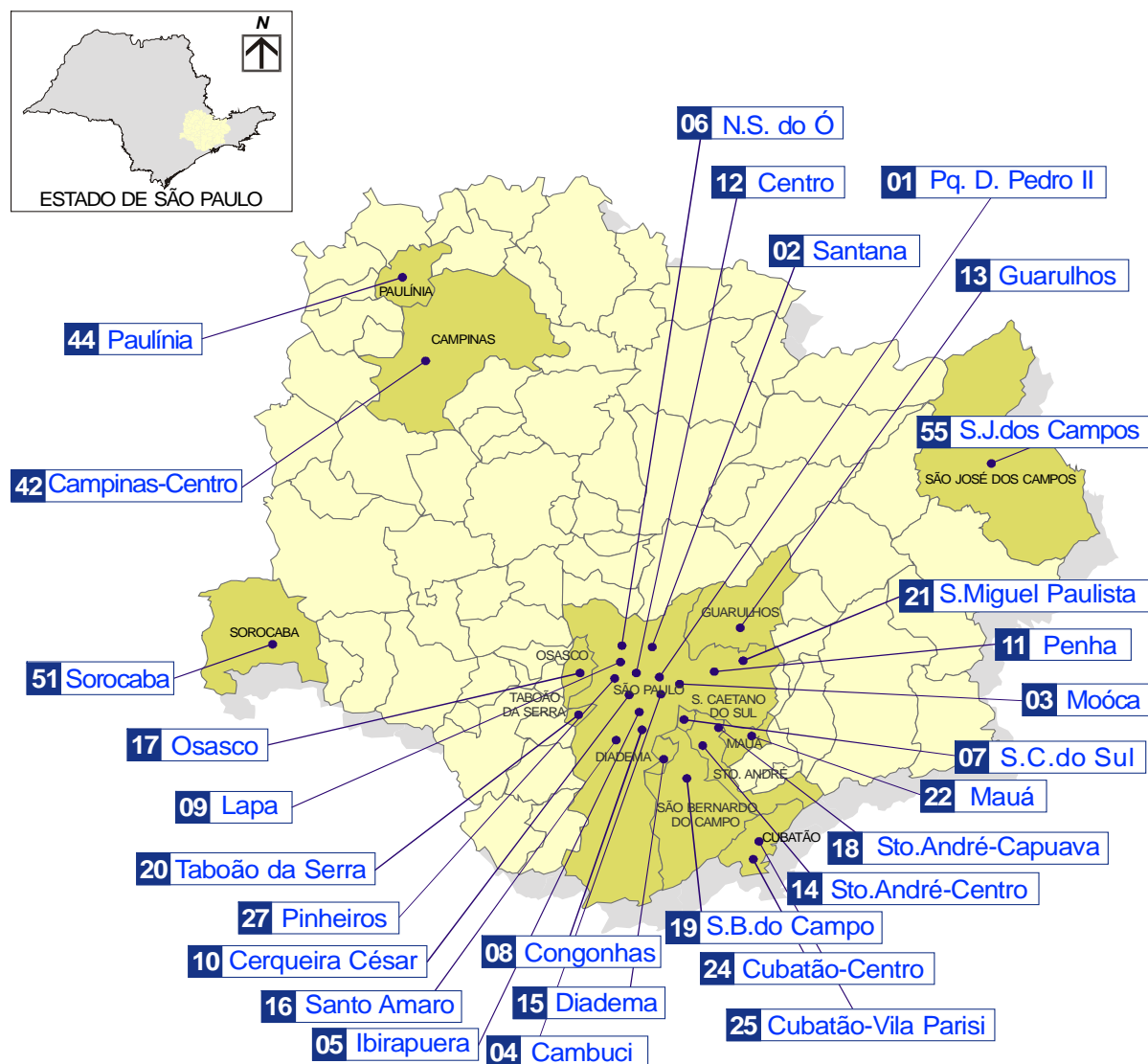
### **4. Caracterização das Estações da Rede Automática**

A rede automática da CETESB atualmente é composta por 29 estações fixas de amostragem e 2 estações móveis. Vinte e três locais de amostragem estão situados na RMSP, conforme ilustrado na figura 2. Há ainda duas estações em Cubatão e uma estação em cada um dos municípios de Paulínia, Campinas, Sorocaba e São José dos Campos. As duas estações móveis são deslocadas em função da necessidade de monitoramento em locais onde não existem estações de amostragem ou para estudos complementares à própria rede.

A rede possui uma característica dinâmica, passando por alterações em sua configuração constantemente, atualmente mede os seguintes parâmetros: partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $NO$  e  $NO_2$ ), ozônio ( $O_3$ ), monóxido de carbono ( $CO$ ), hidrocarbonetos totais menos metano e metano ( $HCNM$  e  $CH_4$ ), direção e velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar, pressão atmosférica e radiação solar (global e ultravioleta), conforme distribuição mostrada na tabela 3. Vale salientar que nas



estações em que são medidos ventos são calculados desvios padrões das direções dos ventos e classes de estabilidade atmosférica.



**Figura 2 – Localização das estações da rede automática na RMSP**

**Tabela 3 – Configuração atual da rede automática – RMSP**

ESTAÇÃO Nº	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS																	
		MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>	FMC	PTS	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	HCNM	O <sub>3</sub>	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
01	Parque D. Pedro II	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
02	Santana	X											X			X	X		
03	Moóca	X											X			X	X		
04	Cambuci	X																	
05	Ibirapuera	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
06	Nossa Senhora do Ó	X											X	X	X				
07	São Caetano do Sul	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
08	Congonhas	X				X	X	X	X	X									
09	Lapa	X					X	X	X	X									
10	Cerqueira César	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
11	Penha	X																	
12	Centro	X								X									
13	Guarulhos	X														X	X		
14	Santo André - Centro	X								X						X	X		
15	Diadema	X											X						
16	Santo Amaro	X			X					X			X			X	X		
17	Osasco	X			X	X	X	X	X	X						X	X		
18	Santo André - Capuava	X			X								X			X	X		
19	São Bernardo do Campo	X			X											X	X		
20	Taboão da Serra	X					X	X	X	X				X	X				
21	São Miguel Paulista	X											X	X	X	X	X		
22	Mauá	X					X	X	X				X						
27	Pinheiros	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		

MP<sub>10</sub> Partículas inaláveis

MP<sub>2,5</sub> Partículas inaláveis finas

FMC Fumaça

PTS Partículas Totais em Suspensão

SO<sub>2</sub> Dióxido de enxofre

NO Monóxido de nitrogênio

NO<sub>2</sub> Dióxido de nitrogênio

NO<sub>x</sub> Óxido de nitrogênio

CO Monóxido de carbono

CH<sub>4</sub> Metano

HCNM Hidrocarbonetos totais menos Metano

O<sub>3</sub> Ozônio

VV Velocidade do Vento

DV Direção do Vento

UR Umidade Relativa do Ar

P Pressão Atmosférica

TEMP Temperatura

RAD Radiação Total e Ultra-violeta

## 4.1. Estação Congonhas

Apresentam-se a seguir os diversos aspectos relacionados à estação de Congonhas em termos de monitores, localização, qualidade do ar medida, principais fontes de poluentes, aspectos meteorológicos, etc., procurando então classificar a estação com base nos critérios já descritos no item 2.

### 4.1.1. Características da Estação

#### Dados da estação

<b>Endereço atual</b>	Al. dos Tupiniquins, 1571 - Aeroporto ; E.M. Prof. J. C. da Silva Borges.		
<b>Coordenadas:</b>	Lat. 23° 36' 29" S	UTM (23K)	330 337
	Long. 46° 39' 37" W	UTM (23K)	7 387 309
<b>Altitude:</b>	760m		
<b>Altura de captação da amostra:</b>	3,5m		

**Tabela 4 - Parâmetros monitorados**

<b>Parâmetros</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Início</b>	<b>Término</b>
MP <sub>10</sub>	Radiação Beta	PW9790-Philips	02/01/85	30/09/95
MP <sub>10</sub>	Radiação Beta	FH62 I-N-Graseby-Andersen	24/05/96	
SO <sub>2</sub>	Coulometria	PW9755-Philips	01/01/86	30/09/95
SO <sub>2</sub>	Fluorescência de Pulso (ultravioleta)	Modelo 43 – Thermo E.I.I.	03/07/96	
CO	Coulometria	PW9775-Philips	01/01/85	03/09/95
CO	Infravermelho não Dispersivo	Modelo 48 – Thermo E.I.I.	24/05/96	
NO <sub>x</sub>	Quimiluminescência	PW9765-Philips	01/01/86	24/01/94
NO <sub>x</sub>	Quimiluminescência	Modelo 42 – Thermo E.I.I.	25/05/96	
O <sub>3</sub>	Quimiluminescência	PW9771-Philips	01/01/85	27/07/95
O <sub>3</sub>	Ultravioleta	Modelo 49 – Thermo E.I.I.	24/05/96	03/07/99

### **Condições Locais**

Localizada numa região comercial e residencial, a estação Congonhas está instalada no pátio da Escola Municipal Prof. J. C. da Silva Borges. A figura 3 apresenta um mapa com as ruas do entorno da estação.

Essa estação está a aproximadamente 6 metros do cruzamento da Av. Bandeirantes, que possui um tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados, e a Alameda dos Tupiniquins, que possui um tráfego menor de veículos leves e pesados.

A cerca de 300 metros, à sulsudeste, está a Av. Washington Luiz, continuação da Av. Moreira Guimarães, que possui tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados.

A sudeste da estação, a aproximadamente 400 metros, está o Aeroporto São Paulo (Congonhas).

Na face norte há árvores que distam 9 metros da sonda de amostragem, com 3 metros de altura. Mais ao fundo, a 16 metros de distância, há uma árvore com 4 metros de altura (Figura-6 – vista norte).

Há um conjunto de árvores que se estendem desde a face sul até a leste, onde a mais próxima está a 3,5 metros com 2,5 metros de altura; e a mais distante a 12 metros com 4 metros de altura. (Figura-6 – vistas sul e leste).

Na face leste também há uma quadra de esportes a uma distância de 25 metros.

O muro que contorna boa parte da estação possui 2,5 metros de altura e dista 3 metros da sonda de amostragem, a sua quina fica a oeste da estação (Figura-6 – vista oeste).

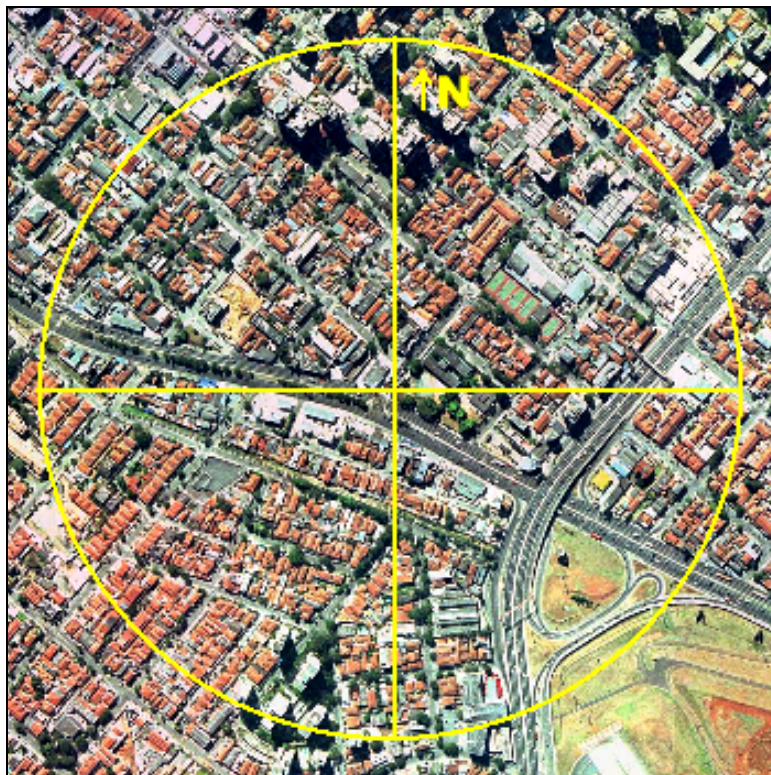


Figura 3 - Mapa de localização da estação Congonhas - fonte Cartoplam Editora – ( [www.cartoplam.com.br](http://www.cartoplam.com.br) )





**Figura 4 - Vista da estação Congonhas**



**Figura 5 – Imagem-Nata<sup>6</sup> do entorno da estação Congonhas com raio de 400m**

A figura 6 apresenta fotografias tomadas de cima da estação mostrando seu entorno nas direções norte, sul, leste e oeste.



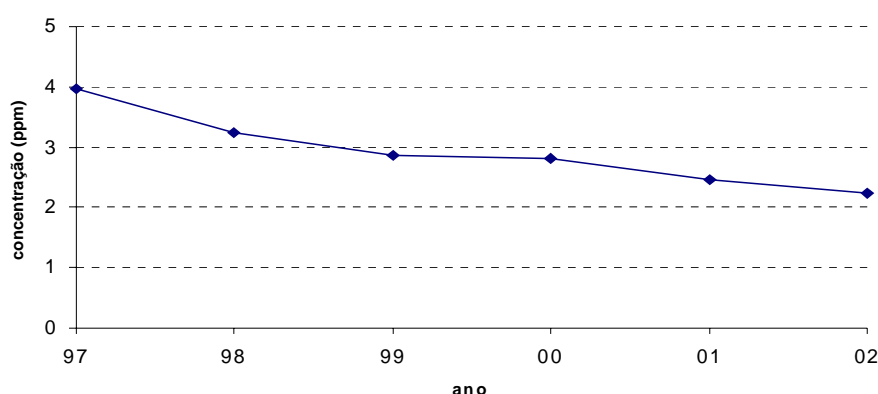
**Figura 6 - Vistas do entorno da estação Congonhas.**

#### 4.1.2. Tendências da Qualidade do Ar

Visando avaliar o perfil das concentrações dos diversos poluentes monitorados na estação Congonhas ao longo dos anos, elaboraram-se análises com os dados obtidos na estação nos períodos monitorados e disponíveis.

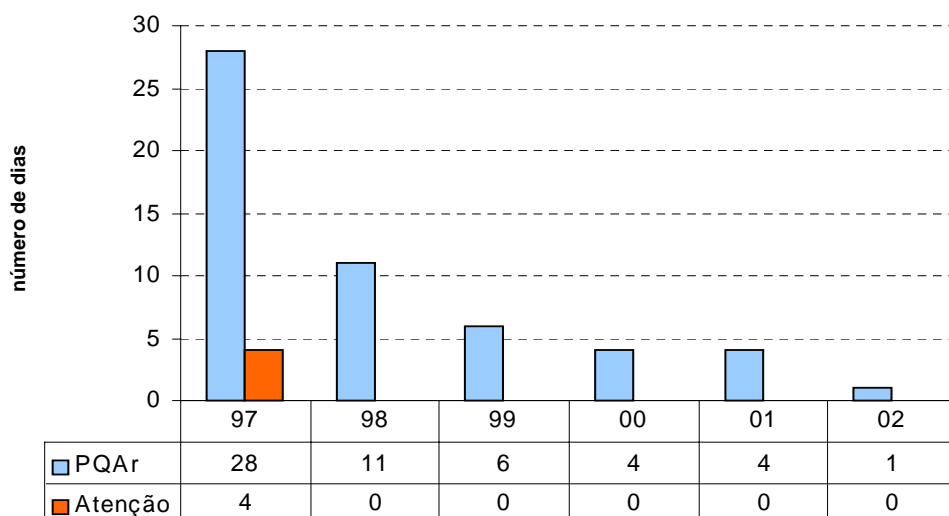
##### Monóxido de Carbono - CO

A figura 7 apresenta a evolução das concentrações médias anuais das máximas de 8 horas diárias de monóxido de carbono na estação Congonhas, no período de 1997 a 2002. Embora não exista padrão legal para o período anual de exposição, observa-se uma tendência de redução das concentrações nos últimos anos.



**Figura 7 - CO - Médias das máximas (médias de 8 horas)**

A análise que considera o número de dias de ultrapassagens dos níveis do PQAr (9ppm) e Atenção (15ppm), médias de 8 horas, apresentada na figura 8, mostra que esta estação atualmente apresenta poucas ultrapassagens do padrão de 8 horas. Desde 1998 não há ultrapassagens do nível de Atenção.



**Figura 8 - CO - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2002**

## Monóxido de Nitrogênio - NO

A figura 9 apresenta as concentrações médias anuais de monóxido de nitrogênio na estação Congonhas, de 1997 a 2002, considerando-se o período das 7 às 11 horas, período em que se observam as maiores concentrações. Embora não exista PQAr para este poluente, os valores médios, demonstram pequena tendência de queda no período considerado.

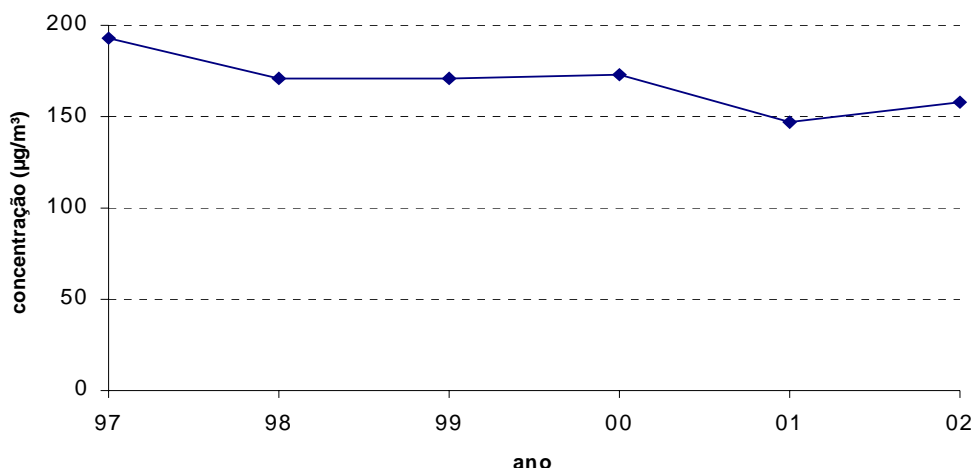


Figura 9 - NO - Médias anuais no período das 07 às 11 horas

## Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub>

A figura 10 mostra as concentrações médias anuais de NO<sub>2</sub> na estação Congonhas, no período de 1997 a 2002 - com exceção do ano de 2000, quando não houve representatividade. Observa-se que as concentrações encontram-se abaixo do PQAr anual para este poluente. No período analisado não é possível identificar uma tendência de redução ou aumento na concentração média anual.

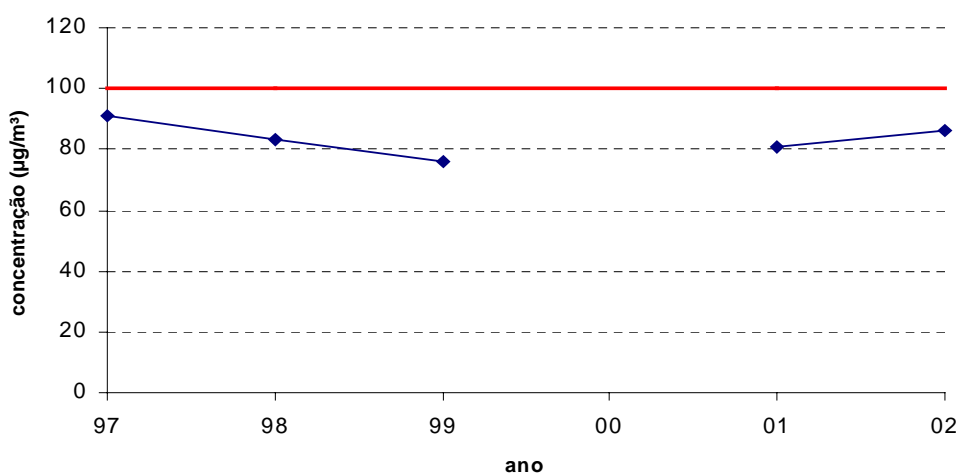
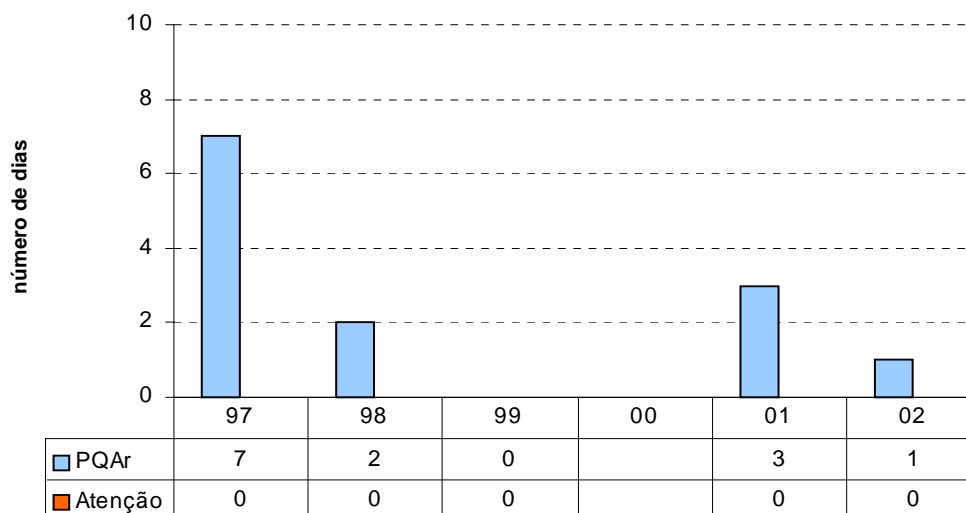


Figura 10 - NO<sub>2</sub> - Médias aritméticas anuais



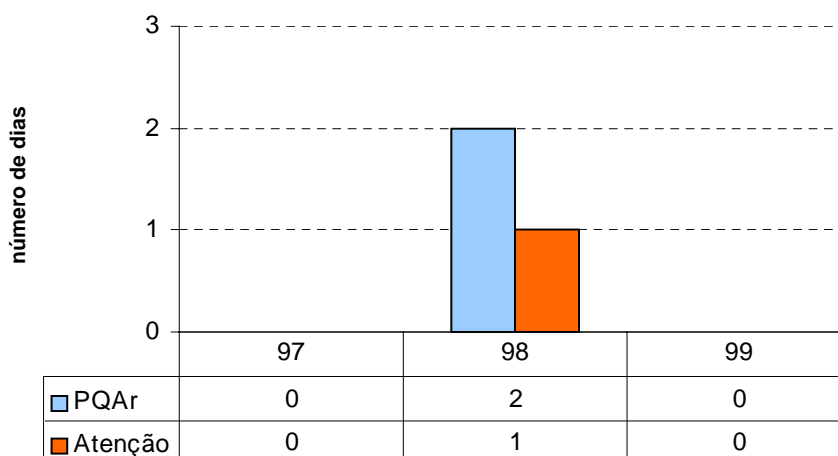
O PQAr de 1 hora ( $320\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) é ultrapassado em poucos dias, conforme se observa na figura 11, salientando-se que no ano de 2000 não houve representatividade de dados.



**Figura 11 -  $\text{NO}_2$  - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2002**

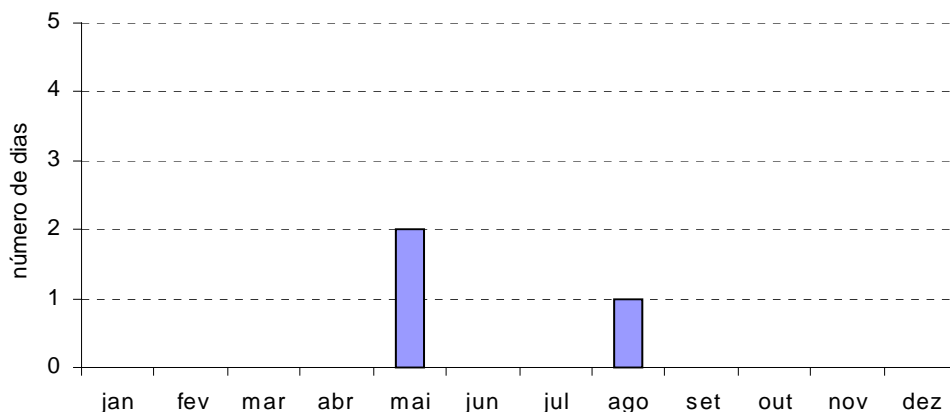
### Ozônio - $\text{O}_3$

A figura 12 ilustra o número de dias de ultrapassagens do PQAr ( $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e nível de Atenção ( $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  $\text{O}_3$  na estação Congonhas no período de 1997 a 1999. Nesta figura, pode-se observar que houve ultrapassagens do PQAr e nível de Atenção somente no ano de 1998.



**Figura 12 -  $\text{O}_3$  - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 1999**

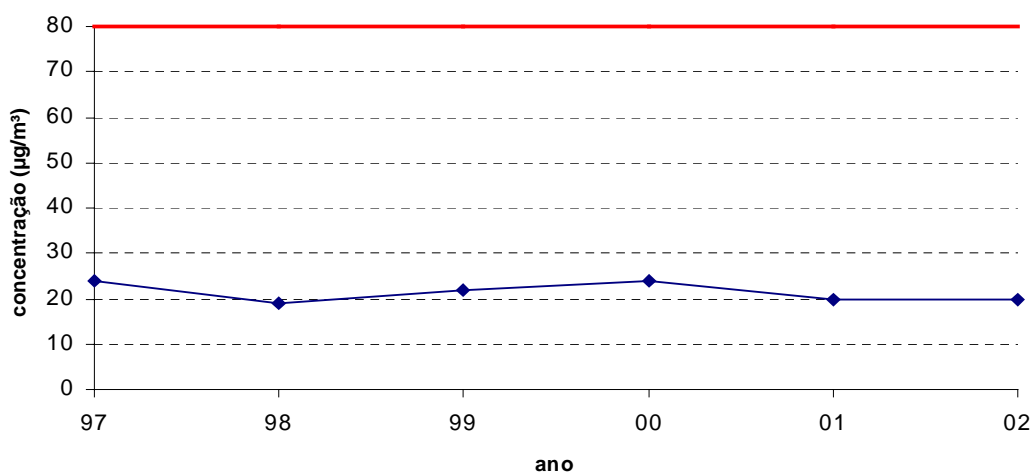
Em termos de distribuição por estação do ano, na figura 13 observa-se que, embora o número de ultrapassagens tenha sido muito reduzido, a maior frequência de dias de ultrapassagens do PQAr ocorreu no mês de maio.



**Figura 13 - O<sub>3</sub> - Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1997 a 1999**

### **Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>**

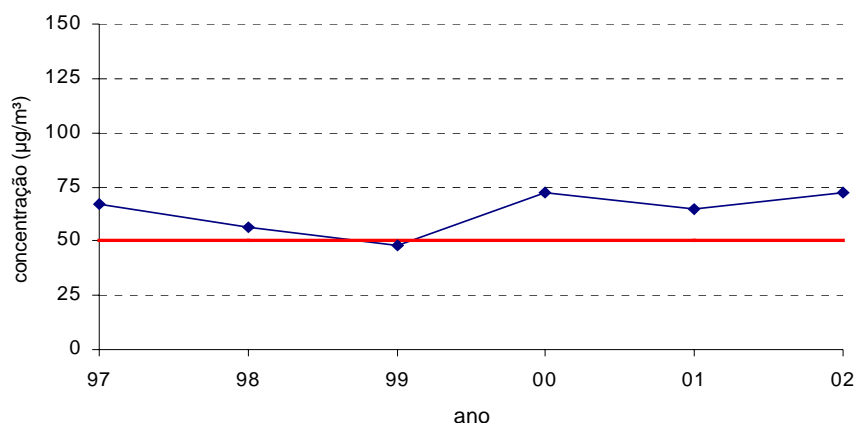
A análise dos últimos 6 anos de dados mostra que os níveis de concentração de SO<sub>2</sub> (médias aritméticas anuais) registrados estão bem abaixo do PQAr anual de 80µg/m<sup>3</sup>, conforme ilustrado na figura 14. Os dados mostram que esses níveis têm sido mantidos e, no caso da estação Congonhas, apresentam-se abaixo de 25µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 14 - SO<sub>2</sub> - Médias aritméticas anuais de SO<sub>2</sub>**

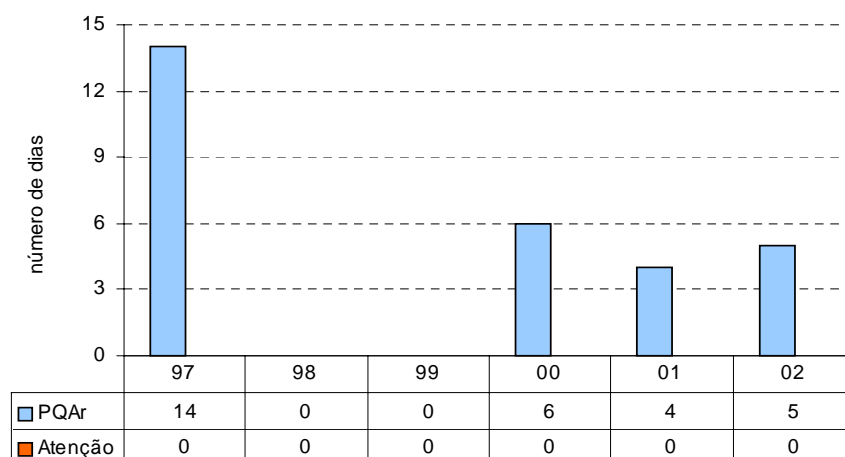
### **Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>)**

A figura 15 apresenta a evolução das médias aritméticas anuais de MP<sub>10</sub> nos últimos 6 anos na estação Congonhas. Com exceção do ano de 1999 as médias anuais mantêm-se um pouco acima do PQAr anual, e, de acordo com os últimos anos, não há como afirmar que existe tendência de aumento das concentrações de MP<sub>10</sub> nesta estação.



**Figura 15 - MP<sub>10</sub> - Médias aritméticas anuais**

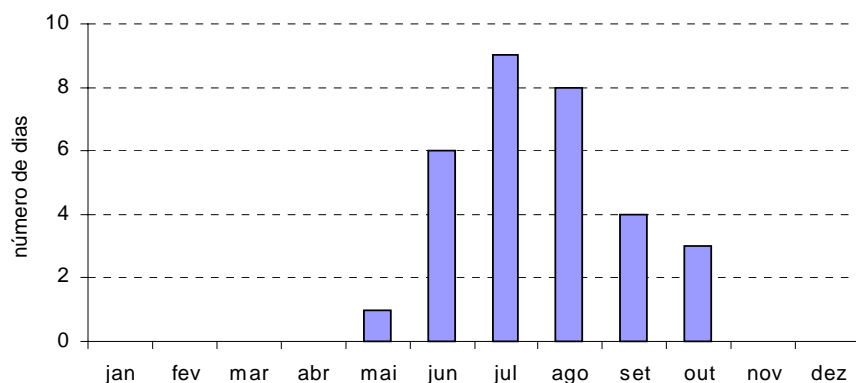
Com relação ao padrão legal de curto prazo de MP<sub>10</sub> (150µg/m³ - média de 24 horas), conforme apresentado na figura 16, o número de dias de ultrapassagens apresenta uma queda brusca a partir de 1997, ficando por dois anos sem ocorrência, e volta a apresentar ultrapassagens a partir de 2000.



**Figura 16 - MP<sub>10</sub> - Dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção**

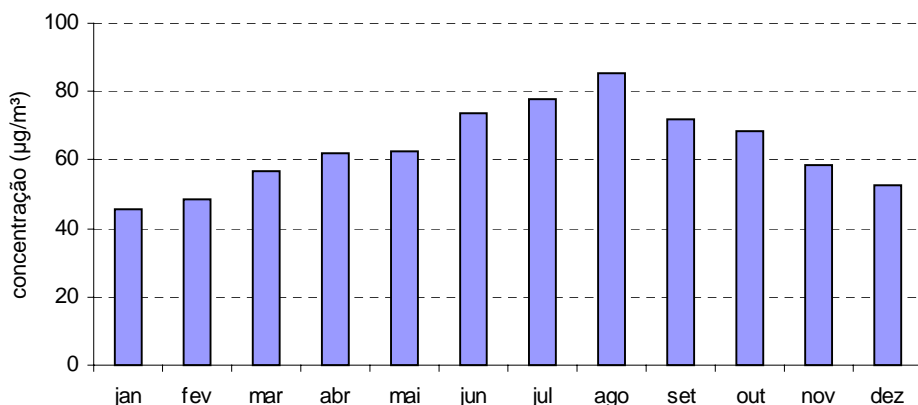
Em termos sazonais, sabe-se que no Estado de São Paulo os níveis mais elevados de concentração dos poluentes primários, ou seja, aqueles emitidos diretamente pelas fontes emissoras, são observados no período de inverno. Isso se deve pela ocorrência de condições meteorológicas mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes na atmosfera.

Com base nesse fenômeno, fez-se uma análise identificando os meses de ocorrência dos episódios de ultrapassagem do PQAr e do nível de Atenção no período de 1997 a 2002, apresentada na figura 17. Pode-se observar que nesse período não houve ultrapassagens do PQAr nos meses de verão, concentrando-se todos os episódios no período de maio a outubro. A maior frequência de ultrapassagens foi observada no mês julho (9). Deve-se salientar que a maioria dos episódios ocorreu no ano de 1997, conforme figura 16.



**Figura 17 -  $MP_{10}$  - Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1997 a 2002**

Considerando-se que no período analisado há poucas ultrapassagens do PQAr diário e, para evitar que a análise do comportamento sazonal seja influenciada por períodos curtos altamente desfavoráveis à dispersão dos poluentes, fez-se também uma análise das médias mensais nesses mesmos anos, calculadas a partir das médias diárias de 0h a 24h, apresentada na figura 18. Nessa figura, observa-se claramente que as concentrações de  $MP_{10}$  apresentaram uma significativa elevação durante os meses de inverno na estação Congonhas, apresentando suas máximas concentrações nos meses de agosto e julho, respectivamente.



**Figura 18 -  $MP_{10}$  - Médias mensais no período de 1997 a 2002**

#### 4.1.3. Microinventário de Fontes

Para avaliar o impacto das fontes na estação, foram levantadas todas as fontes prioritárias definidas em duas regiões delimitadas por dois círculos concêntricos, de 400m e de 2000m de raio, divididas em setores, conforme apresentado na figura 19<sup>(6)</sup>.





**Figura 19 – Imagem ilustrando as principais fontes de emissão no entorno da estação Congonhas, e os setores em que estão localizadas**

## **Fontes Fixas**

De acordo com a Agência Ambiental de Pinheiros, no perímetro de avaliação da estação, não existem fontes fixas com potencial de emissão representativo. Por ser uma região com restrições impostas pela lei de zoneamento municipal, nessa área são encontradas apenas pequenas fontes estacionárias tais como: postos de abastecimento de combustíveis e fornos de restaurantes e pizzarias.

## **Fontes Móveis**

As fontes móveis mais importantes no raio de 400m no entorno da estação em estudo são representadas por dois corredores de tráfego que fazem a interligação de regiões de São Paulo e municípios vizinhos. A avenida mais próxima e fonte linear de emissão a causar impacto nessa área de avaliação é a Avenida dos Bandeirantes, que se estende de leste a oeste, passando em frente à estação, ligando a Avenida Marginal Pinheiros às rodovias Anchieta e Imigrantes e municípios vizinhos da região do ABC. A outra via com contribuição significativa na emissão de poluentes é o corredor formado pelas avenidas 23 de Maio, Ruben Berta, Moreira Guimarães e Washington Luiz, que liga a região central da cidade com o aeroporto de Congonhas e a zona sul, cruzando sobre a Avenida dos Bandeirantes na direção norte/sul a 300 metros a leste da estação. Foi considerada também a Alameda dos Tupiniquins, via de mão única, localizada ao lado da estação que só permite conversão à esquerda, na Avenida dos Bandeirantes, sentido Marginal/Imigrantes. Nessa esquina, o ciclo semafórico de 3 minutos dá vazão a essa via por apenas 30 segundos, ocasionando a passagem de um número constante de veículos, e provocando uma fila de espera que atinge normalmente 100 metros na via.

Considerando essas fontes lineares como as mais importantes na região de estudo, foram feitas estimativas de emissão, diferenciando-se os veículos leves dos veículos movidos a diesel. Foram efetuadas também algumas contagens para se estimar o número de motos que trafegam nessas vias.

As emissões nas vias analisadas foram calculadas a partir dos dados de contagem de veículos realizada no dia 25/09/2003 (quinta-feira). Foram realizadas 11(once) contagens de 15 minutos, simultaneamente em cada avenida, nos horários compreendidos entre 7h10 e 18h00.

Para se chegar ao volume de tráfego diário dos veículos leves (álcool e gasool) e diesel, considerou-se o valor médio nas contagens realizadas, obtendo-se a média horária de fluxo de veículos. Adotou-se, como critério, que essa média horária é válida entre 6h00 e 22h00, e que no horário complementar há uma redução de 70% no volume de tráfego. Para as motos, considerou-se o período compreendido entre 9h00 e 18h00, visto que estudos anteriores em outros locais, mostraram que, predominantemente, a utilização de motos é feita pelos chamados moto-boys em horário comercial. No horário complementar, das 18h00 às 9h00, assim como no final de semana, adotou-se que o volume de motos em circulação seria equivalente a 10% do tráfego diurno dos dias úteis.

Para se estimar o volume anual dos veículos leves e diesel, considerou-se o ano com 52 semanas e o volume de tráfego diário válido somente para os dias úteis. Nos finais de semana, estimou-se uma redução de 50% no fluxo de veículos.(tab.5)

**Tabela 5 - Estimativa de tráfego de veículos leves, diesel e motos nas avenidas Bandeirantes e corredor Moreira Guimarães/Washington Luiz.**

Fonte		Volume de tráfego diário	Volume anual estimado
Av. dos Bandeirantes	Veículos Leves	154.338	48.153.456
	Veículos Diesel	33.782	10.540.109
	Motocicletas	15.666	4.445.563
Corredor Moreira Guimarães / Washington Luiz	Veículos Leves	170.677	53.251.660
	Veículos Diesel	11.296	3.524.850
	Motocicletas	12.390	4.524.371

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, foram considerados os fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2003, conforme tabela 6.

**Tabela 6 - Fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2003**

Tipo de veículo	Fatores de emissão (g/km)				
	MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC
Leves	0,08	0,12	0,70	12,3	1,26
Diesel	0,81	0,43	13,0	17,8	2,9
Motos	0,05	0,04	0,1	19,7	2,6

A partir dos fatores de emissão e do volume de tráfego estimado nas principais vias no entorno da estação, calculou-se a emissão de poluentes em ton/ano, levando-se em conta a extensão destas fontes lineares (tabela 7).

**Tabela 7 - Emissões de fontes móveis.**

Local	Fonte	Emissão (ton/ano)				
		MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC
Av. Bandeirantes *	leves	15,4	23,1	134,8	2369	242,7
	diesel	34,1	18,1	548,1	750	122,3
	motos	0,9	0,7	1,8	350	46,2
	<b>Total</b>	<b>50,4</b>	<b>41,9</b>	<b>684,7</b>	<b>3469</b>	<b>411,2</b>
Corredor Moreira Guimarães / Washington Luiz **	leves	18,3	27,5	160,3	2816	288,5
	diesel	12,3	6,5	197,0	270	43,9
	motos	1,0	0,8	1,9	383	50,6
	<b>Total</b>	<b>31,6</b>	<b>34,8</b>	<b>359,2</b>	<b>3469</b>	<b>383,0</b>

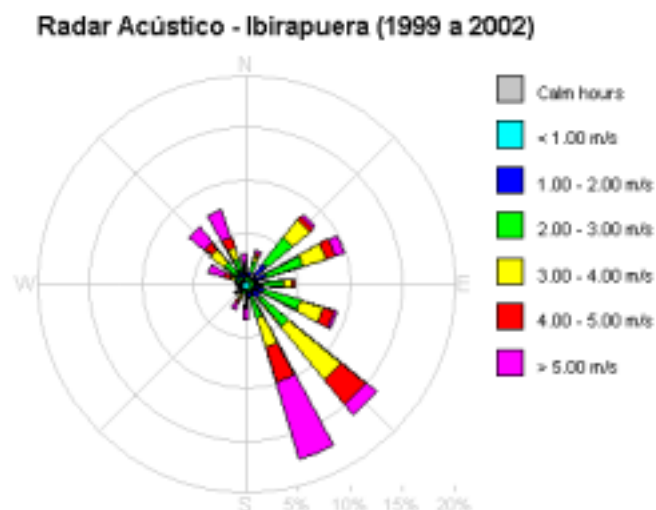
\* Fonte linear de 4000m de extensão

\*\* Fonte linear de 4300m de extensão

#### **4.1.4. Influência das Condições Meteorológicas**

Neste capítulo, faz-se uma análise procurando identificar a influência dos parâmetros meteorológicos e das fontes de poluição inventariadas sobre as concentrações observadas na estação. Para entender o comportamento dos poluentes na atmosfera, é necessário um bom conhecimento da meteorologia local e um dos parâmetros que deve ser analisado é o vento. Uma forma de análise de ventos é através de rosas de ventos, onde podem-se observar direções predominantes e velocidades médias de ventos para um grande período de tempo. Como a estação de Congonhas não possui registros de dados meteorológicos, a solução foi utilizar os dados do radar acústico da Cetesb (SODAR), instalado no Ibirapuera, distante cerca de 3km do ponto analisado e que, em uma análise de comparação anterior entre os ventos medidos pela FAB no Aeroporto de Congonhas, a 10 metros de altura e os medidos pelo SODAR, a 50m de altura, mostrou uma boa correlação no que diz respeito à direção dos ventos. A figura 20 apresenta a rosa de ventos dos dados do radar acústico, a 50m de altura, situado no Ibirapuera. Para os anos de 1999 a 2002 a figura mostra o quadrante SE como o predominante, embora sejam observadas contribuições dos quadrantes NE e NW. A porcentagem de calmaria e de ventos variáveis foi de apenas 1,2%. Vento variável é aquele cuja velocidade pode ser definida como fraca. É necessário salientar que a baixa porcentagem de calmaria e altas velocidades dos ventos medidos a 50 metros de altura, deve-se ao fato de que o vento, nesta altura, já não está sendo tão afetado pelos efeitos dos obstáculos locais, bem como pelos efeitos do atrito e da rugosidade do terreno.





**Figura 20 - Rosa de ventos do radar acústico (50m) na estação Ibirapuera para os anos 1999 a 2002.**

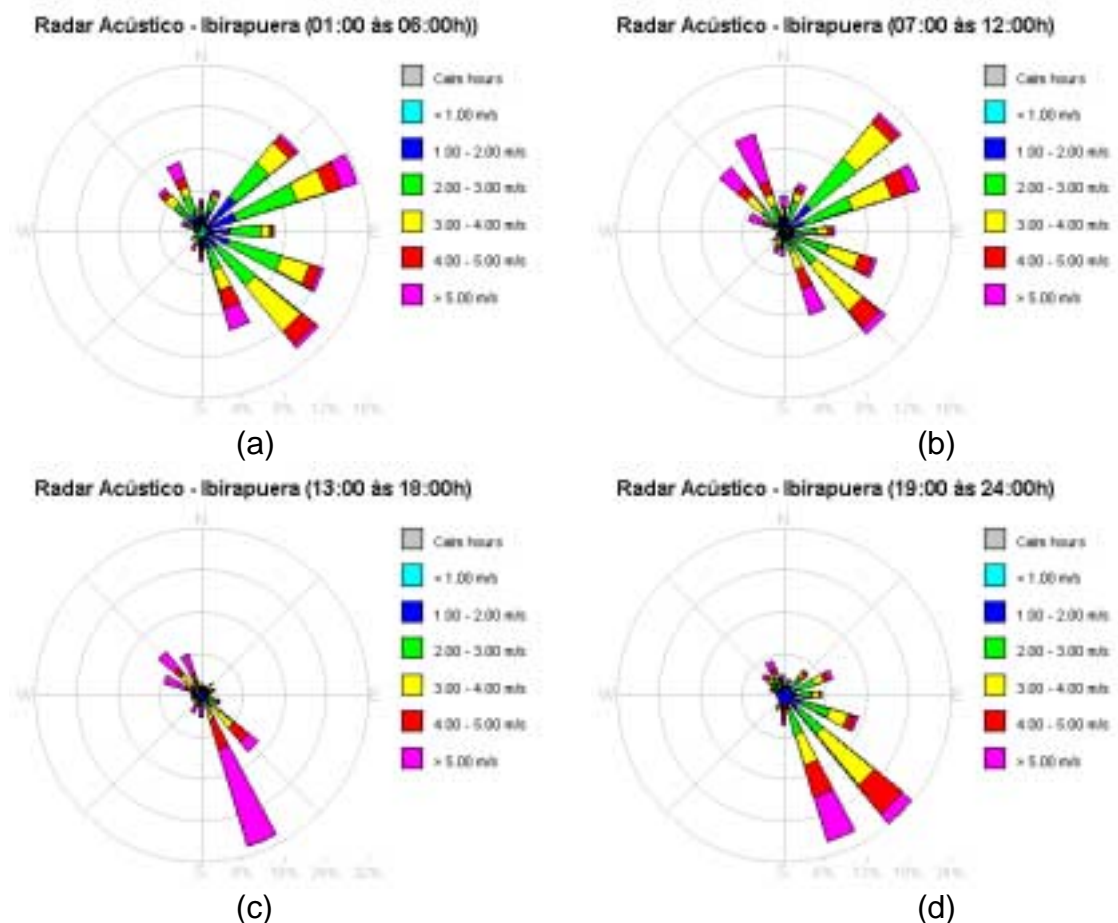
**Tabela 8 - Frequência do vento do radar acústico (50m) na estação Ibirapuera em cada quadrante ao longo do dia (1999 a 2002)**

Hora	NE	SE	SW	NW	Calm/var
01:00	404	567	54	174	28
02:00	402	553	55	189	32
03:00	443	510	56	203	24
04:00	444	476	77	218	22
05:00	482	449	70	210	22
06:00	501	431	65	215	26
07:00	512	423	56	225	18
08:00	512	401	72	233	14
09:00	490	403	71	241	12
10:00	479	400	62	263	7
11:00	383	402	59	352	3
12:00	295	409	82	410	1
13:00	199	467	94	434	3
14:00	136	503	134	415	2
15:00	106	568	140	370	3
16:00	78	619	138	329	6
17:00	86	703	112	274	8
18:00	75	770	97	261	8
19:00	95	818	94	195	6
20:00	140	827	89	163	10
21:00	171	811	80	152	15
22:00	245	741	72	151	18
23:00	310	668	54	162	29
24:00	359	617	55	176	25

Os resultados mostram que:

- Do início da tarde (12h) até o meio da madrugada (5h), os ventos predominantes são do quadrante SE, com máxima frequência às 20h;
- No final da madrugada até o meio da manhã (5h às 10h), além da significativa contribuição do SE existe a do NE, com frequência ainda maior;
- No meio do dia (12h às 13h), são predominantes os ventos dos quadrantes SE e NW;
- A porcentagem de calmaria e de ventos variáveis é baixa durante todo o dia, porém, é no período noturno e madrugada que ocorre com maior frequência. Vale lembrar que esta frequência tão baixa ocorre devido ao fato de estes dados terem sido medidos a 50m de altura.

As rosas de ventos da figura 21 foram construídas para os períodos da madrugada, manhã, tarde e noite de modo a permitir visualizar o comportamento dos ventos.



**Figura 21 - Rosas de ventos do radar Acústico (50m) na estação Ibirapuera para os anos 1999 a 2002. Madrugada (a), manhã (b), tarde (c) e noite (d).**

Nelas pode-se verificar que há uma distribuição mais heterogênea das direções

dos ventos durante a madrugada e manhã enquanto que à tarde e noite a direção é basicamente do quadrante sudeste.

Para avaliar se a estação está bem localizada no que diz respeito às fontes prioritárias de emissão dos poluentes, adotou-se a seguinte metodologia:

1. Avaliar o perfil do vento ao longo do dia, observando-se os horários de maior frequência em cada direção, bem como os horários de maior frequência de calma e vento variável (figura 21, tabela 8).
2. Avaliar os perfis de concentração de cada poluente medido na estação ao longo do dia, por dia da semana. Esta análise foi feita considerando o comportamento dos poluentes em cada um dos dias da semana no período de maio a setembro, em que as concentrações são mais altas. Fez-se também uma análise das médias de inverno (de maio a setembro) e verão (de outubro a abril) para os poluentes monitorados.
3. Analisar os perfis de concentração em função de direção e velocidade de vento, considerando-se o fato de que os parâmetros meteorológicos foram medidos a 50m de altura, na estação Ibirapuera, distante cerca de 3 km da estação Congonhas. Além disso, ambas as estações estão localizadas em diferentes altitudes. Conforme citado anteriormente, os dados de direção de vento do Ibirapuera apresentam uma boa correlação com os dados do Aeroporto de Congonhas. Os dados de velocidade de vento, porém, não podem ser comparados. Apesar disso, é razoável assumir que as velocidades dos ventos medidas a 10m de altura são proporcionais às velocidades medidas no radar, a 50m. Visando representar esta situação, os gráficos apresentam nas abscissas os símbolos V1, V2, etc., significando que as velocidades exatas não são conhecidas, porém, sabe-se que V2 é maior que V1, e assim por diante.
4. Verificar a que quadrante de vento estão associadas as maiores concentrações médias e checar se o vento deste quadrante é o predominante nos horários de pico de emissão dos poluentes.

Além disso, para avaliar a estação segundo a escala de representatividade, é importante:

5. Verificar o comportamento do poluente em função da velocidade do vento, tentando assim detectar se os resultados correspondem às emissões de fontes localizadas nas proximidades ou distantes do local de monitoramento;
6. No caso do ozônio, a análise foi feita com base na totalidade dos dados obtidos em 1999, das 12h às 17 horas, quando passaram a estar disponíveis os dados do radar, até julho, quando cessaram as medições de ozônio nesta estação.

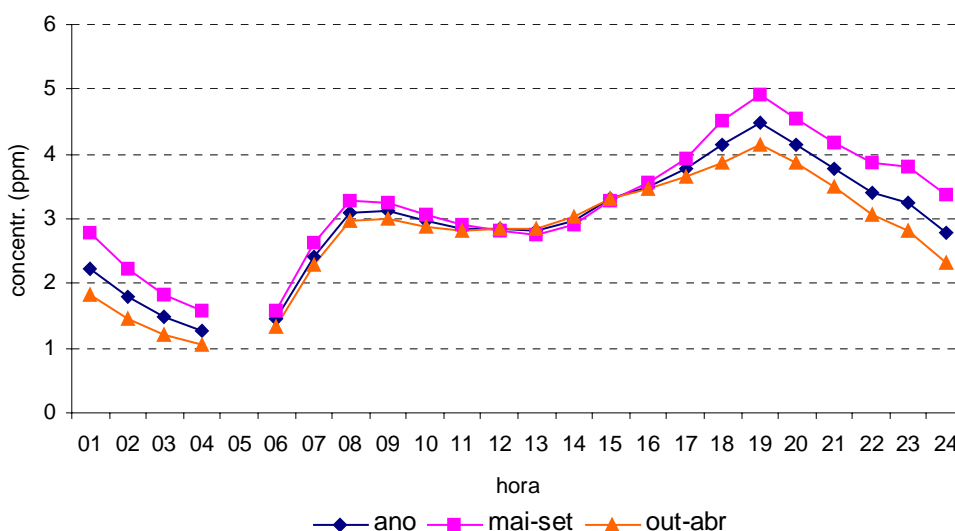
As análises foram feitas separadamente para cada poluente, uma vez que a representatividade da estação pode variar em função do poluente considerado. Além disso, quanto à localização, a estação pode sofrer o impacto da emissão

de um dado poluente e não ser capaz de monitorar adequadamente a emissão de outro, sugerindo, assim, a necessidade de rever a configuração da estação no que diz respeito aos monitores mais adequados.

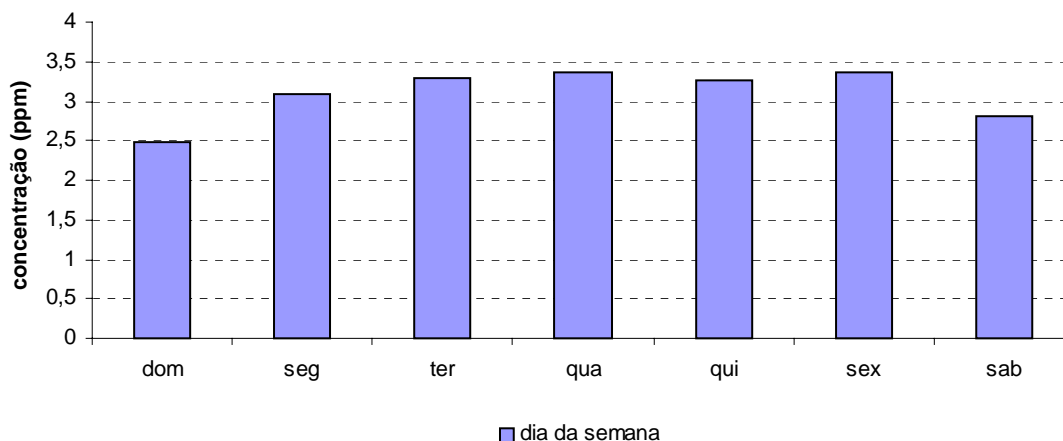
### Monóxido de Carbono – CO

As figuras 22, 23 e 24 ilustram as variações sazonais e por dia da semana, respectivamente, do CO na estação Congonhas. Os perfis de inverno e verão apresentados ilustram as diferenças resultantes das variações meteorológicas médias na condição de dispersão dos poluentes, determinantes principalmente no período noturno. Com relação às variações por dia da semana (figuras 23 e 24), observa-se que os perfis de segunda a sexta-feira são bastante semelhantes, e que as concentrações de CO caem significativamente no domingo principalmente no período diurno. A condição de sábado é intermediária.

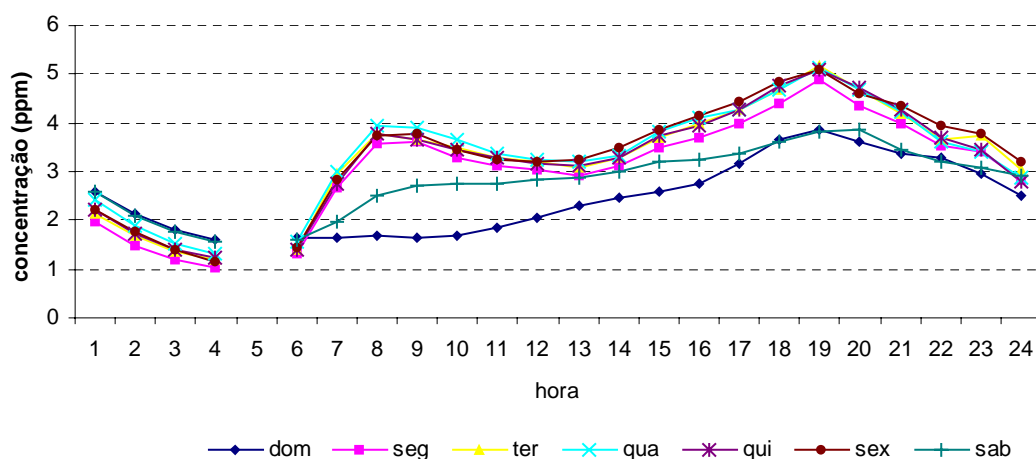
Em termos médios, o perfil das concentrações horárias de CO ao longo do dia mostra que há dois máximos preferenciais de concentração, um no período entre 7h e 11h da manhã e outro no período noturno, entre 18h e 20h. O primeiro está associado ao aumento do tráfego de veículos (pico da manhã de curta duração) com seu máximo entre 8h e 9h, que precede um período, no início da tarde, com condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes. O segundo máximo de concentração se inicia a partir do pico de tráfego da tarde, quando há grande emissão veicular, e se prolonga pela noite, sob condições meteorológicas mais desfavoráveis à dispersão, atingindo seu máximo às 19h. Não existem dados às 5h por ser o horário utilizado para verificação automática diária da calibração do monitor.



**Figura 22 - CO - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002**

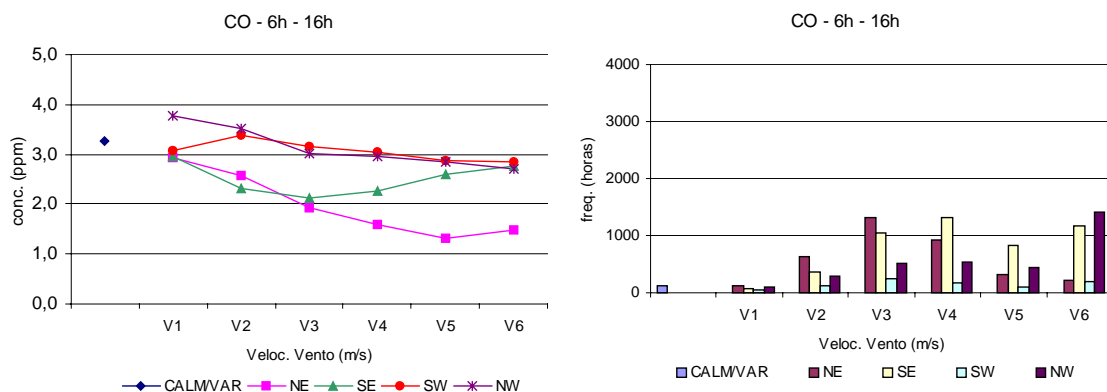


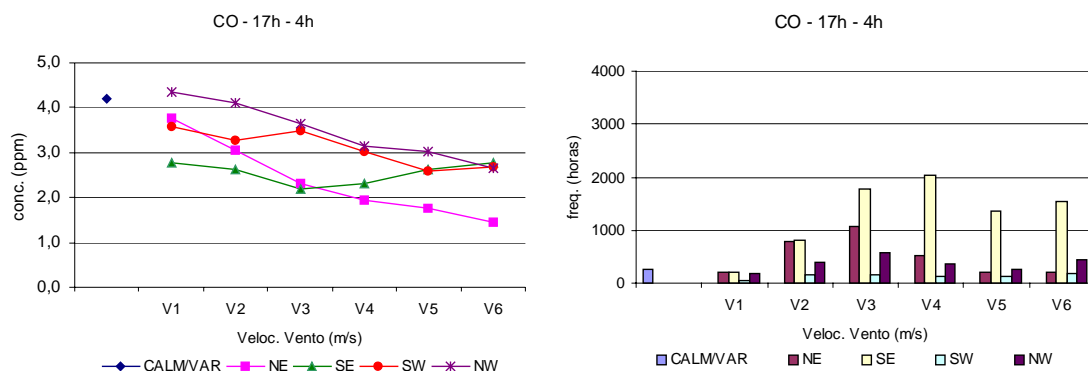
**Figura 23 - CO – Distribuição das médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**



**Figura 24 - CO- Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**

A figura 25 mostra os perfis de concentração bem como a freqüência de ocorrência de CO em função da direção e velocidade do vento.





**Figura 25 - CO- Médias e frequência de ocorrência (horas) nos períodos das 6h às 16h e das 17h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos medidos a 50m da superfície no período de 1999 a 2002**

A figura 25 mostra que as concentrações médias mais elevadas de CO foram observadas com ventos fracos de NW e nos períodos de calmaria e vento variável, mais frequentes no período da noite, conforme se observa também na tabela 8 e na figura 20 (rosa de ventos). De maneira geral, as concentrações médias diminuem com o aumento da velocidade do vento, indicando que as condições de dispersão são mais importantes do que o transporte de regiões mais afastadas. Apesar da emissão de CO ser maior no período diurno, devido ao tráfego de veículos, as concentrações ambientais médias de CO no período noturno são equivalentes, o que mostra a persistência deste poluente na atmosfera em condições desfavoráveis de dispersão.

De acordo com a figura 25 no período das 6h às 16h onde a emissão é intensa, a concentração é praticamente a mesma em todas as direções com ventos fracos, v1. Com o aumento da velocidade do vento, a concentração do quadrante NE tende a diminuir, fato que pode ser explicado observando-se a figura 5, que mostra que as vias de tráfego mais intenso não estão tão próximas quanto nos outros quadrantes. As fontes de emissão mais significantes desse quadrante são a Av. Rubem Berta e a Av. Moreira Guimarães, que embora sejam vias de tráfego muito intenso tem menor impacto das emissões sobre a estação, provavelmente, em função da distância e da topografia, já que a captação é feita em um nível mais baixo em relação a estas avenidas.

A NW da estação localizam-se a Al. dos Tupiniquins e a Av. dos Bandeirantes, e a SW a própria Av. dos Bandeirantes. Devida à grande importância dessas fontes de emissão, as concentrações médias de CO tendem a se manter relativamente constantes mesmo com o aumento da velocidade do vento.

A SE da estação, localizam-se vias de tráfego muito intenso, a saber, Av. dos Bandeirantes e Av. Washington Luís. Entretanto, as concentrações médias de CO medidas com ventos provenientes desta direção não foram as mais elevadas detectadas na estação, porém tendem a aumentar a partir de determinada velocidade de vento, sugerindo que há uma emissão de CO nesta direção, cujo transporte passa a ser significativo. Uma área muito extensa deste quadrante é ocupada pelo Aeroporto de Congonhas. Embora as

operações envolvidas nos pousos e decolagens das aeronaves, bem como o funcionamento de veículos de apoio e de outros equipamentos inerentes às atividades aeroportuárias (incineradores, caldeiras, geradores) contribuam para a emissão de poluentes para a atmosfera, é provável que as emissões provenientes de fontes veiculares nas áreas externas ao aeroporto sejam mais significativas.

Um estudo, visando estimar a contribuição das emissões do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ) na qualidade do ar, fez a simulação das concentrações de vários poluentes considerando as emissões do aeroporto e das vias no entorno. Para o CO, as concentrações estimadas provenientes das vias são muito superiores às concentrações estimadas considerando-se apenas as emissões do aeroporto<sup>(7)</sup>. Entretanto, considerando-se que as características de ventilação e estabilidade atmosférica na área do Aeroporto de Congonhas podem ser diferentes das do AIRJ, não é possível descartar a hipótese de as emissões provenientes do aeroporto de Congonhas influenciarem o perfil de concentração, em função de velocidade dos ventos de SE.

Durante a manhã (até às 10h), coincidindo com o primeiro pico de emissão, os ventos de NE e SE são os mais frequentes. Apesar disso, as concentrações observadas com ventos provenientes destas direções não foram as mais elevadas. Quando ocorre o pico de tráfego no final da tarde, os ventos predominantes são de SE, que mantêm frequência elevada ao longo de todo o período, e de NW, cujo impacto sobre a estação se reflete nos elevados níveis de concentração medidos com vento desta direção.

Assim como no período diurno, durante a noite (das 17h às 4h) as concentrações também variam com a direção do vento, indicando que, embora seja importante o efeito da estagnação atmosférica, as concentrações medidas estão diretamente relacionadas com os níveis de emissão no entorno da estação.

Para o CO, esta estação se classifica como representativa de microescala.

### **Episódios de alta concentração**

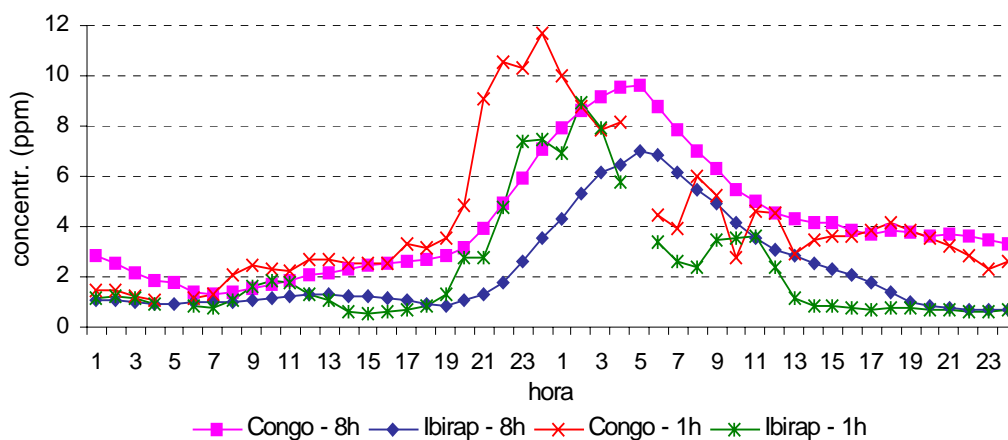
No intuito de identificar se os resultados observados sob condições médias representam o comportamento em situações mais agudas, apresenta-se o comportamento das concentrações de CO nos dias em que a média de 8 horas esteve mais elevada no ano de 2002.

Nos dias 13 e 14 de junho de 2002, condições meteorológicas bastante desfavoráveis à dispersão de poluentes produziram os níveis mais elevados de concentração do ano na estação Congonhas. A tabela 9 apresenta a distribuição dos dados horários de CO, direção e velocidade do vento, onde pode-se observar que as concentrações mais elevadas ocorreram no período noturno, sob condições de calmaria.

**Tabela 9 - Dados de concentração de CO na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 13 e 14/06/2002**

Dia	13-jun-02			14-jun-02		
	Conc. (1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	1,5	1,72	NE	10,0	0,16	NW
02:00	1,5	1,24	NE	8,8	0,52	NW
03:00	1,2	0,61	NE	7,9	0,17	NW
04:00	1,1	1,03	NE	8,2	0,56	NE
05:00	-	-	-	-	-	-
06:00	1,1	1,91	NE	4,4	2,60	NE
07:00	1,3	2,01	NE	3,9	1,99	NE
08:00	2,0	1,75	NE	6,0	1,37	NE
09:00	2,5	1,13	NE	5,2	0,81	NE
10:00	2,3	2,18	SE	2,8	0,10	SE
11:00	2,3	2,59	NE	4,6	1,59	NE
12:00	2,7	3,15	NW	4,6	1,96	NE
13:00	2,7	1,83	NW	2,9	1,89	NW
14:00	2,5	4,95	NW	3,4	6,50	SE
15:00	2,5	4,08	NW	3,6	5,61	SW
16:00	2,5	2,97	NE	3,6	5,01	SE
17:00	3,3	3,77	NW	3,9	4,77	SE
18:00	3,2	2,63	NW	4,2	3,89	SE
19:00	3,5	1,04	NW	3,9	5,16	SE
20:00	4,9	0,97	NW	3,5	3,81	SE
21:00	9,1	0,51	NW	3,2	4,21	SE
22:00	10,6	0,03	SW	2,9	4,65	SE
23:00	10,3	0,67	NE	2,3	2,43	SE
24:00	11,7	0,35	NE	2,6	4,29	SE

A figura 26 apresenta os dados de concentração de 1 hora e média de 8 horas para o mesmo dia das estações Congonhas e Ibirapuera. O objetivo da comparação é identificar se as altas concentrações têm origem em fenômenos exclusivamente locais ou se são observadas também em outras estações, principalmente as representativas de escalas espaciais maiores, e portanto causadas por condições que atingem uma grande área.



**Figura 26 - CO - Médias horárias e móveis de 8 horas nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 13 e 14/06/2002**



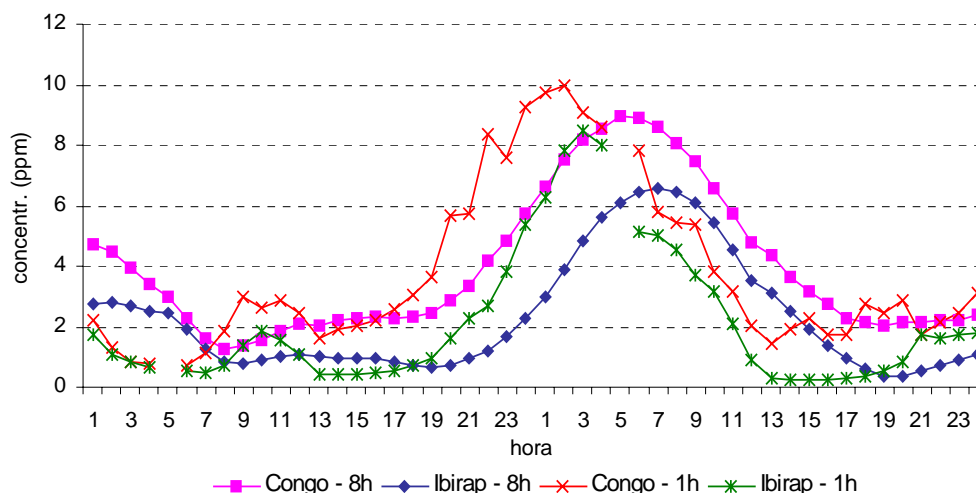
A análise mostra que, apesar de as concentrações horárias em Congonhas serem mais altas, provavelmente associadas ao tráfego de veículos, já que a estação Congonhas está mais próxima de vias de tráfego que a estação Ibirapuera, o perfil é bastante semelhante, ou seja, pode-se perceber que os níveis elevados em Congonhas estão associados a condições meteorológicas desfavoráveis na área metropolitana como um todo.

A análise para os dias 29 e 30 de maio (tabela 10 e figura 27) mostra que a situação é equivalente aos episódios dos dias 13 e 14 de junho, ou seja, as concentrações mais elevadas são observadas no período noturno e madrugada, associados à condição meteorológica de estagnação atmosférica, já que concentrações elevadas foram observadas também na estação Ibirapuera.

Apesar da influência da estagnação atmosférica, o valor da concentração de CO nesses episódios é muito mais elevado em relação aos valores encontrados na estação Ibirapuera, indicando portanto a influência de fontes de emissão veicular próxima à estação, reforçando a indicação de microescala de representatividade para este poluente.

**Tabela 10 - Dados de concentração de CO na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 29 e 30/05/2002**

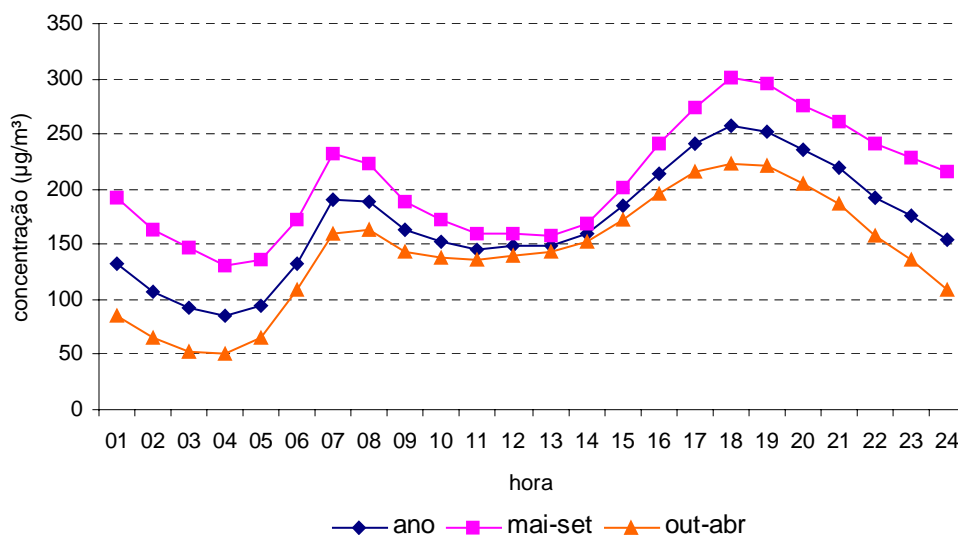
Dia	29-mai-02			30-mai-02		
Hora	Conc. (1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	2,2	5,08	NE	9,7	0,59	NW
02:00	1,3	4,83	NE	-	-	-
03:00	0,8	2,58	NE	9,1	0,57	NE
04:00	0,8	2,38	NE	8,6	0,83	NW
05:00	-	-	-	-	-	-
06:00	0,7	2,23	NE	7,8	0,50	NW
07:00	1,2	2,19	NE	5,8	0,25	NW
08:00	1,9	2,60	NE	5,4	0,91	NE
09:00	3,0	1,82	NE	5,3	0,59	NE
10:00	2,6	1,85	NE	3,8	0,55	NE
11:00	2,9	4,03	NE	3,2	2,59	NW
12:00	2,4	7,38	NW	2,0	5,58	NW
13:00	1,6	6,96	NW	1,4	5,86	NW
14:00	1,9	5,19	NW	1,9	2,80	NW
15:00	2,0	5,82	NW	2,2	3,96	NW
16:00	2,2	5,65	NW	1,7	4,13	NW
17:00	2,6	2,11	NW	1,7	2,62	NW
18:00	3,0	2,06	NW	2,8	1,54	SW
19:00	3,6	1,35	NW	2,4	0,19	SW
20:00	5,7	1,58	NW	2,9	1,76	SE
21:00	5,7	1,76	NW	1,7	1,64	SE
22:00	8,4	1,72	NW	2,1	2,12	NE
23:00	7,6	0,19	SW	2,4	1,47	NE
24:00	9,3	0,30	NE	3,1	1,64	NE



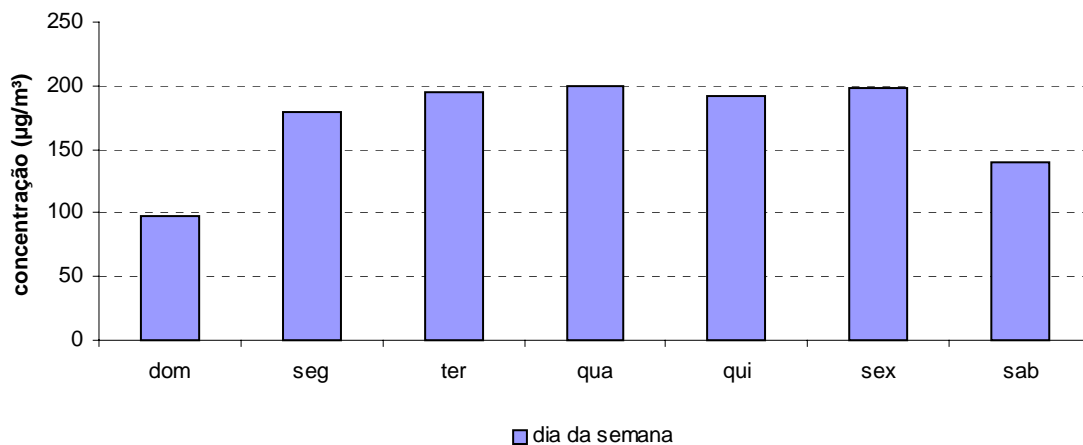
**Figura 27 - CO - Médias horárias e móveis de 8 horas nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 29 e 30/05/2002**

### Monóxido de Nitrogênio – NO

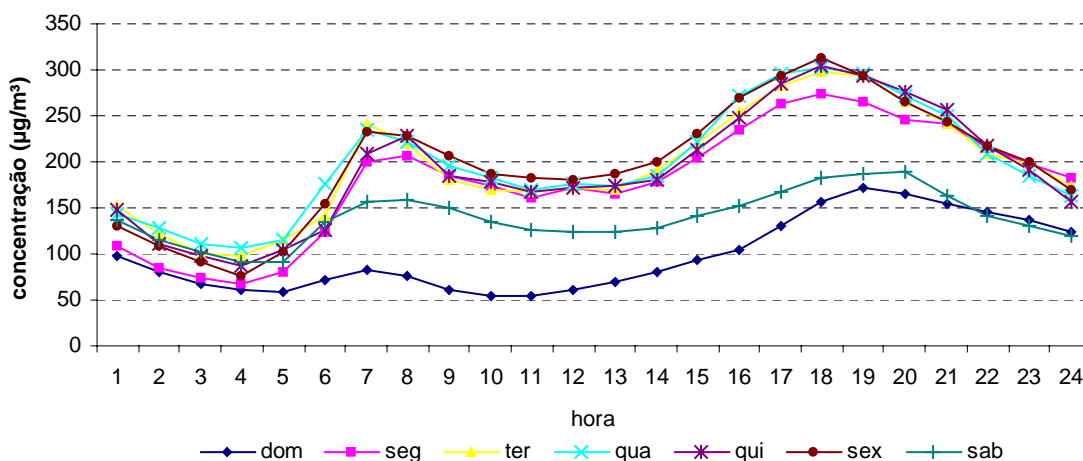
Da mesma forma que para o CO, o perfil das médias de NO por época do ano e ao longo do dia (figuras 28 e 29) mostra que há dois picos de concentração, um no período da manhã entre 7 e 8h e outro no período noturno entre 18 e 19h. Por ser principalmente emitido pelos veículos automotores, também o NO apresenta concentrações mais baixas nos finais de semana, conforme se observa na figura 30, sendo que no domingo a queda é muito significativa em relação às médias dos demais dias da semana.



**Figura 28 - NO - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002**

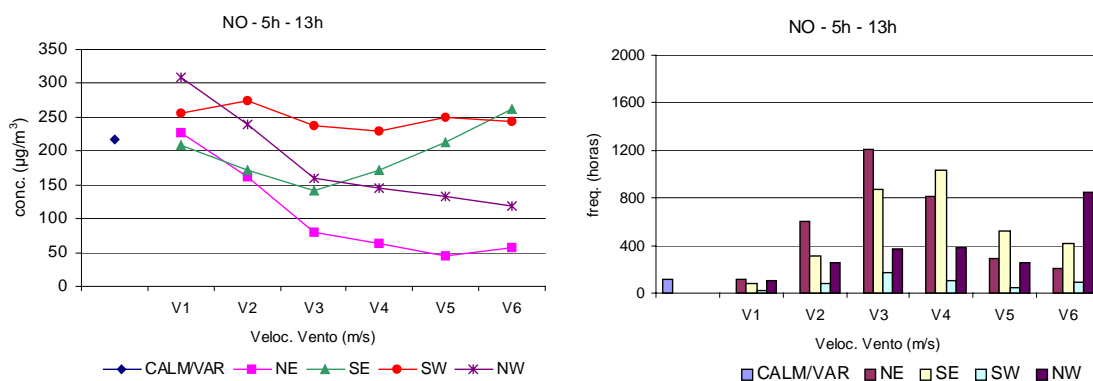


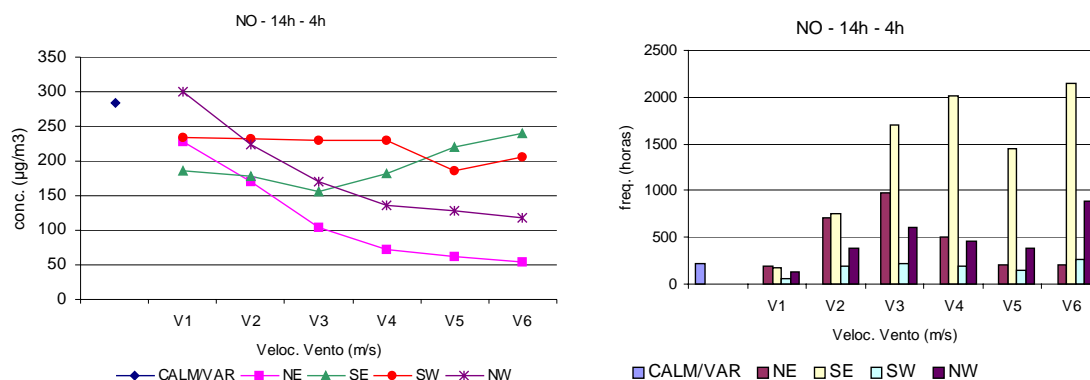
**Figura 29 - NO – Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002**



**Figura 30 - NO - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**

Os gráficos na figura 31 foram elaborados com base nas concentrações médias de NO, velocidade e quadrante dos ventos nesses períodos.





**Figura 31 - NO - Médias e frequência de ocorrência (horas) nos períodos das 5h às 13h e das 14h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1999 a 2002**

Para o NO, observa-se um perfil de concentração em função de direção e velocidade dos ventos semelhante ao do CO, por serem ambos poluentes de origem veicular.

Assim como no caso do CO, as concentrações médias mais elevadas foram registradas com ventos fracos de NW, comprovando a importância das emissões provenientes da Av. dos Bandeirantes e da Al. dos Tupiniquins localizadas neste quadrante.

As concentrações médias detectadas com ventos de SW também foram altas, e mantiveram-se nos mesmos níveis para qualquer velocidade de vento, o que reflete a maior proximidade da estação, neste quadrante, com a Av. dos Bandeirantes, de tal forma, que os poluentes provenientes dos escapamentos dos veículos que trafegam neste trecho da avenida atingem a estação antes mesmo de sofrerem dispersão sob efeito de ventos fortes.

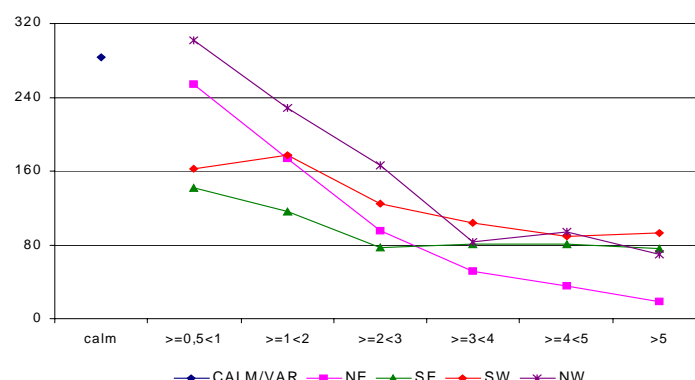
As menores concentrações médias foram registradas com ventos de NE, apesar de localizarem-se nesta direção a Av. Rubem Berta e a Av. Moreira Guimarães. Assim como no caso do CO, atribuiu-se isto ao fato de a estação estar em uma altitude menor em relação a estas avenidas.

No caso do NO, com ventos fortes de SE as concentrações médias aumentam significativamente, chegando, no período da manhã, a superar as concentrações detectadas em condição de calmaria e vento variável, indicando a importância do transporte deste poluente emitido por fontes localizadas nesta direção.

De acordo com o estudo realizado para o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ), as estimativas de emissão de NO do aeroporto, embora menores que as emissões das vias no entorno, são significativas, conforme resultados obtidos na simulação <sup>(7)</sup>.

A figura 32 mostra o comportamento das concentrações médias de NO em função das velocidades dos ventos de SE, no período das 24h às 4h, quando não há operação de pouso e decolagem, dando uma indicação de que as emissões do Aeroporto de Congonhas durante o dia podem, eventualmente, desempenhar um papel relevante nas concentrações médias de NO medidas nesta estação.

Ao contrário do que se observa nos períodos de maior atividade no Aeroporto, na madrugada as concentrações médias de NO não aumentam à medida que aumenta a velocidade do vento, embora ainda haja tráfego de veículos na Av. dos Bandeirantes, sobretudo de veículos pesados.



**Figura 32 - NO - Médias no período das 24h às 4h em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1999 a 2002**

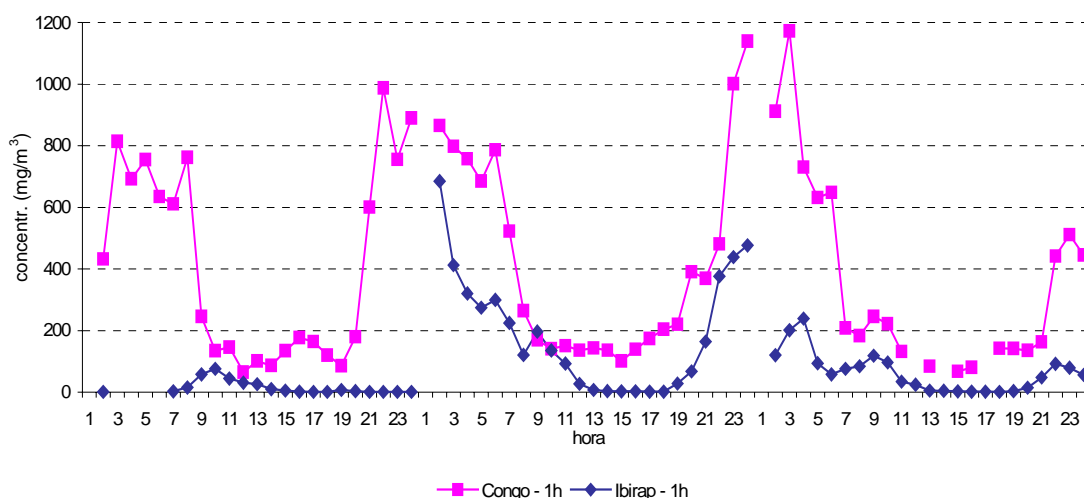
### Episódios de alta concentração

A análise dos dois mais elevados episódios de médias horárias em 2002 estão apresentados a seguir. A condição atmosférica observada nos dias 5, 6 e 7/06 determinou a ocorrência das concentrações mais elevadas desse ano. Nesses dias, as condições de dispersão atmosférica foram bastante desfavoráveis. A máxima concentração horária de NO observada foi de 1173µg/m³, às 3h do dia 7, e a segunda maior concentração foi 1140µg/m³, às 24h do dia 6.

**Tabela 11 - Dados de concentração de NO na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 05, 06 e 07/06/2002**

Dia	05-jun-02			06-jun-02			07-jun-02		
	Conc (1h) µg/m³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02:00	433	1,43	NE	866	1,85	NE	912	1,20	NE
03:00	814	0,62	NE	799	1,05	NE	1173	1,71	NE
04:00	693	1,43	NE	757	0,57	NE	731	2,33	NE
05:00	755	1,09	NE	685	0,69	NE	632	1,96	NE
06:00	634	1,66	NE	786	1,00	NE	648	3,01	NE
07:00	611	1,56	NE	522	2,73	NE	208	2,62	NE
08:00	762	1,33	NE	265	2,83	NE	183	1,87	NE
09:00	245	2,18	NE	170	1,95	NE	246	0,99	NE
10:00	135	2,22	NE	141	1,38	NE	223	2,93	NE
11:00	146	2,97	NE	151	2,71	NE	132	5,42	NW
12:00	65	4,34	NE	136	2,56	NW	-	-	-
13:00	101	6,06	NW	144	4,86	NW	84	8,79	NW
14:00	86	5,18	NW	136	9,31	NW	-	-	-
15:00	134	5,06	NW	101	3,59	NW	67	12,26	NW
16:00	177	4,26	NW	139	6,38	NW	80	7,74	NW
17:00	165	4,16	NW	175	3,62	NW	-	-	-
18:00	120	3,42	NW	204	1,69	NW	143	4,06	NW
19:00	86	2,72	NW	220	1,10	NW	142	3,67	NW
20:00	180	2,83	NW	391	0,23	NE	136	4,31	NW
21:00	601	1,28	NW	369	1,13	NE	163	6,10	NW
22:00	988	1,36	NW	481	1,29	NE	442	2,10	NW
23:00	756	1,06	NE	1001	1,05	NE	512	4,70	NW
24:00	891	0,22	NW	1140	0,55	NE	445	2,99	NW

O gráfico comparativo com a estação Ibirapuera (figura 33) mostra que concentrações elevadas foram também observadas nesta última, associadas portanto a uma condição meteorológica em escala urbana.



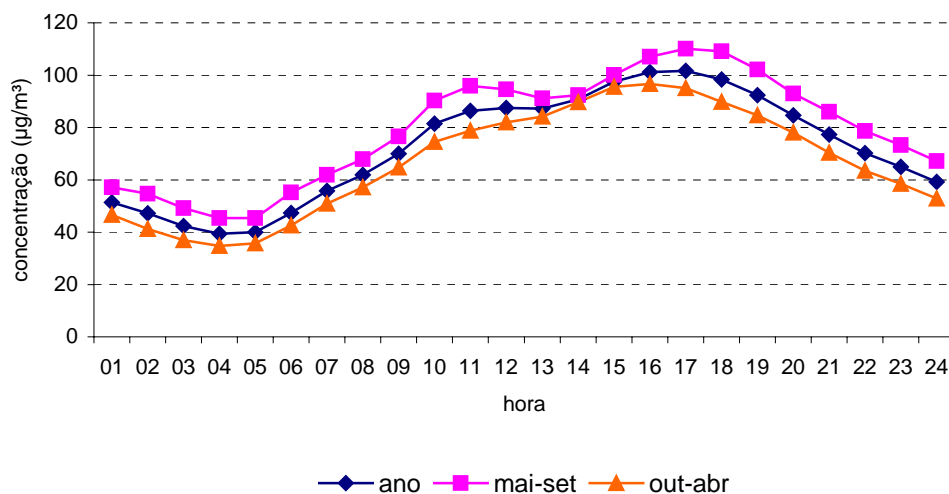
**Figura 33 - NO - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 05, 06 e 07/06/2002**

Analisando-se os dados dos dois maiores episódios de NO na estação Congonhas é possível verificar que eles foram observados com ventos fracos soprando dos quadrantes NW e NE. Observou-se também o predomínio de um anticiclone subtropical sobre a região, que antecede a entrada de frentes frias e, geralmente, provoca ventos de rajada de NW durante o dia gerando condições de estabilidade atmosférica, com ventos fracos ou com muitas horas de calma, principalmente durante a noite e a madrugada, o que propicia condições desfavoráveis à dispersão dos poluentes atmosféricos.

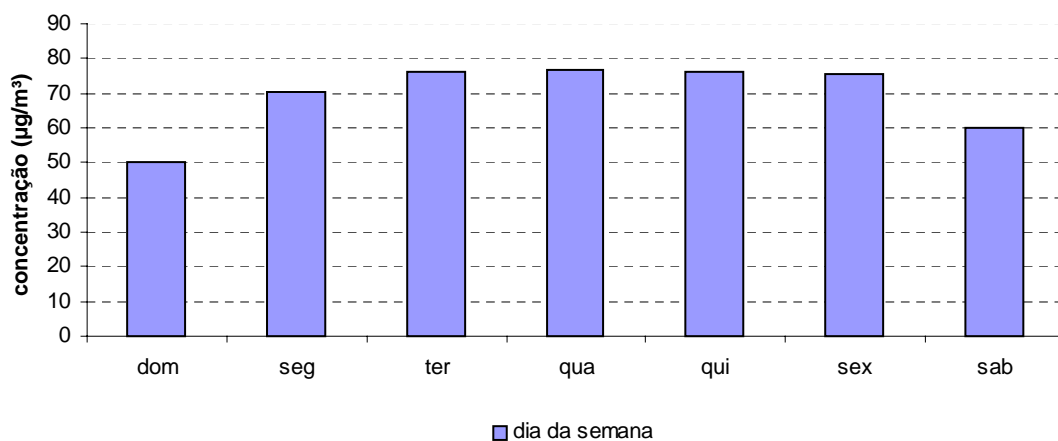
Apesar da influência da estagnação atmosférica, o valor da concentração de NO nesses episódios são muito mais elevados em relação aos valores encontrados na estação Ibirapuera, indicando portanto a influência das fontes de emissão veicular próximas à estação, reforçando a indicação de microescala de representatividade para esse poluente.

### **Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub>**

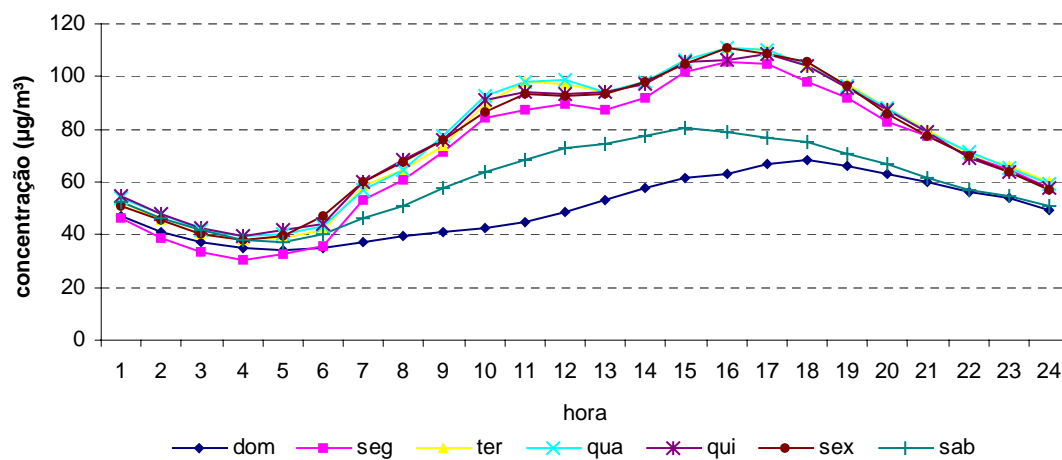
Na figura 34 observa-se que as médias horárias por época do ano para o NO<sub>2</sub> apresentam uma tendência de crescimento a partir das 5h que se mantém ao longo do dia, culminando com um pico de concentração às 17h. A figura 35 mostra que as concentrações deste poluente encontram-se um pouco mais baixas nos finais de semana, já a figura 36 mostra o perfil de concentração de NO<sub>2</sub> (média horária), para cada dia da semana.



**Figura 34 –  $\text{NO}_2$  - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002**

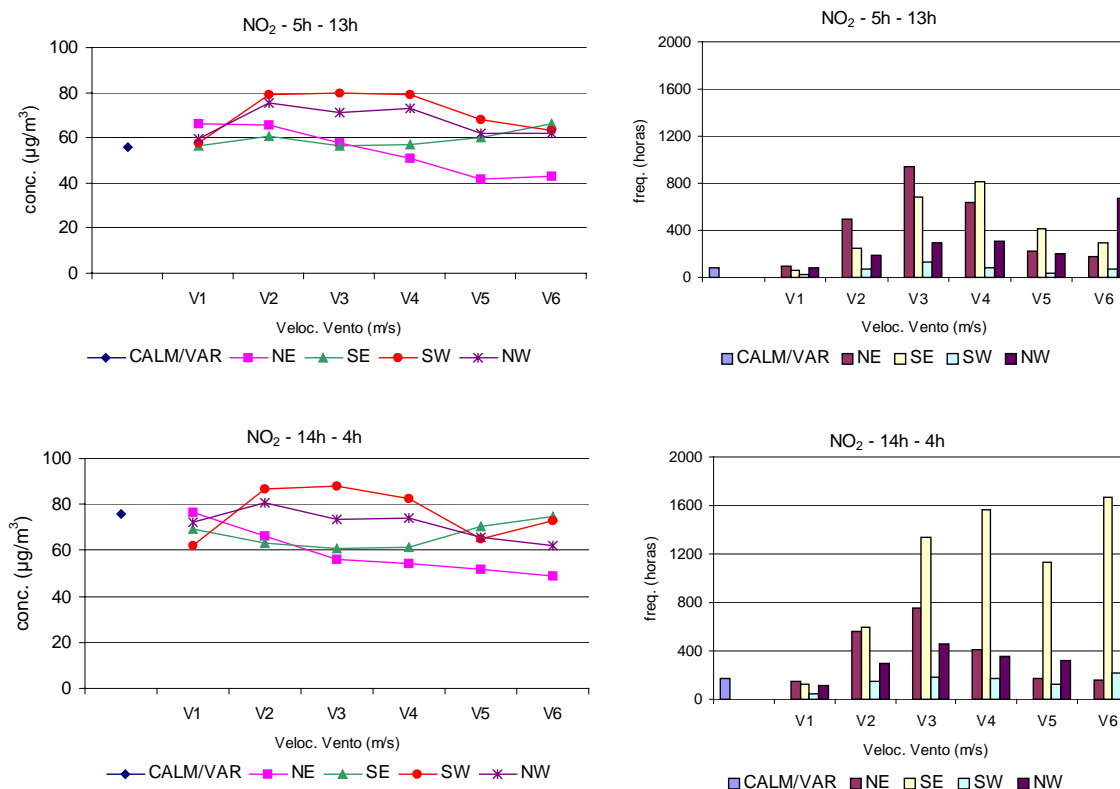


**Figura 35 -  $\text{NO}_2$  – Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002**



**Figura 36 -  $\text{NO}_2$  - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**

Os gráficos apresentados na figura 37 consideraram as concentrações médias de  $\text{NO}_2$  nos períodos das 5h às 13h e das 14h às 4h.



**Figura 37 -  $\text{NO}_2$  - Médias e frequência de ocorrência nos períodos das 5h às 13h e das 14h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2002**

A figura 37 mostra que em condições de calmaria e vento variável, as concentrações na atmosfera são um pouco menores no período da manhã. Apesar disso, os perfis de concentração em função de direção e velocidade do vento foram muito parecidos em ambos os períodos analisados. Deve-se considerar que o  $\text{NO}_2$  é um poluente predominantemente de origem secundária, ou seja, formado na atmosfera como produto de reações químicas. Tal característica resulta no fato de que as concentrações tendem a ser mais homogêneas, representativas de áreas maiores, e portanto menos influenciadas por fontes de poluição próximas.

De maneira geral, as concentrações mais elevadas foram medidas com ventos de SW e de NW. Nestas direções localizam-se a Av. dos Bandeirantes e a Al. dos Tupiniquins. As concentrações médias tenderam a ser mais elevadas com velocidades de vento intermediárias, refletindo a importância que assume o transporte de  $\text{NO}_2$  nestas condições.

Com ventos de SE, os níveis de concentração em função da velocidade mantiveram-se praticamente inalterados, indicando que mesmo com ventos fortes o efeito do transporte se contrapõe ao efeito de dispersão.



Com ventos de NE, observou-se a diminuição das concentrações de NO<sub>2</sub> com o aumento de velocidade do vento. A redução foi menos acentuada do que no caso do NO e do CO, pois o NO<sub>2</sub> forma-se na atmosfera e o transporte de locais mais distantes é favorecido com ventos fortes.

No que diz respeito à escala de representatividade para NO<sub>2</sub>, esta estação sofre o impacto de emissões de fontes próximas, mas também é capaz de detectar a influência de precursores emitidos por fontes distantes do local de amostragem.

### Episódios de alta concentração

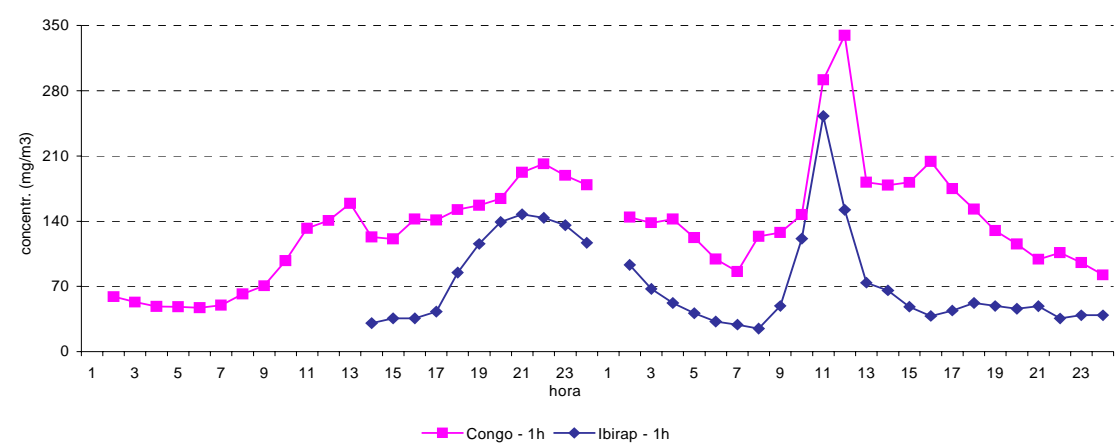
Apesar de as concentrações mais elevadas de NO<sub>2</sub>, média de todos os dias, ocorrerem entre as 17 e 18h (ver figura 34), ou seja, coincidindo com o pico de tráfego no início da noite, a análise considerando o dia de ultrapassagem do PQAr primário de NO<sub>2</sub> (320µg/m<sup>3</sup> - 1hora) mostra que ele ocorreu às 12h (figura 38), em concordância com o esperado em termos do ciclo fotoquímico na atmosfera.

**Tabela 12 - Dados de concentração de NO<sub>2</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 13 e 14/06/2002**

Dia	13-jun-02			14-jun-02		
Hora	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	-	-	-	-	-
02:00	59	1,24	NE	144	0,52	NW
03:00	53	0,61	NE	138	0,17	NW
04:00	48	1,03	NE	142	0,56	NE
05:00	48	1,61	NE	122	0,84	NE
06:00	47	1,91	NE	99	2,6	NE
07:00	50	2,01	NE	86	1,99	NE
08:00	62	1,75	NE	124	1,37	NE
09:00	71	1,13	NE	128	0,81	NE
10:00	98	2,18	SE	147	0,1	SE
11:00	132	2,59	NE	292	1,59	NE
12:00	141	3,15	NW	339	1,96	NE
13:00	159	1,83	NW	182	1,89	NW
14:00	123	4,95	NW	179	6,5	SE
15:00	121	4,08	NW	182	5,61	SW
16:00	142	2,97	NE	204	5,01	SE
17:00	141	3,77	NW	175	4,77	SE
18:00	152	2,63	NW	153	3,89	SE
19:00	157	1,04	NW	130	5,16	SE
20:00	164	0,97	NW	115	3,81	SE
21:00	192	0,51	NW	99	4,21	SE
22:00	202	0,03	SW	106	4,65	SE
23:00	189	0,67	NE	95	2,43	SE
24:00	179	0,35	NE	82	4,29	SE

É interessante observar que, mesmo no período de alta estagnação atmosférica, como no dia 7/06, quando as concentração mais altas de NO

foram observadas à noite, as concentrações mais altas de NO<sub>2</sub> foram observadas durante o dia.

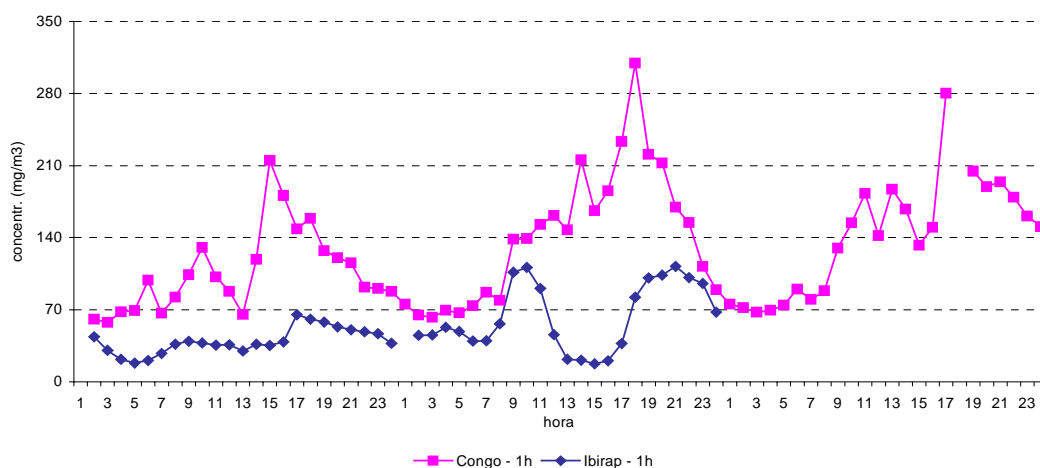


**Figura 38 - NO - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 13 e 14/06/2002**

Diferentemente do caso anterior, o segundo maior episódio ocorreu às 18h do dia 10/10. Esse fato se deve à conversão do NO emitido, principalmente pelos veículos, em NO<sub>2</sub> e pelo transporte desse poluente de locais mais distantes, uma vez que foi observada a presença de ventos fortes momentos antes do episódio.

**Tabela 13 - Dados de concentração de NO<sub>2</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 09, 10 e 11/10/2002**

Dia	09-out-02			10-out-02			11-out-02		
	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	-	-	75	2,82	SE	75	4,13	SE
02:00	61	4,24	SW	65	2,25	SW	72	3,23	SE
03:00	58	3,93	SE	63	1,25	SE	68	2,58	SE
04:00	68	3,23	SE	69	1,90	SE	69	1,24	SW
05:00	69	2,33	SE	67	0,85	SE	74	1,10	SE
06:00	99	1,39	SE	74	0,82	SE	90	0,71	SE
07:00	67	1,66	SE	87	0,97	SE	80	1,64	SE
08:00	82	1,58	NE	79	1,75	NE	88	1,91	NE
09:00	104	2,19	NE	138	2,36	NE	130	2,84	NE
10:00	130	3,30	NE	139	1,61	NE	154	2,86	NE
11:00	102	5,01	NE	153	2,52	NE	183	3,22	NE
12:00	88	5,39	NE	162	5,57	NW	142	1,85	NW
13:00	66	2,28	NW	147	3,20	NW	187	4,09	NW
14:00	119	1,04	SW	216	1,78	NW	168	2,17	NW
15:00	215	5,63	SE	166	2,25	NW	133	2,25	SW
16:00	181	4,37	SE	185	1,38	SW	150	1,20	NE
17:00	148	4,02	SE	233	6,37	SW	280	2,75	NW
18:00	159	2,34	SW	310	4,10	SE	-	-	-
19:00	127	4,12	SE	221	2,53	SE	204	2,84	SE
20:00	121	4,25	SE	212	3,40	SE	190	2,84	SE
21:00	115	3,19	SE	169	2,36	SE	194	2,20	SE
22:00	92	3,54	SE	154	1,93	SE	179	0,70	SE
23:00	91	2,25	SE	112	2,36	SE	161	1,40	SE
24:00	88	1,98	SE	89	4,25	SW	151	2,31	NE

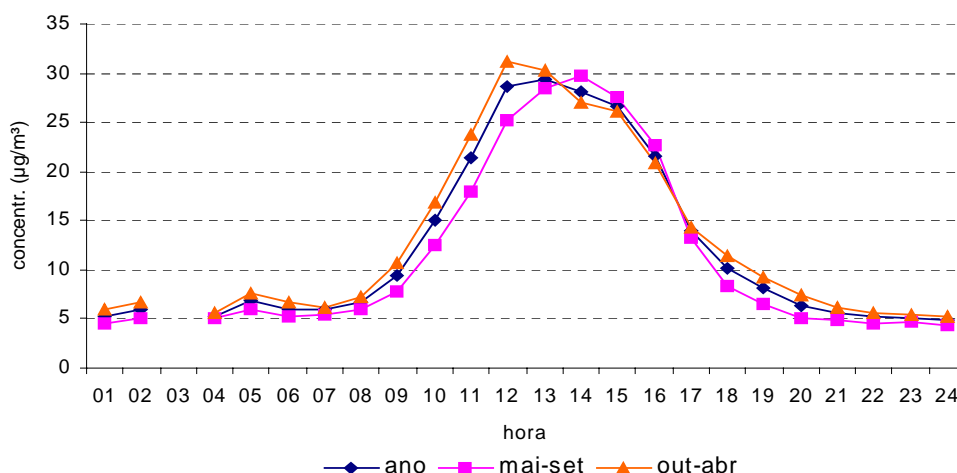


**Figura 39 - NO<sub>2</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 09, 10 e 11/10/2002**

Assim, para o NO<sub>2</sub>, a análise desses episódios e dos valores mais altos em 2002 mostra que eles ocorreram como efeito do transporte em grande escala e principalmente pela conversão do NO emitido por fontes no entorno, em média escala, onde destaca-se o tráfego de veículos automotores.

### Ozônio – O<sub>3</sub>

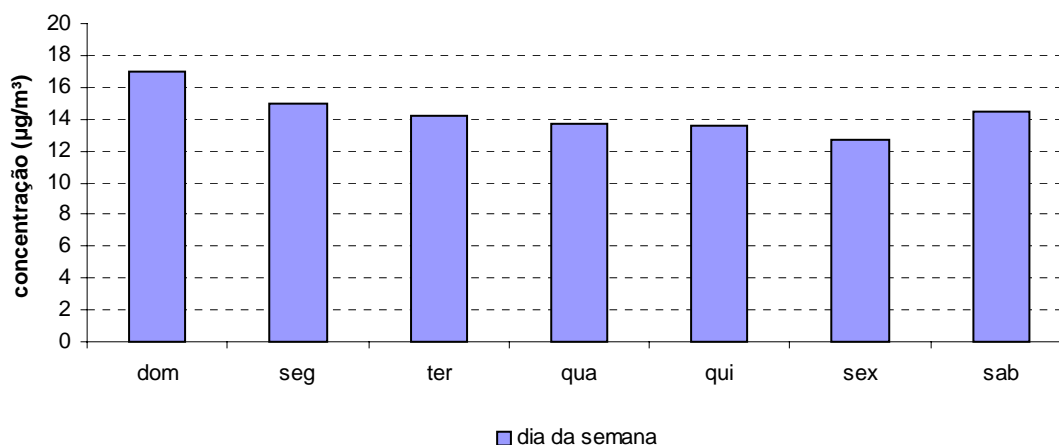
O ozônio possui um perfil de concentrações médias ao longo do dia bastante diferente dos demais poluentes, pois apresenta um máximo de concentração no período da tarde, entre 12h e 17h, conforme apresentado na figura 40. Esse fenômeno ocorre devido ao ciclo de formação do O<sub>3</sub>, que depende não somente da presença de precursores (COVs e NOx), mas também de parâmetros meteorológicos como radiação e temperatura mais elevados nesse período. Além disso, pode-se observar também que as concentrações médias são mais baixas nos meses de inverno, ou seja, comportamento oposto ao dos demais poluentes, que têm as concentrações mais altas nesse período devido à maior estagnação atmosférica.



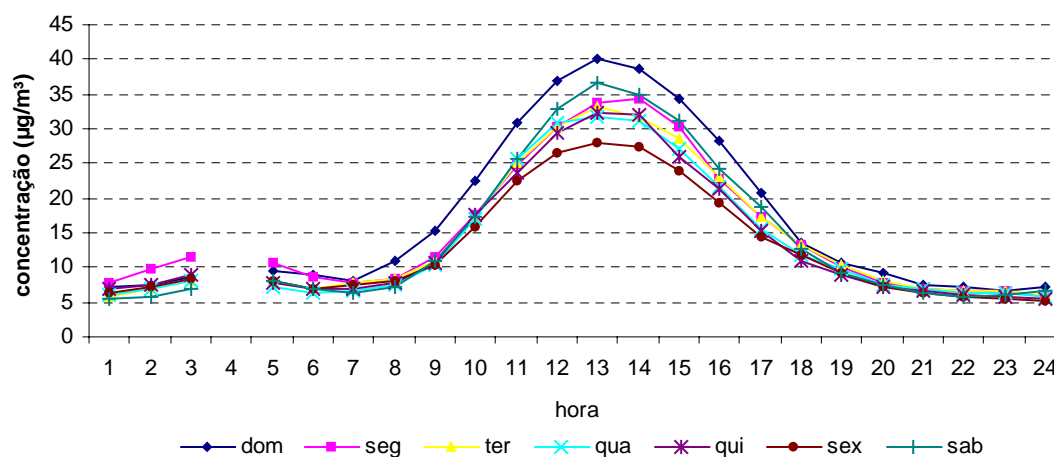
**Figura 40 - O<sub>3</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2001**

A análise por dia da semana (figura 41) mostra um comportamento diferenciado para o  $O_3$  com relação aos demais poluentes. Observa-se que, na média, as concentrações no domingo são as mais elevadas. Isto deve ocorrer pela diminuição da emissão de  $NO$ , que consome parte do  $O_3$  detectado na estação.

Na figura 42, observamos que a madrugada da segunda-feira apresenta as médias horárias mais elevadas, em continuidade às elevadas concentrações observadas no domingo.



**Figura 41 –  $O_3$  – Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002**

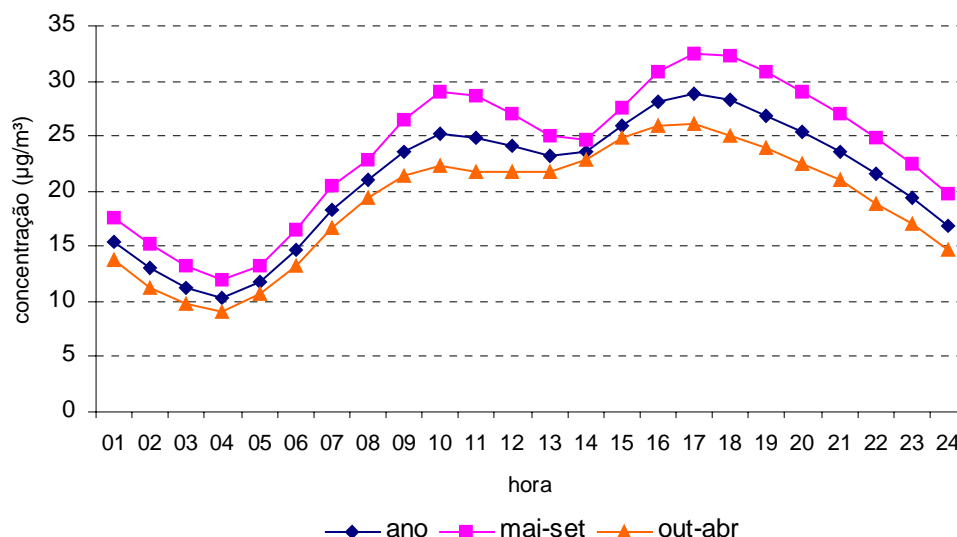


**Figura 42 -  $O_3$  - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**

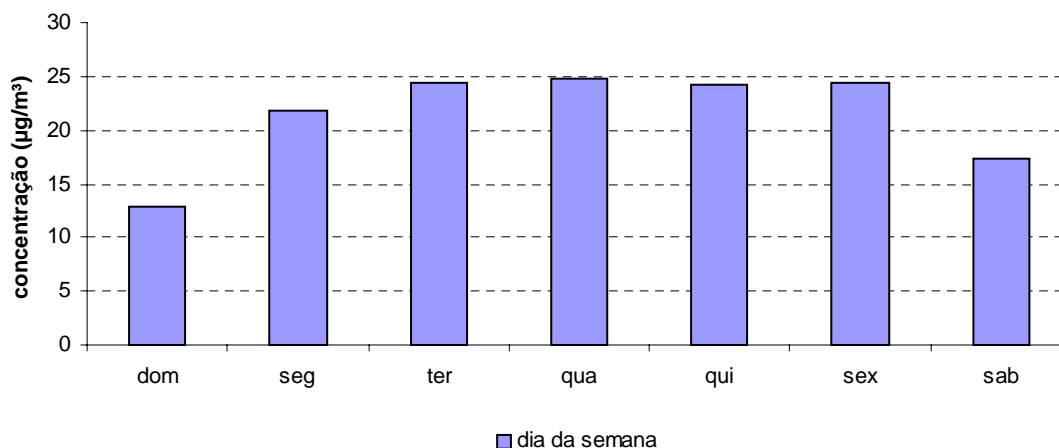
O curto período de aquisição simultânea de dados de concentração e de direção e velocidade de vento não permite a interpretação dos perfis, conforme apresentado para os outros poluentes.

## Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>

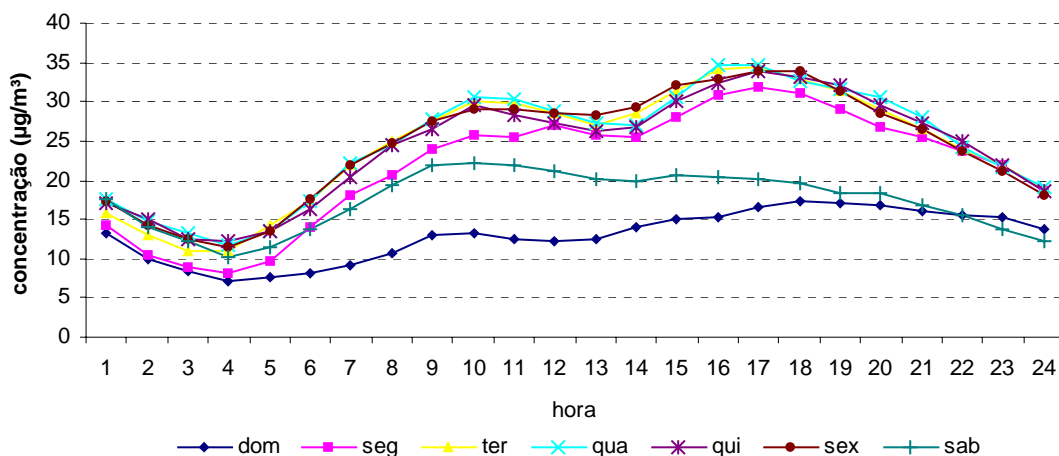
Os perfis das médias de SO<sub>2</sub> por períodos do ano e por dia da semana, com dados obtidos no período de 1997 a 2002, são apresentados respectivamente nas figuras 43 e 44. Na figura 45 é apresentado o perfil de concentração ao longo do dia. As maiores concentrações foram observadas nos picos de trânsito, às 17h.



**Figura 43 – SO<sub>2</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002**

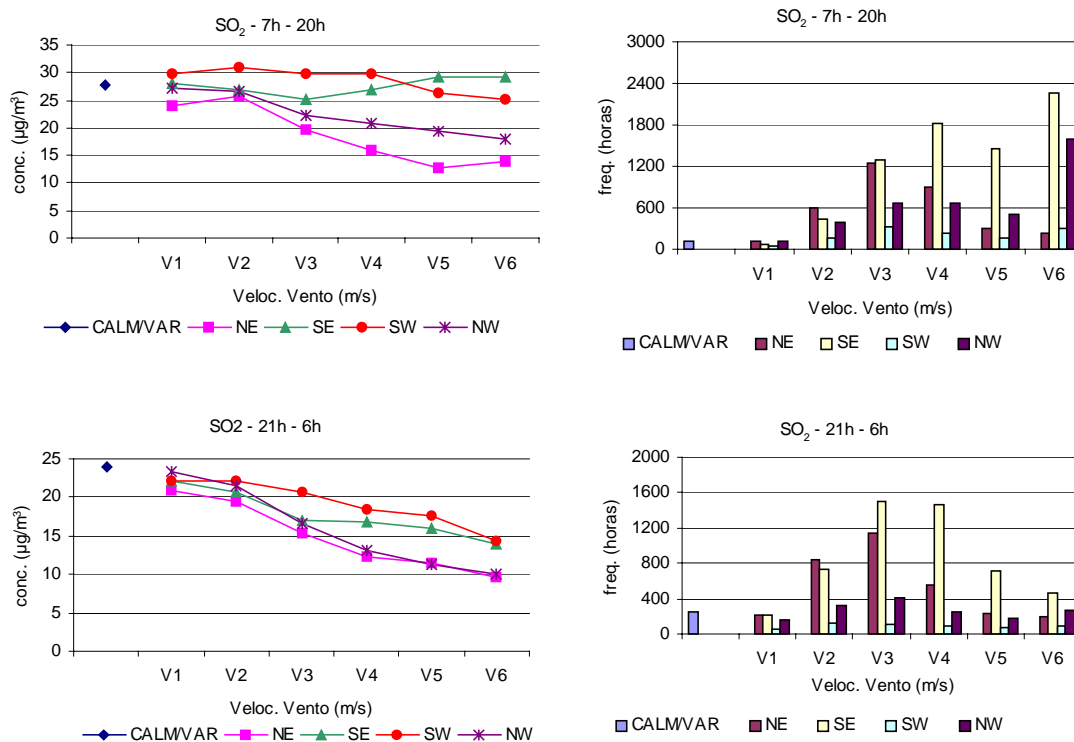


**Figura 44 – SO<sub>2</sub> – Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002**



**Figura 45 - SO<sub>2</sub> - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**

A figura 46 mostra as concentrações médias de SO<sub>2</sub> em função da variação do quadrante e da velocidade dos ventos para os períodos das 7h às 20h e das 21h às 6h.



**Figura 46 - SO<sub>2</sub> - Médias e freqüência de ocorrência nos períodos das 7h às 20h e das 21h às 6h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2002**

No período noturno, os níveis de concentração caíram com o aumento da velocidade do vento. Os perfis de concentração em função de direção do vento foram muito semelhantes para ventos fracos, porém, com o aumento de

velocidade, observou-se uma queda menos abrupta de concentração com ventos de SW e de SE (Av. dos Bandeirantes), do que com ventos de NE (Av. Rubem Berta e Av. Moreira Guimarães) e de NW (Av. dos Bandeirantes e Al. Tupiniquins).

No período das 7h às 20h, que abrange os horários de pico de emissão de SO<sub>2</sub>, observa-se que as concentrações mais elevadas ocorreram com ventos de SE e de SW e tenderam a se manter estáveis mesmo com o aumento da velocidade dos ventos, indicando que, além das emissões de fontes próximas, medidas com ventos fracos, também são importantes emissões de fontes mais distantes, que atingem a estação quando transportadas pelo vento. Com ventos de SE, observou-se até mesmo um pequeno aumento das concentrações médias de SO<sub>2</sub> com a velocidade do vento.

A interpretação dos perfis de concentração, em função de direção e de velocidade do vento, permitem que esta estação seja classificada como representativa de micro escala.

### Episódios de alta concentração

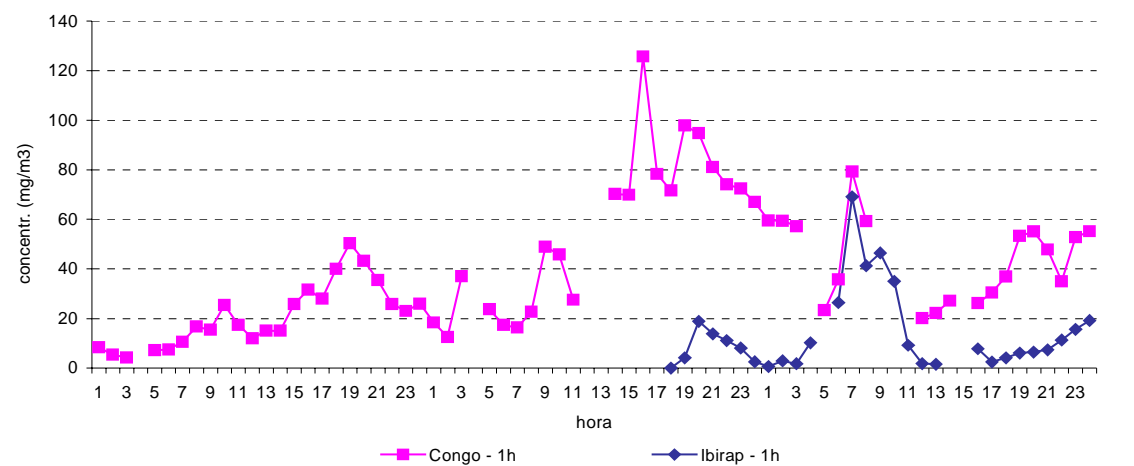
A tabela 14 apresenta as concentrações horárias e vento para os dias em que as concentrações de 1 hora foram as mais altas observadas em Congonhas em 2002 e na figura 47 são comparados esses dias com as concentrações observadas na estação Ibirapuera.

**Tabela 14 - Dados de concentração de SO<sub>2</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 23, 24 e 25/04/2002**

Dia	23-abr-02			24-abr-02			25-abr-02		
Hora	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	8	2,93	SE	18	1,65	NE	60	0,83	NW
02:00	5	3,45	SE	13	2,50	NE	59	0,60	NW
03:00	4	4,31	SE	37	2,43	NE	57	0,43	NW
04:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05:00	7	4,89	NE	24	0,99	NE	23	1,77	NE
06:00	7	5,06	NE	17	1,87	NE	36	1,43	NE
07:00	11	4,36	NE	16	1,84	NE	79	1,97	NE
08:00	17	8,51	NE	23	2,03	NE	59	1,91	NE
09:00	15	4,34	NE	49	1,59	NE	-	-	-
10:00	25	4,40	NE	46	1,55	NE	-	-	-
11:00	17	3,83	NE	28	4,60	NW	-	-	-
12:00	12	4,35	NE	-	-	-	20	6,16	NW
13:00	15	4,67	NW	-	-	-	22	5,04	NW
14:00	15	3,98	NE	70	3,05	NW	27	3,60	NW
15:00	26	3,66	NW	70	2,67	SW	-	-	-
16:00	32	1,26	NE	126	1,53	NW	26	3,33	NW
17:00	28	2,35	NW	78	3,29	NW	30	2,97	NW
18:00	40	3,18	NW	72	1,75	NW	37	2,43	NW
19:00	50	3,02	SE	98	2,57	SE	53	1,70	NW
20:00	43	2,40	SE	95	1,78	SE	55	2,40	NW
21:00	36	1,08	SE	81	0,83	SE	48	1,49	NW
22:00	26	1,43	SE	74	1,53	NE	35	1,64	NW
23:00	23	1,19	SE	72	1,21	NE	53	1,63	NW
24:00	26	1,64	NE	67	0,99	NE	55	0,79	NW

No dia 24/04, um máximo de cerca de 126µg/m<sup>3</sup> de concentração de SO<sub>2</sub> foi observado às 16h, com ventos do quadrante NW. Ventos provenientes desse

quadrante estão relacionados com dias que antecedem a entrada de frentes frias durante a noite e madrugada. Apesar de ser o valor horário mais elevado do ano, não pode ser considerado alto pois o PQAr é de 320µg/m³, como média de 24 horas.



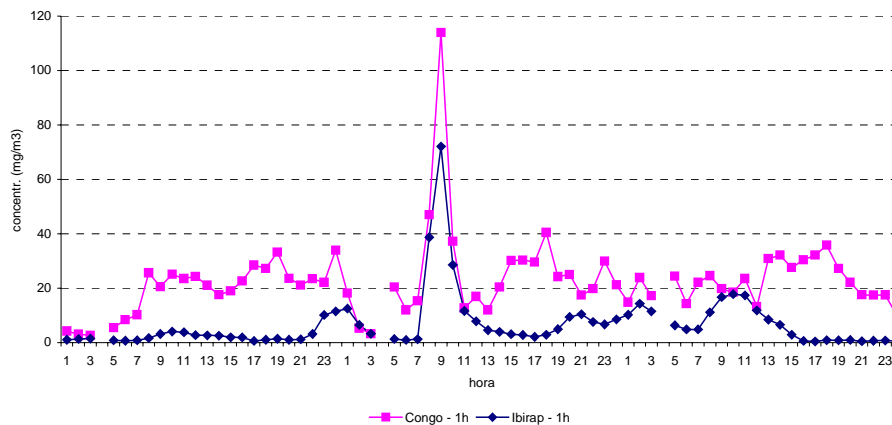
**Figura 47 - SO<sub>2</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para o dia 23, 24 e 25/04/2002**

No dia 20/11, observou-se uma concentração horária de 114µg/m³, às 9h, com ventos do quadrante NE de 2,54m/s.

**Tabela 15 - Dados de concentração de SO<sub>2</sub> na estação Congonhas e ventos registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 19, 20 e 21/11/2002**

Dia	19-nov-02			20-nov-02			21-nov-02		
	Conc (1h) µg/m³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	4	5,76	NW	18	2,26	NE	15	2,48	NE
02:00	3	6,98	NW	5	1,05	SE	24	2,11	NE
03:00	3	6,20	NW	3	0,65	NE	17	1,66	NE
04:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05:00	5	2,82	NW	20	1,09	NE	24	2,43	SE
06:00	8	5,17	NW	12	1,49	NE	14	2,62	NE
07:00	10	5,25	NW	15	3,67	NE	22	4,26	NE
08:00	26	3,96	NW	47	2,25	NE	25	2,96	NE
09:00	21	3,50	NW	114	2,54	NE	20	3,53	NE
10:00	25	6,30	NW	37	2,76	NE	19	1,41	NW
11:00	24	6,23	NW	13	2,79	NE	24	1,50	NE
12:00	24	4,99	NW	17	2,39	NW	13	2,87	NW
13:00	21	5,95	NW	12	3,23	NW	31	2,41	SW
14:00	18	4,15	NW	20	2,24	SW	32	7,61	SE
15:00	19	2,79	NW	30	4,74	SE	28	8,29	SW
16:00	23	6,26	SE	30	5,39	SW	30	8,19	SE
17:00	28	5,14	SE	30	5,58	SE	32	7,26	SE
18:00	27	5,60	SE	40	2,65	SE	36	7,67	SE
19:00	33	5,93	SE	24	2,70	SE	27	9,12	SW
20:00	24	3,81	SE	25	2,73	SE	22	8,16	SW
21:00	21	3,31	SE	17	2,29	SE	18	7,43	SE
22:00	23	3,23	SE	20	2,60	SE	17	7,58	SE
23:00	22	2,63	SE	30	2,15	NE	17	8,08	SE
24:00	34	2,69	SE	21	1,97	NE	10	5,38	SE





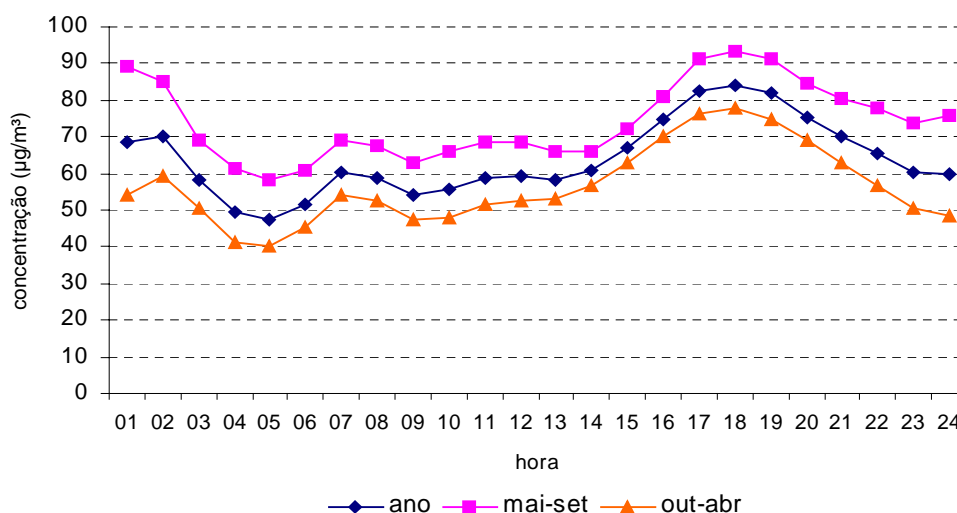
**Figura 48 - SO<sub>2</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para o dia 19, 20 e 21/11/2002**

A estação Congonhas sofre o impacto de emissões deste poluente de fontes próximas, mas de acordo com a figura 48, onde a concentração de SO<sub>2</sub> às 9h do dia 20/11 é a mais alta observada tanto na estação Congonhas como na Ibirapuera, mostra que esse episódio ocorreu na cidade de uma forma geral

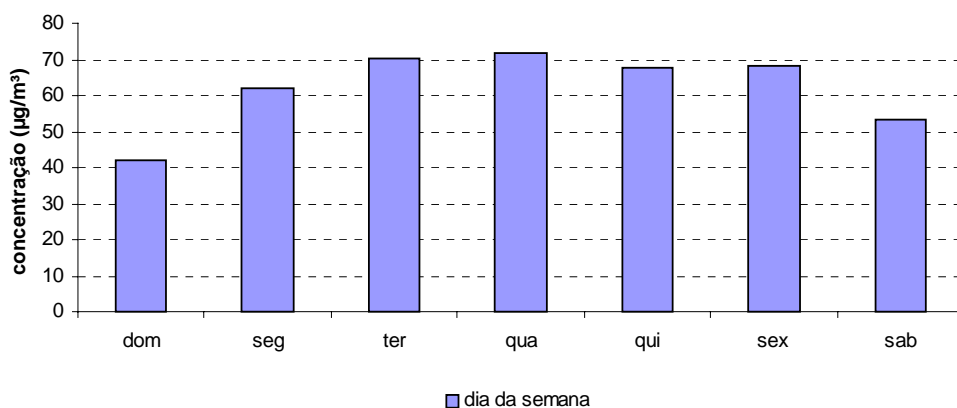
#### **Partículas Inaláveis - MP<sub>10</sub>**

As figuras 49, 50 e 51 ilustram respectivamente a distribuição das concentrações médias por época do ano e ao longo do dia para o período de 1997 a 2002. Na figura 49 é possível identificar que as concentrações são em média mais altas entre às 17h e 20h, coincidindo com o pico de tráfego do final da tarde.

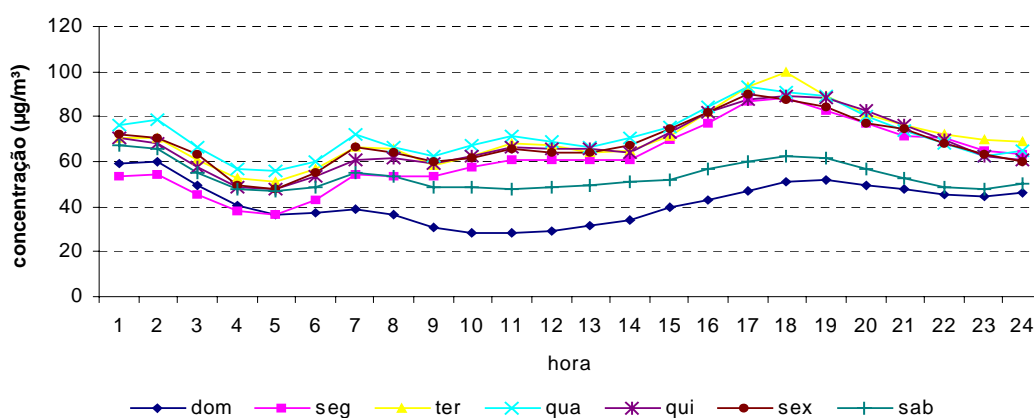
Na figura 51 podemos observar que as concentrações de MP<sub>10</sub> são bem mais baixas nos finais de semana, voltando a subir a partir das 7h da segunda feira, com o início do tráfego veicular.



**Figura 49 – MP<sub>10</sub> - Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2002**

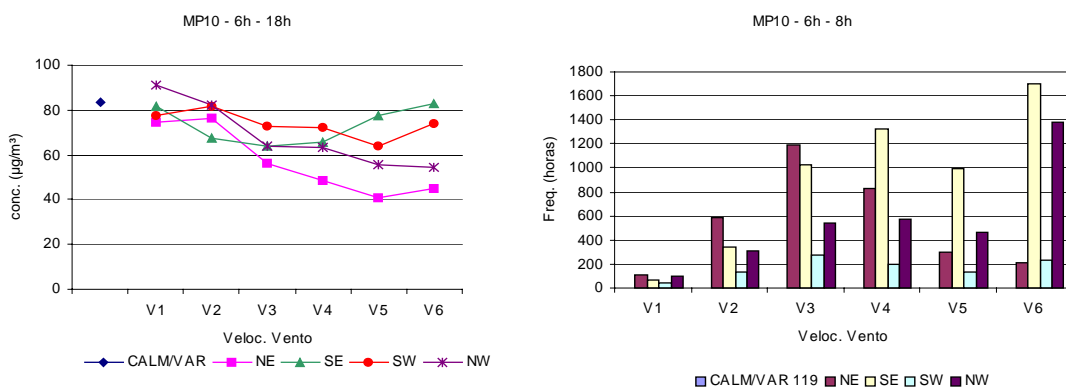


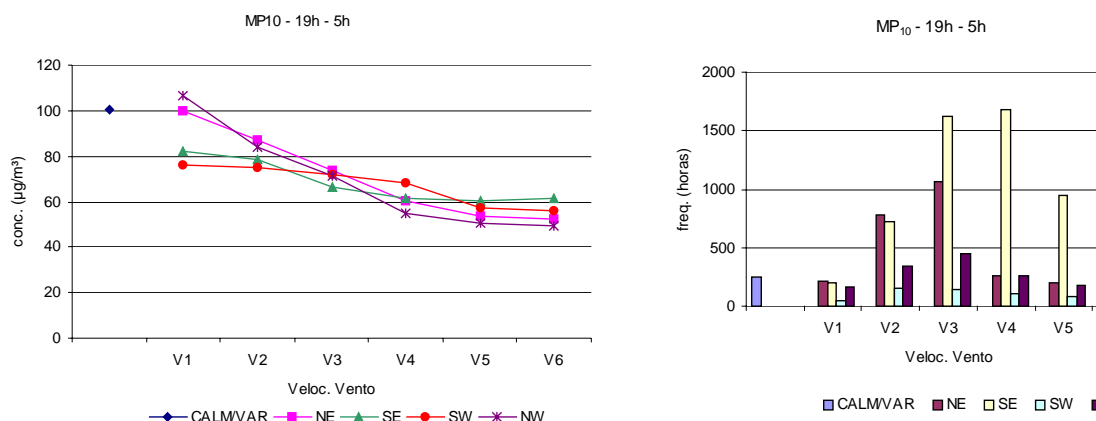
**Figura 50 – MP<sub>10</sub> – Distribuição por dia da semana no período de 1997 a 2002**



**Figura 51 - MP<sub>10</sub> - Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2002**

A figura 52 apresenta as concentrações médias de MP<sub>10</sub> das 6h às 18h e das 19h às 5h conforme variam quadrante e velocidade do vento. Observa-se que em situação de calmaria e ventos fracos, a concentração média foi maior no período da noite, mostrando que além do vento, outros fenômenos meteorológicos como estabilidade atmosférica e inversões térmicas mais próximas ao solo, mais atuantes no período noturno, contribuem para o aumento das concentrações.





**Figura 52 - MP<sub>10</sub> - Médias e freqüência de ocorrência nos períodos das 6h às 18h e das 19h às 5h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2002**

Durante o dia, observou-se uma tendência de aumento das concentrações com ventos fortes, ocasionado possivelmente pela ressuspensão e transporte de poeira.

No período noturno, as concentrações tendem a decrescer com o aumento da velocidade do vento, mas neste caso há pouca diferenciação com a direção do vento, prevalecendo os outros efeitos meteorológicos, observando-se, neste caso, a preponderância do efeito de dispersão, sobre outros fatores, como ressuspensão e transporte.

Assim, para este poluente, a estação representa as concentrações em micro escala.

### Episódios de alta concentração

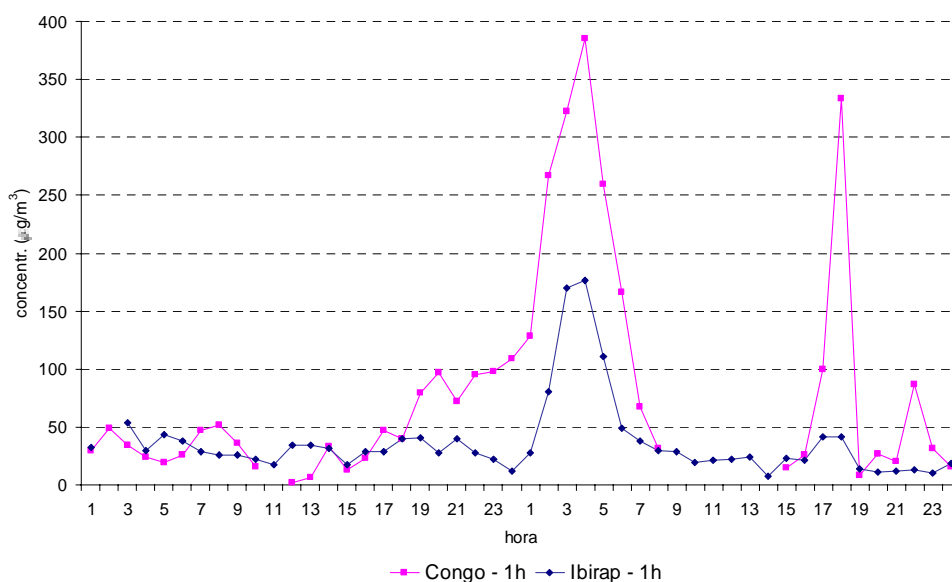
Os dois episódios de mais alta concentração de MP<sub>10</sub> ocorridos em 2002 ocorreram às 16h do dia 24/06 e às 14h do dia 02/07, atingindo concentração horária de 796µg/m<sup>3</sup> e 768µg/m<sup>3</sup> respectivamente. Esses altos valores foram atingidos devido ao processo de fresagem e recapeamento da Av. dos Bandeirantes. Esses episódios não serão utilizados para a caracterização da estação por se tratar de um fato totalmente esporádico.

A análise dos episódios de mais elevada concentração de MP<sub>10</sub> ocorridos em 2002 são apresentados nas tabelas 16 e 17 e figuras 53 e 54. O primeiro episódio que ocorreu às 4h do dia 01 de janeiro mostra que condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes provocaram um aumento da concentração de MP<sub>10</sub>, cuja maior média horária atingiu 385µg/m<sup>3</sup>. Apesar do episódio estar associado a uma condição meteorológica em escala urbana, o nível de concentração atingido reflete não só essa influência mas também uma grande contribuição de fontes locais, que voltaram a se confirmar às 18h. O segundo episódio confirma a influência local que uma estação de microescala possui, ou seja, o episódio é caracterizado por uma acentuada elevação da concentração em um curto período de tempo, sendo que em outras estações, Ibirapuera no caso dessa comparação, esse comportamento

não é observado. Outro fator que diferencia uma estação de microescala é que, apesar do perfil diário indicar que durante a madrugada as condições meteorológicas não contribuem para uma boa dispersão, o episódio ocorreu às 16h do dia 28/02, além do anteriormente citado às 18h do dia 01/01.

**Tabela 16 - Dados de concentração de MP<sub>10</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 31/12/2001 e 01/01/2002**

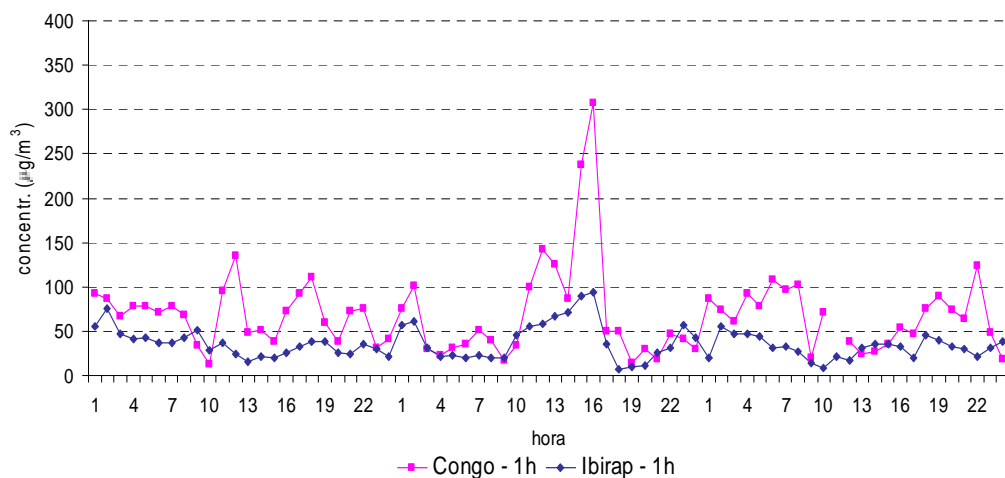
Dia	31-Dez-01			01-Jan-02		
Hora	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	30	2.08	SE	129	2.15	NE
02:00	49	1.97	SE	267	2.83	NE
03:00	34	1.68	SE	322	3.46	NE
04:00	24	0.84	SE	385	1.75	NE
05:00	19	0.34	SW	260	2.18	NE
06:00	26	0.71	SW	166	2.57	NE
07:00	47	0.39	SW	67	2.00	NE
08:00	52	1.78	SW	32	2.44	NE
09:00	36	1.18	SW	-	-	-
10:00	15	2.31	SE	-	-	-
11:00	-	-	-	-	-	-
12:00	2	2.66	NW	-	-	-
13:00	6	2.33	NW	-	-	-
14:00	33	2.37	SW	-	-	-
15:00	13	4.38	NW	15	2.36	NW
16:00	23	3.34	SW	26	6.08	NW
17:00	47	3.97	SW	99	2.79	NW
18:00	40	4.63	SW	333	3.55	NW
19:00	80	2.10	SE	9	2.82	NW
20:00	97	1.03	SE	27	2.92	NW
21:00	72	0.10	NW	20	1.29	NW
22:00	95	0.70	NE	87	1.68	NW
23:00	98	0.49	NW	32	1.53	NW
24:00	109	1.18	NE	16	3.00	NW



**Figura 53 - MP<sub>10</sub> - Médias horárias nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 31/12/2001 e 01/01/2002**

**Tabela 17 - Dados de concentração de MP<sub>10</sub> na estação Congonhas e vento registrados no radar da estação Ibirapuera nos dias 27 e 28/02/2002 e 01/03/2002**

Dia	27-Fev-02			28-Fev-02			01-Mar-02		
Hora	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante	Conc (1h) µg/m <sup>3</sup>	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	93	1.91	SE	76	3.07	NE	87	2.86	NE
02:00	87	1.72	NE	100	1.11	NE	74	2.72	NE
03:00	67	1.73	NE	30	1.92	NE	62	0.93	NE
04:00	79	1.23	NE	22	2.74	NE	93	1.55	NW
05:00	78	1.31	NE	32	2.27	SE	78	1.61	NW
06:00	72	1.23	NE	36	0.71	NE	108	0.70	NW
07:00	79	1.03	NE	51	0.86	NE	97	1.27	NE
08:00	68	1.88	NE	39	0.66	NE	102	1.24	NE
09:00	35	2.36	NW	16	1.25	SE	20	1.91	NE
10:00	12	4.20	NW	34	0.82	NE	71	2.17	NE
11:00	96	3.40	NW	99	0.10	SE	-	-	-
12:00	135	2.45	NW	143	0.38	SW	38	4.47	NW
13:00	48	3.90	NW	126	1.05	SE	24	7.41	NW
14:00	51	3.21	NW	86	2.33	SW	28	6.47	NW
15:00	39	2.17	NW	238	1.96	SW	35	5.35	NW
16:00	72	2.81	SW	308	1.98	SW	53	2.75	SW
17:00	93	2.46	NW	49	1.87	NE	47	4.35	NW
18:00	110	0.58	NW	50	2.83	SW	76	5.06	NW
19:00	60	1.42	NW	14	1.75	SW	90	2.70	NW
20:00	38	1.85	SE	30	2.37	NE	74	2.07	NW
21:00	73	3.00	NE	19	1.58	NE	64	2.21	SW
22:00	75	3.77	NE	47	2.23	NE	124	2.58	SE
23:00	31	3.49	NE	42	1.91	NE	49	2.57	NE
24:00	41	2.99	SE	30	2.27	NE	19	3.92	NE



**Figura 54 - Médias horárias de MP<sub>10</sub> nas estações Congonhas e Ibirapuera para os dias 27 e 28/02/2002 e 01/03/2002**

A análise do perfil das concentrações de MP<sub>10</sub> na estação Congonhas mostrou que existem fontes de partículas próximas à estação, essas fontes influenciam principalmente nas concentrações no período diurno. Os episódios de concentrações mais elevadas deste poluente em 2002 foram observadas no período diurno, resultado da influência de fontes próximas à estação, já que não foram observados valores semelhantes em outras estações da rede. De acordo com essa análise podemos verificar que a estação Congonhas é capaz de representar uma área de abrangência de microescala nos maiores episódios.

#### **4.1.5. Conclusões**

##### **Qualidade do Ar**

A análise do monitoramento da qualidade do ar na estação Congonhas mostrou que o  $MP_{10}$  é o poluente que mais ultrapassou o PQAr, além disso, apresenta tendência de aumento nos últimos anos. Os poluentes CO e  $NO_2$  apresentaram poucas ultrapassagens dos padrões de curto prazo e tendência de queda de 1997 a 2002. Também se observou que desde 1998 o  $O_3$  não ultrapassa os padrões de qualidade nesta estação. Já os níveis de  $SO_2$  encontram-se bem abaixo do PQAr anual ( $80\mu g/m^3$ ), mantendo-se em torno de  $25\mu g/m^3$  no período estudado.

##### **Escala de Representatividade**

O levantamento das principais fontes emissoras de poluentes no entorno da estação Congonhas mostrou que se localizam num raio de até 500 metros.

A análise com os dados de qualidade do ar da estação mostrou que a qualidade do ar observada é influenciada sobretudo pelas fontes veiculares próximas, indicando ser portanto a microescala a mais adequada para classificação geral da estação em termos de representatividade espacial.

Devem ser destacadas, no entanto, as diferenças observadas para cada um dos poluentes, que se traduzem muitas vezes em casos particulares em termos de abrangência espacial. Além disso, também o período do dia, notadamente os contrastes dia e noite e suas variações em termos de meteorologia e emissões permitem interpretações para escalas espaciais diferenciadas.

##### **Uso do Solo**

O inventário de fontes de poluição no entorno da estação Congonhas mostrou que esta é influenciada na microescala pelas vias de tráfego mas que também a presença do Aeroporto de Congonhas pode, eventualmente, desempenhar um papel significativo nas concentrações medidas na estação, sobretudo para os óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e, eventualmente, dióxido de enxofre. Entretanto, para esclarecer a importância desta fonte seria necessário fazer o inventário das emissões dos poluentes atmosféricos bem como a simulação do impacto das emissões na área em estudo, o que escapa ao escopo deste relatório.

##### **População Exposta**

A escala principal de representatividade da estação, de microescala, é a menos abrangente em termos de população, já que não traduz os níveis a que a maior parte da população do município está submetida. Por outro lado, as concentrações medidas na estação são equivalentes às concentrações a que estão expostas a população residente ou que frequenta os estabelecimentos comerciais no entorno da estação. Além disso, a maior proximidade das fontes indica concentrações maiores que as observadas em bairros e regiões mais afastadas destas mesmas fontes.

## **Parâmetros Monitorados**

A estação Congonhas monitora todos os poluentes regulamentados, exceto fumaça e atualmente ozônio. Considerando a escala espacial e avaliação do impacto das principais fontes na região, esta estação se mostrou adequada para o monitoramento de todos os poluentes, embora a sua interpretação em termos de qualidade do ar deva considerar os aspectos abordados neste estudo.

Os parâmetros meteorológicos, vento, temperatura, umidade relativa e pressão não são medidos nesta estação. Para a análise feita com base na localização das fontes, e nas concentrações observadas na estação foram utilizado dados de direção e velocidade do vento monitorados na estação Ibirapuera pelo radar, a 50m de altura, o que pode ter comprometido a análise em alguma extensão.

## **Recomendações**

A estação Congonhas apresenta, em termos gerais, boas condições para o monitoramento dos parâmetros atuais. Para uma avaliação mais precisa, porém, seria recomendável:

- monitorar o vento no local;
- manter o entorno desobstruído (poda de árvores);
- elaborar o inventário de emissões dos poluentes atmosféricos do Aeroporto de Congonhas.

## **5. Bibliografia**

- 1- United States Environmental Protection Agency (US-EPA): An Empirical Approach for Relating Annual TSP Concentrations to Particulate Microinventory Emissions Data and Monitor Siting Characteristics, (EPA-450/4-79-012) 1979
- 2- World Health Organization (WHO) - Guidelines for Air Quality - Geneva - 1999
- 3- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) - Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2000 - São Paulo - 2001
- 4- United States Environmental Protection Agency (US-EPA): Code of Federal Regulation, 40 – Pt.58 – Ambient Air Quality Surveillance. Ed. 1996
- 5- Guimarães, F. A., Esteves, S. S. et al.: Rede Automática de Amostragem de Poluentes Atmosféricos – Plano Preliminar; VIII Cong. Bras. de Eng. Sanitária; Rio de Janeiro, 1975
- 6- Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA): site SP Janela Eletrônica – Nucleo de Pesquisas em Tecnologia Avançada para Monitoramento e Proteção Ambiental (NATA).
- 7-Plano de Ação para redução de emissão de poluentes atmosféricos em aeroportos - Aplicação ao aeroporto internacional do Rio de Janeiro "Antonio Carlos Jobim - Galeão" - Rio de Janeiro, 2001

## **6. Equipe de Trabalho**

Américo Tomio Meenochite - ETQT  
Carlos Eduardo Negrão – ETQT  
Maria Cristina Neuscheffer de Oliveira – ETQA  
Maria Lúcia Gonçalves Guardani – ETQT  
Masayuki Kuromoto – ETQI  
Orlando Ferreira Filho – ETQI  
Ricardo Anazia – ETQM  
Richard Toyota – ETQT  
Rosana Curilov – coordenadora – ETQI

## **7. Colaboração**

Agência Ambiental de Pinheiros - Cti-P