

**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 Santo André – Centro**  
**Agosto/2006**

## Resumo Executivo

A estação de monitoramento da qualidade do ar Santo André – Centro, localizada no Parque Prefeito Celso Daniel, monitora os poluentes CO (monóxido de carbono, desde 1996), MP<sub>10</sub> (partículas inaláveis, desde 1985) e parâmetros meteorológicos (direção e velocidade dos ventos, desde 1988).

Com o desenvolvimento da área urbana e a redução do número de indústrias, aliada à migração da matriz energética de óleo combustível para gás natural em muitas das plantas industriais remanescentes, esta estação, cujo objetivo consistia em monitorar tanto poluentes de origem industrial quanto provenientes de emissão veicular, passou a medir, sobretudo, a influência do tráfego na qualidade do ar, porém não de maneira representativa, uma vez que os critérios técnicos de localização não são atendidos, pois o entorno da estação está obstruído por vegetação e edificações, tornando-a inadequada para medir os parâmetros meteorológicos e os poluentes atmosféricos na escala de abrangência apropriada de representatividade.



### Vista aérea da estação Santo André - Centro (mar/2002)

Para atender aos objetivos da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da CETESB, as informações adquiridas e fornecidas por esta estação deverão corresponder às concentrações de poluentes de origem veicular a que a população está exposta na região central de Santo André, com representatividade de média escala.

Os locais apresentados pela Prefeitura Municipal de Santo André como alternativas viáveis para mudança da estação foram estudados considerando-se vários aspectos, dentre os quais: as estimativas de emissão das fontes de CO e MP<sub>10</sub>, levando-se em

conta especialmente o volume de tráfego de veículos leves e pesados; as informações meteorológicas como velocidade e direção dos ventos, principalmente nos horários de pico de tráfego; o uso do solo e topografia, a partir da observação de mapas, fotografias aéreas e de satélite e parâmetros definidos pelo Code of Federal Regulation - Ambient Air Quality Surveillance<sup>(4)</sup>.

Os locais estudados e selecionados estão representados pelos números 1, 2 e 3 na figura a seguir.



**Imagem - Nata<sup>(6)</sup> das opções 1- Paço Municipal, 2 - Praça do Correio e 3 - Praça Burle Marx**

- Paço Municipal - no entorno do Paço Municipal, as vias mais próximas são a Av. Portugal e a Av. José Caballero, cujo tráfego diário foi estimado em 35.000 e 49.000 veículos, respectivamente, somando 84.000 veículos. Nestas condições, para que a estação medidora de CO e MP<sub>10</sub> seja representativa de média escala deve se situar a uma distância das vias maior que 15m e menor que 80m.
- Praça do Correio - fica a aproximadamente 20m da Av. Portugal e 22m da Av. Ramiro Corlleone, com volume de tráfego diário estimado em 35.000 e 84.000 veículos, respectivamente. Assim, circulam neste local cerca de 120.000 veículos por dia. Para ser representativa de média escala para CO e MP<sub>10</sub>, a estação deverá estar entre 15m e 120m das vias mais próximas.



- Praça Burle Marx – este local atende aos critérios técnicos para instalação de uma estação representativa de média escala para os poluentes CO e MP<sub>10</sub>, desde que a uma distância maior que 15m tanto da via quanto do estacionamento.

Se a transferência da estação para um dos locais sugeridos não for considerada viável, será necessário que o Município apresente como alternativa um local em área central do município, com características semelhantes às anteriormente descritas, em termos de uso do solo, número de veículos, população exposta, distância das vias etc., caso se pretenda viabilizar a manutenção de uma estação em Santo André – Centro.



## Índice

Sumário.....	2
1. Introdução .....	3
2. Classificação de Estações de Monitoramento – Aspectos Teóricos .....	5
3. Metodologia.....	7
3.1 Características da Estação.....	7
3.2 Avaliação da Qualidade do Ar .....	7
3.3 Microinventário de Fontes .....	8
3.4 Influência das Condições Meteorológicas .....	9
4. Caracterização das Estações da Rede Automática .....	10
4.1 Estação Santo André - Centro.....	12
4.1.1 Características da Estação.....	12
4.1.2 Tendências da Qualidade do ar .....	17
Monóxido de Carbono – CO.....	17
Partículas Inaláveis - MP <sub>10</sub> .....	18
4.1.3 Microinventário de Fontes .....	24
Fontes Estacionárias .....	25
Fontes Móveis .....	25
4.1.4 Representatividade .....	28
4.1.5 Influência das Condições Meteorológicas .....	29
Concentração em Função de Direção e Velocidade do Vento .....	33
4.1.6 Conclusões.....	34
4.1.7 Recomendações .....	35
5. Bibliografia.....	38
Equipe de Trabalho .....	38
Colaboração .....	38
Revisão .....	38

## **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 Santo André - Centro, da rede automática de monitoramento da qualidade do ar.

As informações levantadas foram divididas em vários itens: a) características locais da estação, onde se informa a localização geográfica, monitores, condições do entorno da estação etc.; b) avaliação da qualidade do ar, onde se apresenta uma evolução da qualidade do ar ao longo dos anos; c) microinventário de fontes, onde foram registradas as principais fontes de emissão que afetam as concentrações medidas na estação em um raio de 2 km; d) influência das condições meteorológicas, onde se apresenta 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, pelo tráfego veicular das vias mais próximas, porém não de maneira representativa, uma vez que os critérios técnicos de localização da estação não são atendidos pois seu entorno está obstruído por vegetação e edificações, o que a torna inadequada para medir os parâmetros meteorológicos e os poluentes atmosféricos na escala de abrangência apropriada de representatividade.

## 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 é realizado por uma rede automática, duas redes manuais e uma rede de monitores passivos.

A primeira rede manual instalada (rede OPS/OMS) 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 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 31 estações fixas de amostragem, com a seguinte distribuição: 23 na região metropolitana de São Paulo, 3 em Cubatão, 2 em Paulínia, 1 em Campinas, 1 em São José dos Campos, 1 em Sorocaba e mais 2 estações móveis que são deslocadas conforme a necessidade de estudos especiais da qualidade do ar. 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 dos 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 **Santo André - Centro**, que estão apresentados a partir do item 4.1. 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 das 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**

Escala de Representatividade	Área de Abrangência
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 este 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 também fazer 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.

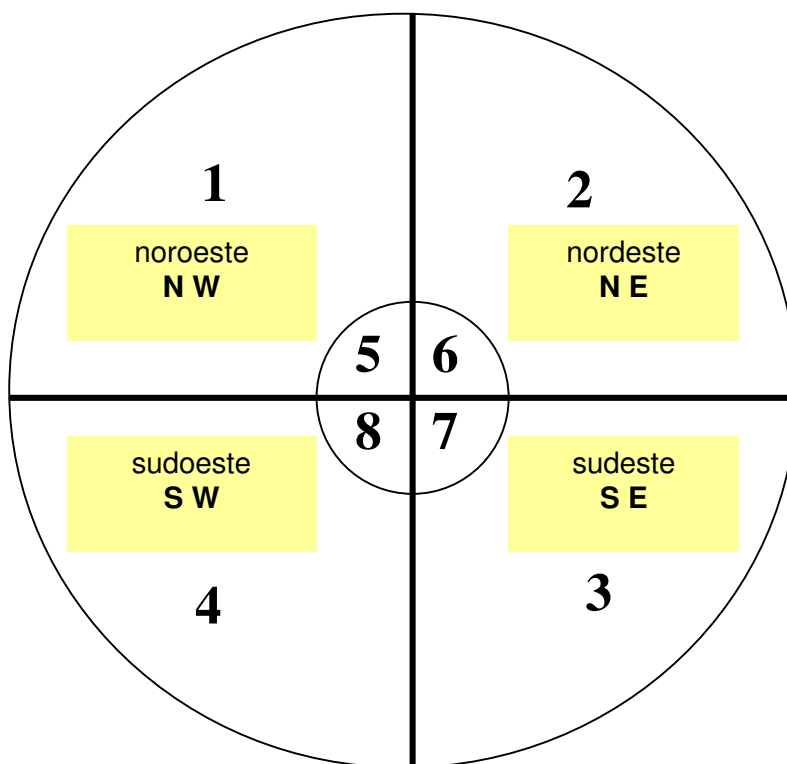
Os dados utilizados para avaliação da qualidade do ar são todos os poluentes medidos pelas redes automáticas e manuais da CETESB, que são:  $MP_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  ( $NO_2$  e  $NO$ ),  $O_3$ ,  $CO$ ,  $PTS$ ,  $FMC$ ,  $MP_{2,5}$  e outros que eventualmente tenham sido monitorados. Obviamente, 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 estação mais 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 horários de direção e velocidade do vento, subdivididos nos quadrantes preferenciais (conforme apresentados na figura 1) e calmaria.

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 indicam 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 casos de ultrapassagem do limite legal de qualidade do ar.

A análise das principais fontes que exercem influência na estação permitiu 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 é composta por 28 estações fixas de amostragem e 2 estações móveis. Vinte e um locais de amostragem estão situados na RMSP, conforme ilustrado na figura 2. Há ainda 3 estações em Cubatão, 1 em Paulínia, 1 em Campinas, 1 em Sorocaba e 1 em 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 atual rede 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 ( $CO$ ), 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.

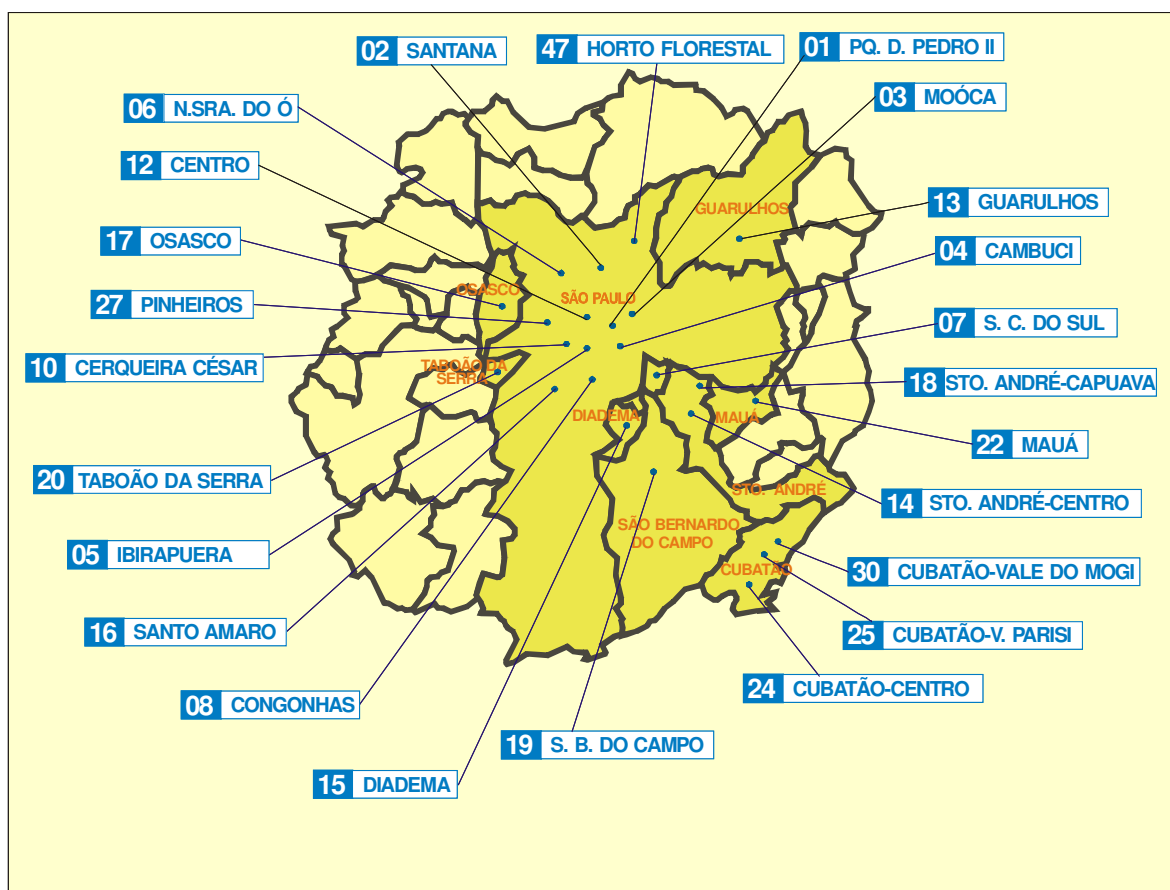


Figura 2 – Localização das estações da rede automática na RMSP e litoral

**Tabela 3 – Configuração da rede de monitoramento – RMS**

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		
08	Congonhas	X				X	X	X	X	X									
10	Cerqueira César	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
12	Centro	X					X	X	X	X									
13	Guarulhos	X				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	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				
22	Mauá	X					X	X	X				X						
27	Pinheiros	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X	X		
47	Horto Florestal						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 Santo André - Centro

O objetivo deste trabalho é, basicamente, classificar a estação automática de monitoramento da qualidade do ar de Santo André - Centro, permitindo avaliar se os dados gerados atendem aos objetivos da rede e, se necessário, propor alterações, tecnicamente embasadas, que garantam que as informações fornecidas pelos monitores serão representativas dos níveis médios de concentração a que a população está exposta nesta região.

### 4.1.1 Características da Estação

**Tabela 4: Dados da estação**

Endereço atual:	Parque Prefeito Celso Daniel Rua das Caneleiras, 101 – Santo André		
Latitude sul:	23°38'30"	UTM (23K)	343.300m
Longitude oeste:	46°32'10"	UTM (23K)	7.384.200m
Altitude:	760m		
Altura de captação da amostra:	3,5m		
Altura do anemômetro:	10m		

**Tabela 5: Parâmetros monitorados**

Parâmetros	Método	Equipamento	Início	Término
MP <sub>10</sub>	Radiação Beta	PW9790-Philips	01/01/85	31/05/99
MP <sub>10</sub>	Radiação Beta	FH62 I-N-Graseby-Andersen	24/07/99	
SO <sub>2</sub>	Coulometria	PW9755-Philips	01/01/86	24/01/95
CO	Infravermelho não Dispersivo	Modelo 48 – Thermo E.I.I.	20/06/96	
VV e VD	Tacômetro/ Goniômetro	Lastem	01/01/88	24/01/95
VV e VD	Tacômetro/ Goniômetro	Lastem	12/05/96	

### Condições Locais

Quanto ao uso do solo, pode-se dizer que a estação Santo André - Centro, localizada no interior do Parque Prefeito Celso Daniel (ex-Parque Municipal Duque de Caxias), está em região que abriga atividades comerciais e industriais, além de residências.



**Figura 3 – Vista da estação Santo André - Centro (12/12/2005)**

A Avenida Industrial está a aproximadamente 70 metros da estação e a Avenida D. Pedro II está a cerca de 140 metros de distância. Ambas apresentam tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados, cujas estimativas de emissão de CO são 102 ton/ano e 160 ton/ano, respectivamente, enquanto as emissões de partículas inaláveis provenientes de veículos automotores foram estimadas em 1,03 ton/ano e 1,55 ton/ano, conforme tabela 8.

Com tráfego menor que as Avenidas D. Pedro II e Industrial, a Rua das Caneleiras está mais próxima da estação, a 45 metros, com uma estimativa de emissão de CO de 12 ton/ano e de partículas inaláveis de 0,10 ton/ano.

A figura 4 mostra uma imagem do Nata <sup>(6)</sup>, com um círculo de 400 metros de raio, em que podem ser vistas as principais fontes de emissão dos poluentes medidos na estação.





**Figura 4 – Imagem-Nata<sup>6</sup> do entorno da estação Santo André – Centro  
com raio de 400m**



A figura 5 mostra fotos tomadas da estação em 15/12/2004, nas direções Norte / Sul / Leste / Oeste.

Há árvores em todo o entorno, com copas densas e alturas variáveis, que chegam a superar 10 metros.

A leste, encontra-se a edificação mais próxima da estação, a aproximadamente 30 metros de distância e com 40 metros de altura (figura 6).

Na vista sul há dois campos de futebol de areia, o mais próximo a 16 metros de distância.



**Figura 5 – Vistas do entorno da Estação Santo André - Centro (15/12/2004)**



Figura 6 – Edificações próximas da estação (16/02/2006)

#### 4.1.2 Tendências da Qualidade do ar

Os perfis de concentração dos poluentes monitorados ao longo dos anos na estação Santo André - Centro permitem fazer uma análise de tendência.

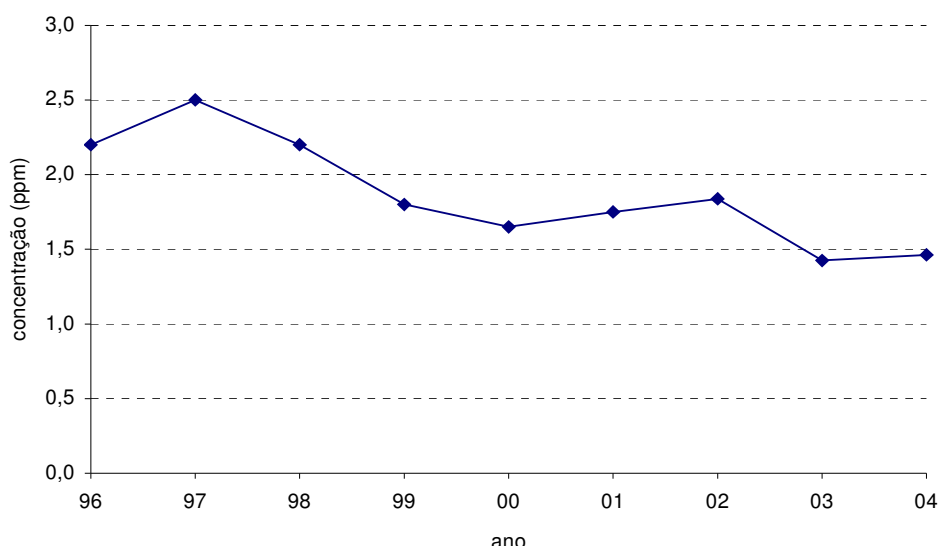
Desde que mantidas as condições originais no entorno da estação e assegurada a qualidade da análise, tais informações deveriam refletir as mudanças que ocorreram na região, no período considerado. O crescimento da área urbana trouxe variações nas emissões atmosféricas devidas, principalmente, ao aumento do tráfego de veículos e à redução do número de indústrias nas áreas próximas. Apesar do aumento do número de veículos em circulação, observa-se uma tendência consistente de decréscimo das concentrações de CO nas estações amostradoras da RMSP, o que pode ser atribuído às inovações tecnológicas aplicadas aos veículos.

Para estas análises foi utilizada uma série histórica de dados que compreende os anos de 1996 à 2004, por ser mais abrangente e permitir a comparação entre situações distintas no entorno da Estação.

##### **Monóxido de Carbono – CO**

A figura 7 apresenta a evolução das concentrações médias das máximas diárias de 8 horas de monóxido de carbono na Estação Santo André – Centro no período de 1996 (início de operação da nova rede automática) a 2004

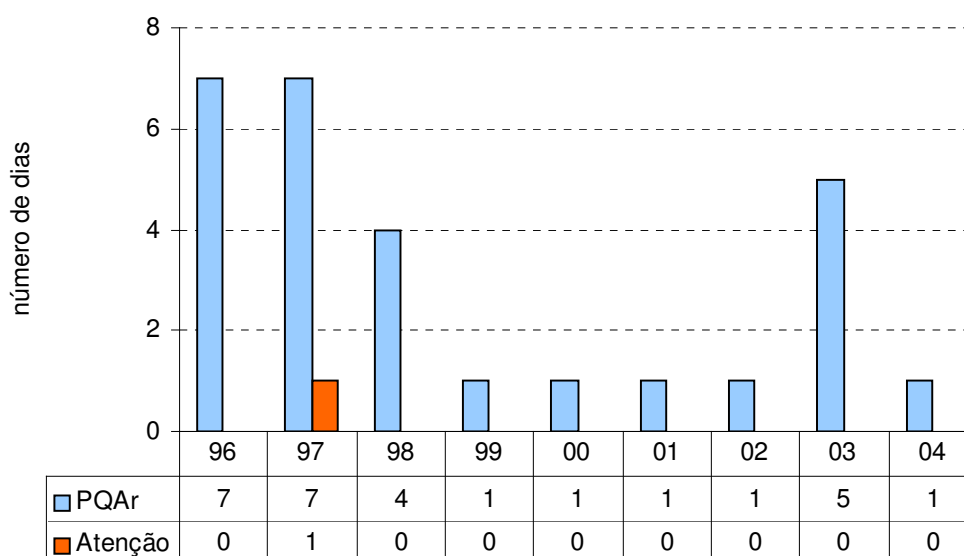
O decréscimo observado a partir de 1997 se acentua em 2002, mantendo as médias em torno de 1,5 ppm. É importante destacar que não existe limite legal de concentração de CO para períodos anuais e o gráfico elaborado serve apenas para análise de tendência.



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

A figura 8 demonstra o número de dias de ultrapassagem do PQAr (9 ppm) e Atenção (15 ppm), médias de 8 horas.

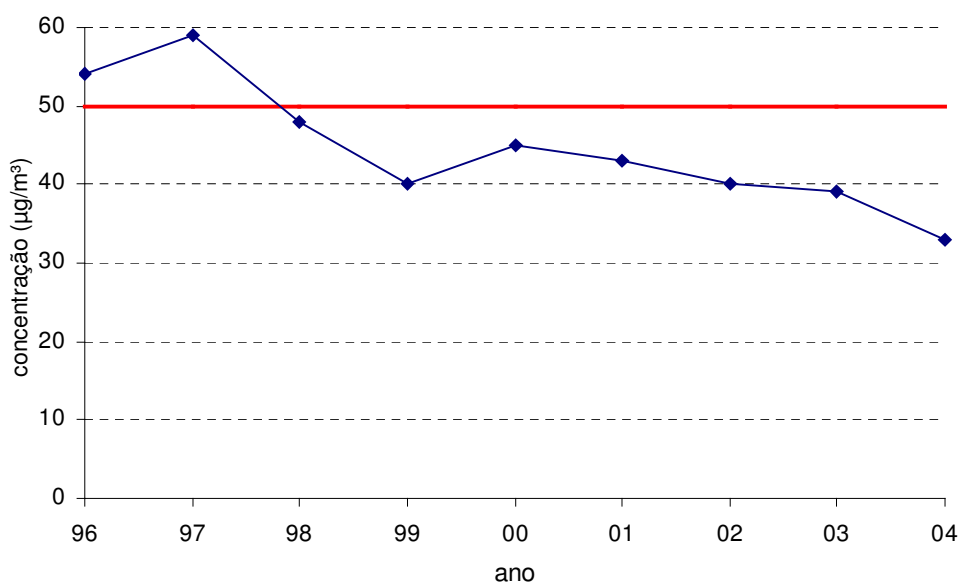
Observa-se que, à exceção de 2003, os últimos anos apresentaram somente uma ultrapassagem do PQAr.



**Figura 8 – CO - Número de dias de ultrapassagem do PQAr e Nível de Atenção**

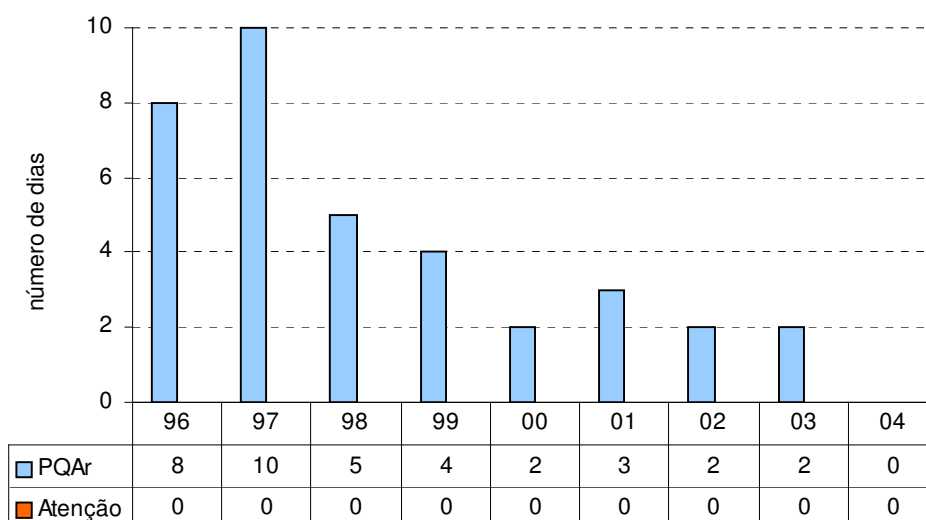
### Partículas Inaláveis - MP<sub>10</sub>

Na figura 9 observamos que, nos últimos 7 anos, as médias aritméticas anuais de MP<sub>10</sub> encontram-se abaixo do padrão de qualidade do ar (PQAr) anual (50µg/m³) e têm apresentado tendência de queda.



**Figura 9 – MP<sub>10</sub> - Médias aritméticas anuais**

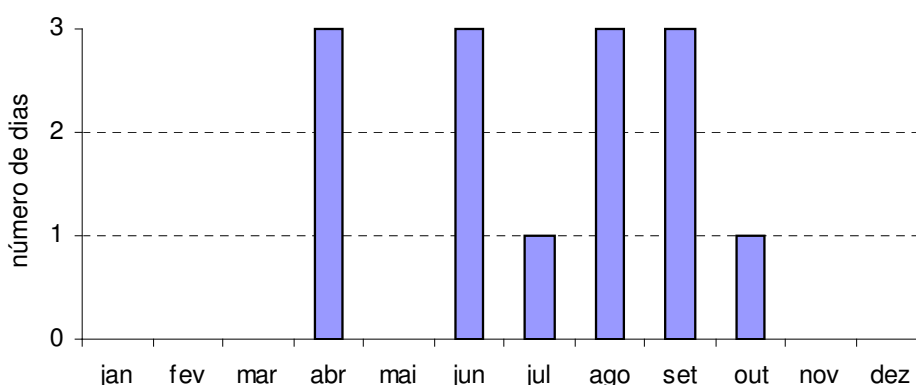
Observamos na figura 10, que o maior número de ultrapassagens de curto prazo de MP<sub>10</sub> (150µg/m³ - média de 24 horas) ocorreu em 1997, seguido de uma sensível queda.



**Figura 10 – MP<sub>10</sub> - Dias de ultrapassagem do PQA 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 ocorre pela presença de condições meteorológicas 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 PQA e do nível de Atenção por MP<sub>10</sub> no período de 1996 a 2004, apresentada na figura 11. Pode-se observar que nesse período não houve ultrapassagens do PQA nos meses de verão, concentrando-se todos os episódios nos meses de abril, e junho a setembro. A maior frequência foi de 3 de ultrapassagens, observada nos meses de abril, junho, agosto e setembro.



**Figura 11 – MP<sub>10</sub> – Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQA no período de 1996 a 2004**

Considerando-se que no período analisado há poucas ultrapassagens do PQA 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, para os anos de 1999 a 2004, apresentada a seguir. Nessa figura,



observa-se que as concentrações de  $MP_{10}$  apresentam uma elevação durante os meses de inverno, apresentando sua concentração média máxima no mês de junho, seguida agosto e julho.

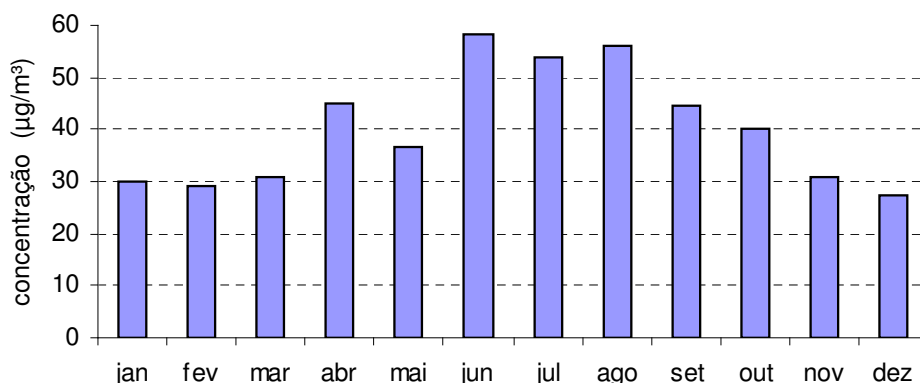


Figura 12 –  $MP_{10}$  – Médias mensais no período de 1999 a 2004

## Perfis de Concentração dos Poluentes

### Monóxido de Carbono – CO

A figura 13 apresenta a variação das concentrações médias por hora e por dia da semana, onde é possível observar que o maior valor ocorre no período noturno, às 23:00 horas de sábado.

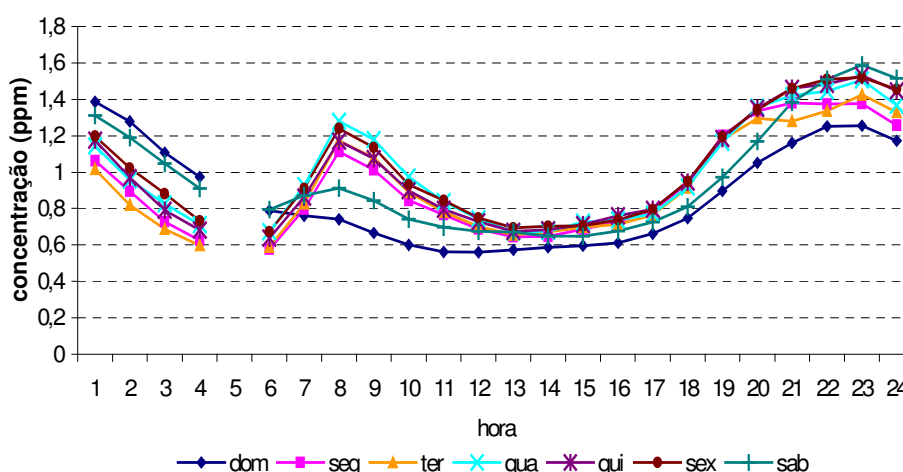
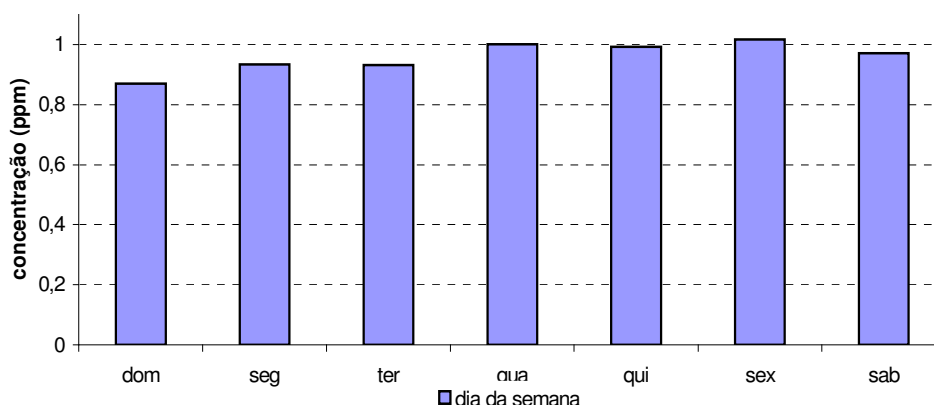


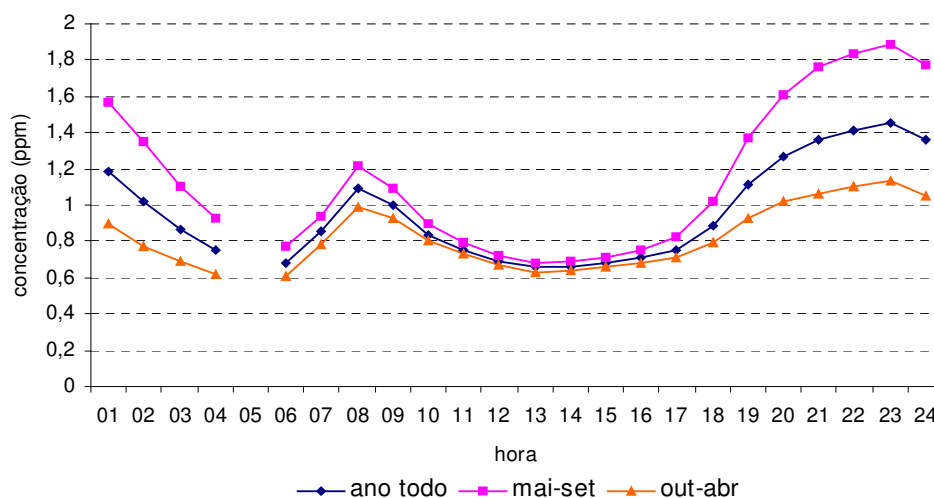
Figura 13 – CO – Variações por hora do dia no período de 1999 a 2004

Quando comparamos o comportamento das médias de CO por dia da semana, figura 14, podemos observar que não ocorrem grandes diferenças nas concentrações, apenas uma discreta diminuição no domingo.



**Figura 14 – CO – Variações por dia da semana no período de 1999 a 2004**

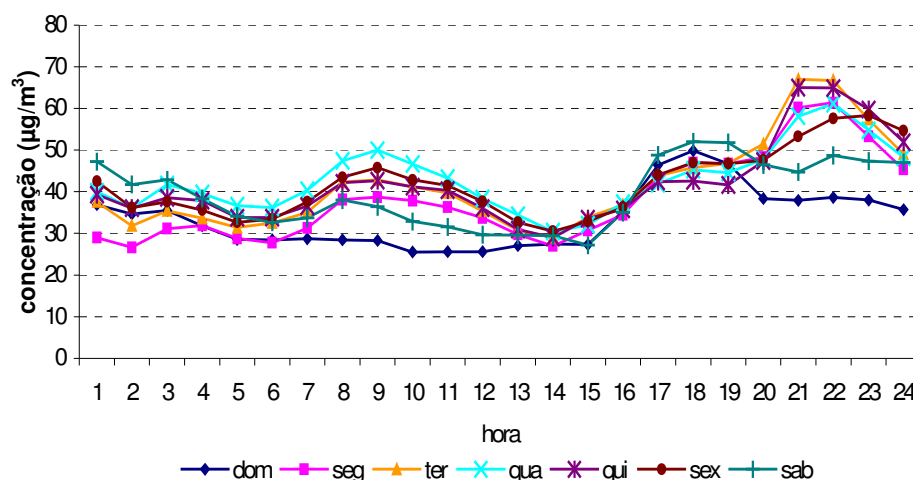
Os perfis de inverno e verão apresentados na figura a seguir ilustram as diferenças resultantes das variações meteorológicas médias entre os períodos do ano, determinantes principalmente, no período noturno.



**Figura 15 – CO – Médias horárias por época do ano no período de 1999 a 2004**

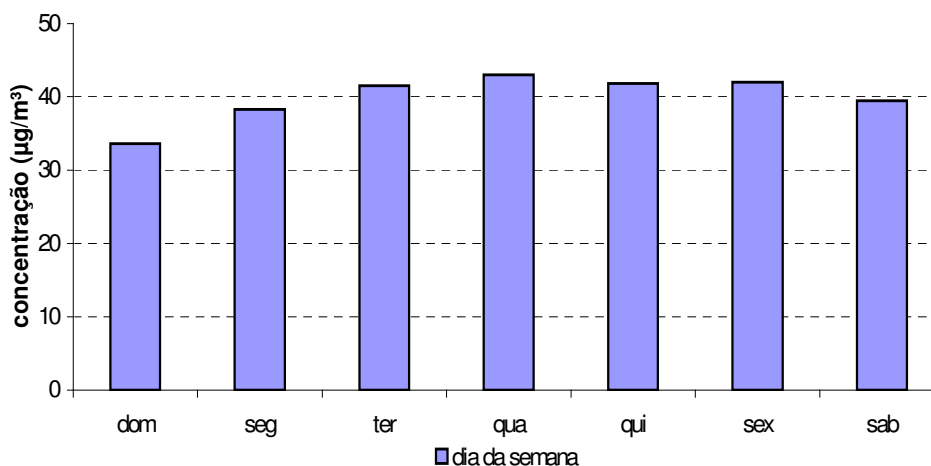
### Partículas Inaláveis – MP<sub>10</sub>

As médias horárias por dia da semana, fig. 16, demonstra a ocorrência de dois picos de aumento nas concentrações, um ocorre no período da manhã, entre 07:00 e 11:00 horas e o outro a partir das 15:00 horas estendendo-se até as 23:00 horas, com sensível elevação das concentrações do MP<sub>10</sub> às 21:00 e 22:00 horas. As maiores concentrações noturnas são observadas às terças e quintas feiras, e pela manhã, às quartas-feiras.



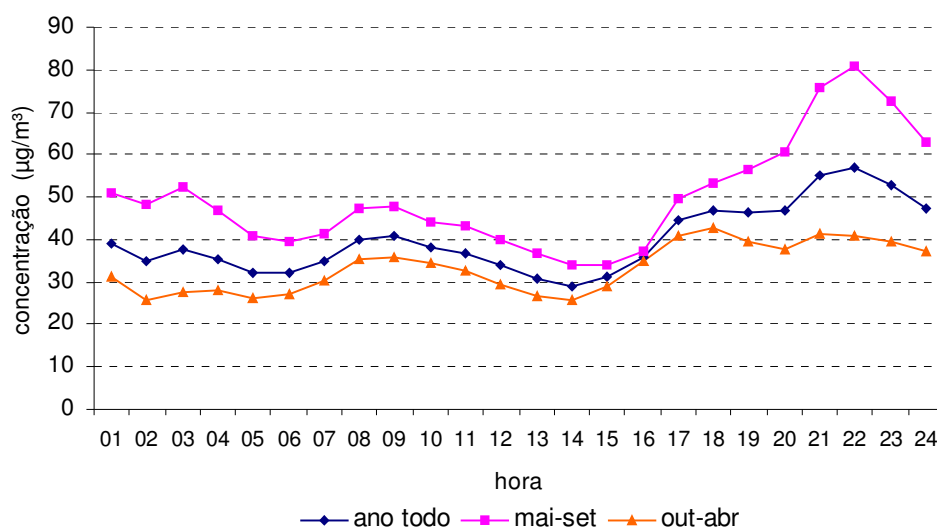
**Figura 16 – MP<sub>10</sub> – Variações por hora do dia de 1999 a 2004**

As variações por dia da semana demonstram médias bastante semelhantes de terça à sábado, enquanto que os menores valores são observados no domingo.



**Figura 17 – MP<sub>10</sub> – Variações por dia da semana de 1999 a 2004**

A figura 18 ilustra a distribuição das concentrações médias por época do ano, de 1999 a 2004. Pode-se observar que, principalmente no inverno a partir das 17:00, as concentrações se elevam sensivelmente, chegando ao seu ponto máximo às 22:00 horas.



**Figura 18 – MP<sub>10</sub> – Médias horárias por época do ano no período de 1999 a 2004**



### 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, em setores, conforme apresentado na figura 19.



**Figura 19 – Mapa ilustrando as principais fontes de emissão e setores no entorno da estação Santo André - Centro**



### Fontes Estacionárias

De acordo com a Agência Ambiental de Santo André, as fontes estacionárias situadas na área de abrangência desse estudo não são suficientemente representativas a ponto de causar impacto na estação amostradora. Deve-se levar em consideração que nos últimos anos houve uma considerável migração da matriz energética utilizada nas plantas industriais, passando do óleo combustível para o gás natural.

### Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes no entorno da estação em estudo são representadas por poucas, mas importantes, vias de tráfego. As ruas e avenidas mais próximas, fontes lineares de emissão a causar impacto na área de avaliação, são: Avenida Industrial, que se estende de noroeste a sudeste, passando a 70 metros da estação no quadrante norte-leste; Avenida D. Pedro II que segue paralela à Av. Industrial, no quadrante oeste-sul, com distância mínima de 140 metros a oeste e máxima de 350 metros ao sul, e a Rua das Caneleiras, frontal à estação, no sentido nordeste-sudoeste, saindo da Av. Industrial e cruzando a Av. D. Pedro II, com distância mínima de, aproximadamente, 45 metros.

As demais vias de tráfego no entorno não foram consideradas em virtude do pouco volume de tráfego que apresentam.

Considerando essas fontes lineares como as mais importantes na região de estudo, foram feitas estimativas de emissão, onde foram diferenciados veículos leves e diesel. Também foram efetuadas contagens para o dimensionamento da frota de motocicletas que circulam na região.

As emissões nas vias consideradas foram estimadas a partir dos dados de contagem de veículos e motos, realizada no dia 07/12/05 - quarta-feira. Foram realizadas 3 contagens de 15 minutos, simultaneamente, em cada ponto, entre 11:00 e 13:30 horas. Este período foi escolhido para a contagem baseado em estudos anteriores realizados em outros locais, em que o período de análise compreendia das 7:00 às 18:00 horas e nos quais se constatou que os valores médios de contagens mais próximos da média do dia se situam nessa faixa de horário.

A metodologia utilizada para se chegar ao volume de tráfego diário de veículos leves e diesel, considerou o valor médio das contagens realizadas, obtendo-se a média horária de fluxo de veículos. Adotou-se como critério que essa média horária é válida entre 6:00 e 22:00 horas, e que no horário complementar há uma redução de 70% no volume de tráfego. Para as motos, considerou-se o período compreendido entre 9:00 e 18:00 horas, visto que, conforme constatado, as motos são utilizadas predominantemente em horário comercial. No horário complementar, das 18:00 às 9:00 horas, considerou-se uma redução de 90% na utilização das motos. Para os finais de semana, adotou-se que o tráfego representa apenas 10% de um dia útil.

Da mesma forma, a metodologia utilizada para se estimar o volume anual, considerou o ano com 52 semanas e o volume de tráfego diário válido somente para os dias úteis. Nos sábados e domingos, para fins de estudo, estimou-se uma redução de 50% no fluxo de veículos, tanto leves como diesel (tabela 6).

**Tabela 6: Contagem de veículos na Avenida Industrial, Avenida Dom Pedro II e Rua das Caneleiras**

Local	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume anual estimado
<b>Av. Industrial</b>	Leves	30.305	9.455.000
	Diesel	2.778	865.000
<b>Av. D.Pedro II</b>	Leves	47.545	14.835.000
	Diesel	4.342	1.355.000
	Motocicletas	2.730	740.000
<b>Rua das Caneleiras</b>	Leves	5.888	1.835.000
	Diesel	166	52.000
	Motocicletas	84	23.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, foram considerados os fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004, por ser a informação mais atualizada disponível na época da contagem.

**Tabela 7: Fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004**

Tipo de veículo	Fatores de emissão (g/km)				
	MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC
Gasool	0,08	0,12	0,68	12,1	1,24
Diesel	0,62	0,43	11,17	15,6	2,48
Motocicletas	0,05	0,04	0,11	18,0	2,37

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 8).

**Tabela 8: Emissões de fontes móveis**

Local	Fonte	Emissões (ton/ano)				
		MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC
<b>Av. Industrial *</b>	Gasool	0,60	0,91	0,51	91,5	9,38
	Diesel	0,43	0,30	7,73	10,8	1,72
	<b>Total</b>	<b>1,03</b>	<b>1,21</b>	<b>8,24</b>	<b>102,3</b>	<b>11,10</b>
<b>Av. D.Pedro II **</b>	Gasool	0,89	1,33	7,56	134,6	13,80
	Diesel	0,63	0,44	11,35	15,8	1,26
	Motocicletas	0,03	0,02	0,06	10,0	1,31
	<b>Total</b>	<b>1,55</b>	<b>1,79</b>	<b>18,97</b>	<b>160,4</b>	<b>16,37</b>
<b>R. das Caneleiras ***</b>	Gasool	0,07	0,11	0,62	11,1	1,14
	Diesel	0,02	0,01	0,29	0,4	0,06
	Motocicletas	0,01	0,01	0,01	0,2	0,03
	<b>Total</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,92</b>	<b>11,7</b>	<b>1,23</b>

\* - fonte linear de 800m de extensão

\*\* - fonte linear de 750m de extensão

\*\*\* - fonte linear de 500m de extensão

A tabela abaixo relaciona as emissões das fontes móveis dentro de cada setor

**Tabela 9: Estimativas de emissão de fontes móveis no entorno da estação Santo André - Centro**

Quadrante	Setor	Emissão das fontes (ton/ano)						Emissão Total (ton/ano)				
		Fonte	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC
0 - 90 (Nordeste)	6	Av. Industrial [200m]	0,26	0,30	2,06	25,6	2,78	0,27	0,31	2,15	26,8	2,90
		R. das Caneleiras [50m]	0,01	0,01	0,09	1,2	0,12					
90 - 180 (Sudeste)	7	Av. Industrial [350m]	0,45	0,53	3,60	44,8	4,86	0,66	0,74	6,13	66,2	7,04
		Av. D.Pedro II [100m]	0,21	0,21	2,53	21,4	2,18					
180 - 270 (Sudoeste)	8	Av. D.Pedro II [350m]	0,72	0,72	8,85	74,8	7,64	0,78	0,80	9,40	81,8	8,38
		R. das Caneleiras [300m]	0,06	0,08	0,55	7,0	0,74					
270 - 360 (Noroeste)	5	Av. Industrial [250m]	0,32	0,38	2,58	31,9	3,47	0,97	1,04	10,45	99,60	10,39
		Av. D.Pedro II [300m]	0,62	0,62	7,59	64,2	6,55					
		R. das Caneleiras [150m]	0,03	0,04	0,28	3,5	0,37					

Observação: Os números entre colchetes correspondem à extensão das vias de tráfego no setor considerado.

#### **4.1.4 Representatividade**

Para avaliar se a estação está bem localizada no que diz respeito às fontes prioritárias de emissão dos poluentes, apresentadas na tabela 9, adotou-se a seguinte metodologia:

- 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 calmaria e vento variável (figura 20 e tabela 10).
- Avaliar o perfil de concentração de cada poluente medido na estação ao longo do dia. Esta análise foi feita considerando o comportamento em cada um dos dias da semana, de forma a avaliar também o impacto médio na qualidade do ar decorrente de variações nas emissões.
- Analisar as concentrações médias em função de diferentes velocidades de vento proveniente dos quadrantes NE, SE, SW e NW, e em condições de calmaria e vento variável. Os períodos do dia foram selecionados com base na distribuição diária de concentração;
- Verificar a que quadrante do vento (figura 1) estão associadas as maiores concentrações médias e checar se o vento deste quadrante é o predominante (tabela 11) nos horários de pico de concentração dos poluentes.

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

- Verificar o comportamento do poluente em função da velocidade do vento, tentando assim detectar se os resultados correspondem a emissões de fontes localizadas nas proximidades ou distantes do local de monitoramento.

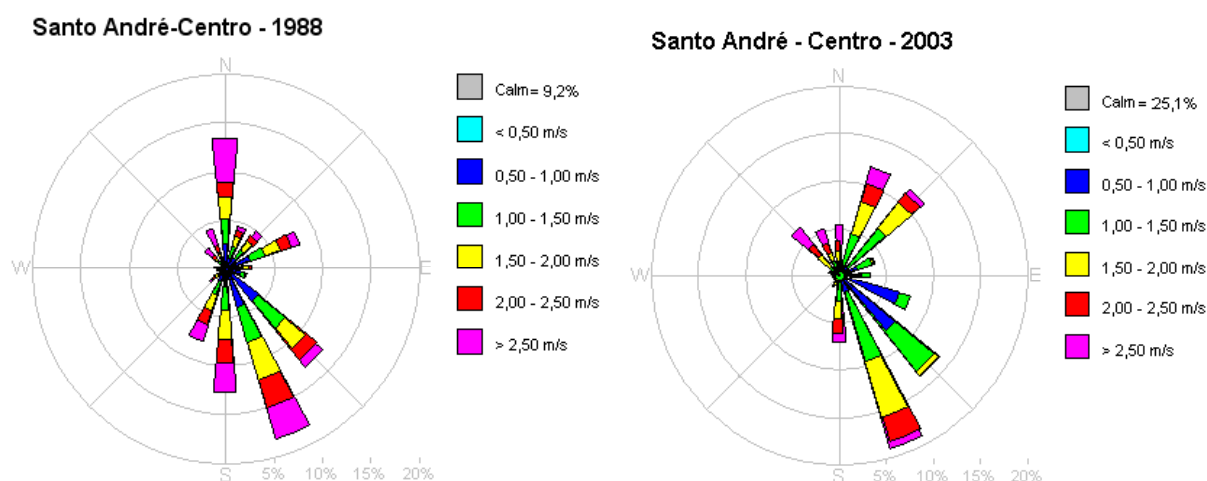
As análises foram feitas separadamente para cada poluente, uma vez que a escala de representatividade da estação pode variar em função do poluente considerado. Além disso, quanto à localização, a estação pode sofrer o impacto da emissão de um determinado poluente e não ser capaz de monitorar adequadamente a emissão de outro, sugerindo, assim, a necessidade de rever a configuração da estação no que diz respeito aos monitores mais adequados.

A base de dados utilizada para estas análises restringiu-se aos últimos 5 anos (1999 a 2004) por se tratar de série histórica estatisticamente representativa.



#### 4.1.5 Influência das Condições Meteorológicas

A estação de Santo André - Centro foi instalada em 1980 em um ambiente que se modificou ao longo dos anos tanto em termos de edificações em seu entorno como de adensamento de vegetação, sendo que nesta última situação pode-se dizer que a estação está, praticamente, coberta por árvores de grande porte. Com o intuito de buscar evidências da interferência da vegetação nas medições dos ventos, foram feitas duas rosas de ventos: uma para o ano de 1988 e outra para 2003. A figura 20 mostra que há uma diferença nos ventos medidos em 1988, quando comparados com 2003: há mais ventos de Norte (N), Sul-Sudoeste (SSW) e Sul (S), menos de Nordeste (NE). Estas diferenças podem ser atribuídas tanto ao adensamento da vegetação quanto às edificações recentemente construídas nas proximidades.



**Figura 20 – Rosas de ventos para os anos de 1988 e 2003**

Outra análise que pode auxiliar na constatação da influência da vegetação e das edificações na circulação dos ventos é a análise da frequência de calmaria. Nas tabelas 10 e 11, são apresentadas as frequências de direção dos ventos e horas de calmaria ao longo do dia, nos anos de 1988 e 2003. Os dados constantes da tabela levam em consideração os quadrantes mostrados na figura 1.

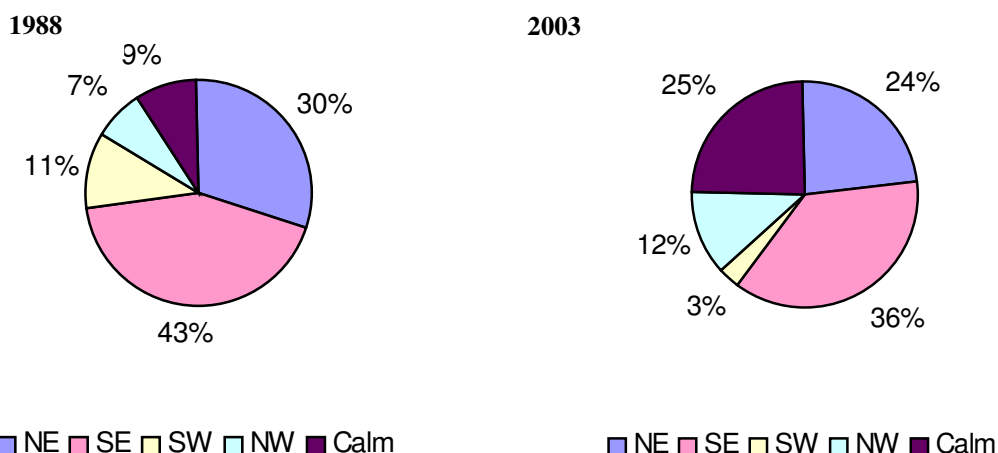
**Tabela 10 – Frequência da direção do vento na estação Santo André - Centro em 1988 em cada quadrante ao longo do dia**

<b>Hora</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>SW</b>	<b>NW</b>	<b>Calm</b>
01	60	91	26	4	42
02	70	80	22	8	48
03	72	70	28	6	47
04	81	74	21	11	51
05	88	68	21	4	53
06	107	58	25	7	58
07	118	67	20	6	44
08	155	74	22	7	31
09	189	78	22	22	11
10	200	85	20	15	12
11	202	77	30	21	5
12	180	88	35	35	1
13	130	115	45	48	4
14	94	148	46	57	4
15	67	170	55	52	1
16	35	194	55	56	3
17	31	207	60	41	3
18	25	221	48	34	10
19	19	215	44	26	17
20	23	195	39	11	27
21	26	169	29	14	35
22	35	147	20	15	44
23	45	124	20	8	40
24	58	103	15	10	47
<b>Total</b>	2110	2980	768	518	638
<b>%</b>	30,4	42,0	11,0	7,5	9,2

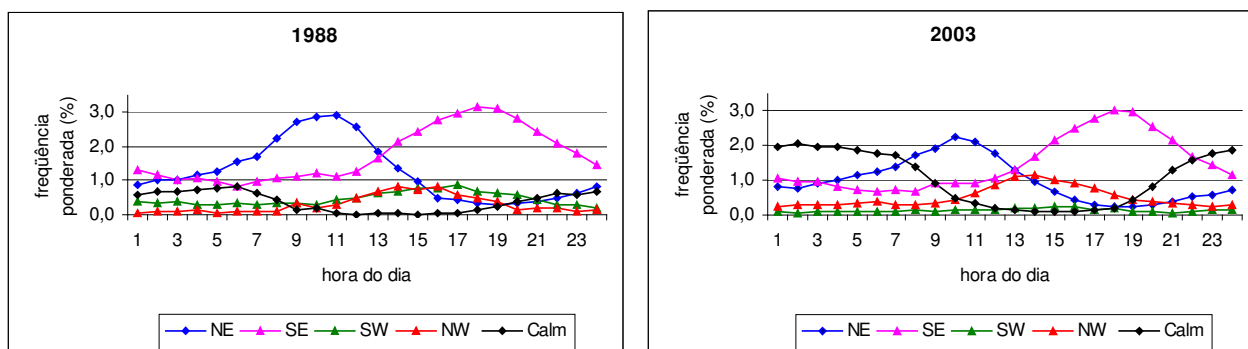
**Tabela 11 – Frequência da direção do vento na estação Santo André - Centro em 2003 em cada quadrante ao longo do dia**

<b>Hora</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>SW</b>	<b>NW</b>	<b>Calm</b>
01	71	89	10	21	166
02	64	83	6	25	177
03	77	80	7	24	167
04	85	71	10	24	167
05	98	63	10	30	158
06	106	59	10	31	150
07	120	62	8	24	145
08	147	57	12	24	120
09	163	77	8	29	78
10	193	76	12	38	40
11	178	78	13	52	28
12	153	88	13	75	17
13	112	110	18	93	12
14	82	144	15	99	8
15	56	183	21	85	8
16	36	212	21	78	7
17	25	237	13	66	11
18	20	256	16	48	15
19	22	251	10	36	38
20	23	217	7	31	71
21	33	183	3	30	110
22	44	143	10	26	136
23	49	123	14	22	151
24	60	97	12	25	159
<b>Total</b>	2017	3039	279	1036	2139
<b>%</b>	23,7	35,7	3,3	12,2	25,1

Pode-se verificar que a porcentagem de horas de calmaria em relação ao total de registros de vento no ano foi bem menor em 1988, evidenciando a interferência das edificações e da vegetação nas medidas deste parâmetro. A figura a seguir demonstra estas diferenças comparativamente.



**Figura 21 - Comparativo percentual de frequência da direção do vento na Estação Santo André - Centro - 1988 e 2003**



**Figura 22 - Perfil do vento em 1988 e 2003**

Nos gráficos acima, elaborados a partir dos dados das tabelas 10 e 11 e representativos dos perfis dos ventos, observamos que, além do aumento significativo da calmaria de 1988 para 2003, houve uma redução de frequência de ventos de NE e de SW, sendo importante mencionar a presença de edifícios de altura elevada a NE da estação, bem como de árvores de grande porte, que podem ter afetado o fluxo do vento desta direção. Dessa forma é possível afirmar que os sensores de direção e velocidade dos ventos instalados na estação não estão em conformidade com as recomendações mínimas para a medição destes parâmetros meteorológicos.



## Concentração em Função de Direção e Velocidade do Vento

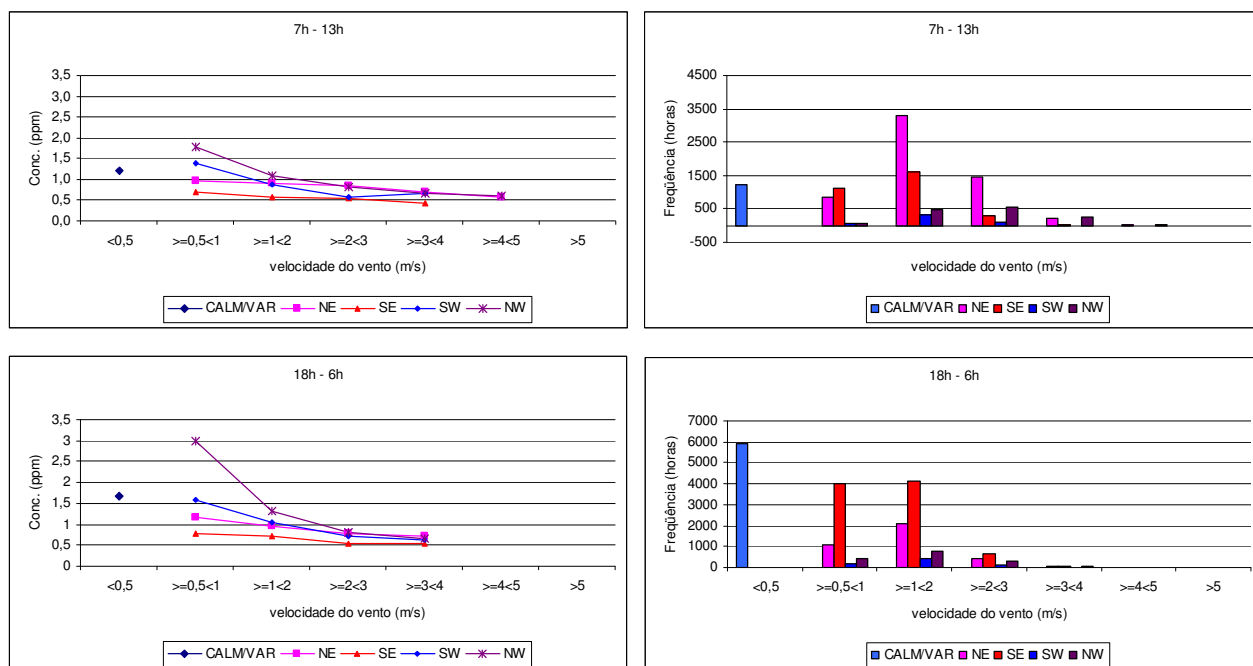


Figura 23 – CO – Concentração x Velocidade do Vento

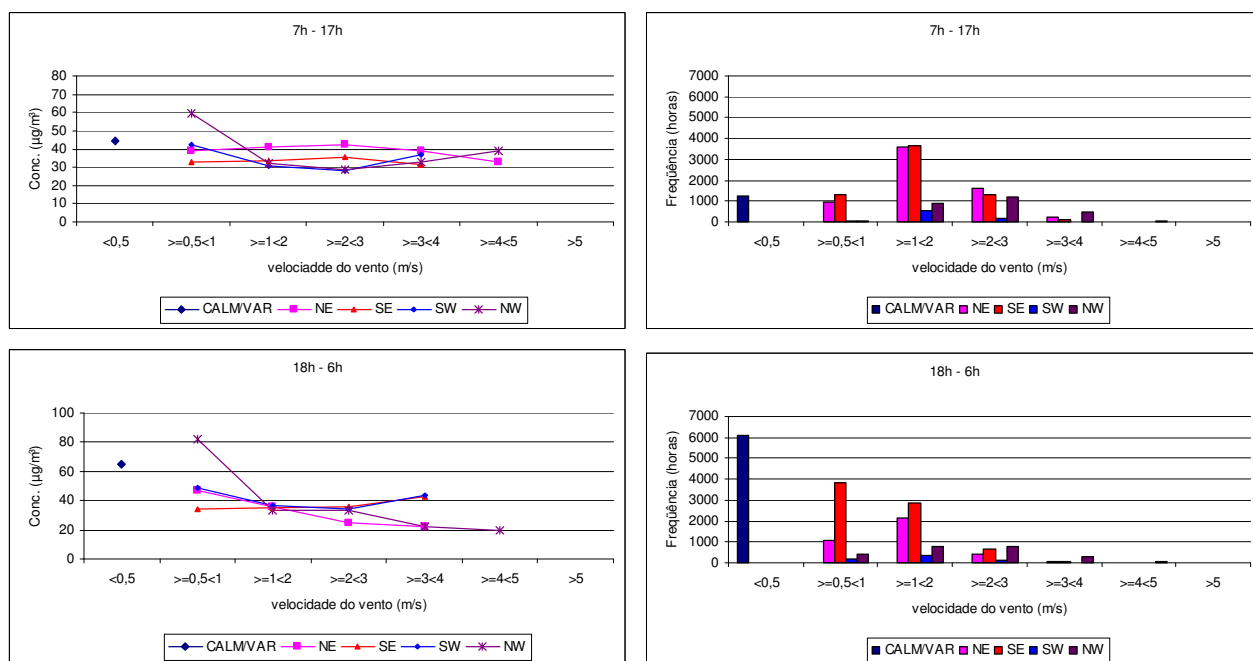


Figura 24 - MP<sub>10</sub> - Concentração x Velocidade do Vento

Tanto para CO quanto para MP<sub>10</sub>, as maiores concentrações médias foram detectadas com ventos fracos de NW, porém as suas frequências são muito baixas quando comparadas com outras direções. Uma possível explicação é que os ventos de NW estão, em geral, associados às condições desfavoráveis para a dispersão de poluentes,

principalmente durante os períodos da noite e manhã, e, quando começa a ventar, a massa de poluentes próxima da estação pode ser carregada para a mesma. Por outro lado, seria razoável supor que as concentrações mais elevadas seriam registradas com ventos provenientes de SW, já que a proximidade da fonte representada pela Av. D. Pedro em relação à estação é maior no quadrante SW do que no NW. Da mesma forma, o trecho da Av. Industrial que mais se aproxima da estação está localizado a NE, porém as concentrações detectadas na estação com ventos provenientes desta direção são freqüentemente baixas. Assim, a análise dos dados indica que os resultados medidos não são representativos das emissões das fontes na escala de abrangência requerida para esta estação.

#### 4.1.6 Conclusões

A avaliação da estação Santo André – Centro mostra que o perfil das fontes de emissão de poluentes atmosféricos no entorno da estação modificou-se muito desde a sua instalação, com o crescimento da área urbana e o conseqüente aumento de tráfego de veículos, com a redução do número de indústrias além da migração da matriz energética de óleo combustível para gás natural em muitas das plantas industriais. Desta forma, a estação, que havia sido instalada neste local com o objetivo de monitorar tanto poluentes de origem industrial quanto veicular, passou a medir, sobretudo, a influência do tráfego na qualidade do ar. Isto, porém, não ocorre mais de maneira representativa, uma vez que os critérios técnicos de localização não são atendidos, pois o entorno está obstruído por vegetação e edificações, tornando-a inadequada para medir os parâmetros meteorológicos e a poluição do ar na escala de abrangência apropriada.

Desta forma, a localização atual não atende mais à necessidade da rede em termos de representatividade dos dados, não sendo possível estabelecer uma relação direta entre as emissões e as concentrações medidas, conforme se observa na análise dos dados de CO e MP<sub>10</sub> em função de direção e velocidade de vento nesta estação.

#### 4.1.7 Recomendações

Para atender aos objetivos da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da CETESB, as informações fornecidas por esta estação deverão corresponder às concentrações de poluentes de origem veicular a que a população está exposta na região central de Santo André, com representatividade em média escala.

Os locais apresentados como alternativas viáveis para instalação da estação foram selecionados considerando-se vários aspectos, dentre os quais: estimativas de emissão das fontes de CO e MP<sub>10</sub>, levando-se em conta especialmente o volume de tráfego de veículos leves e pesados; informações meteorológicas, como velocidade e direção dos ventos, principalmente nos horários de pico de tráfego; uso do solo e topografia, a partir da observação de mapas, fotografias aéreas e de satélite e em parâmetros definidos pelo Code of Federal Regulation - Ambient Air Quality Surveillance <sup>(4)</sup>.

Os locais selecionados estão representados pelos números 1, 2 e 3 na figura a seguir:



**Figura 25 - Imagem - Nata<sup>(6)</sup> das opções 1- Paço Municipal, 2 - Praça do Correio e 3 - Praça Burle Marx**



### 1) Paço Municipal

No entorno do Paço Municipal, as vias mais próximas são a Av. Portugal e a Av. José Caballero, cujo tráfego diário foi estimado em 35.000 e 49.000 veículos respectivamente, somando 84.000 veículos. Nestas condições, uma estação medidora de CO e MP<sub>10</sub> representativa de média escala deve se situar a uma distância das vias maior que 15m e menor que 80m.



Figura 26 – Vista da opção 1- Paço Municipal (12/12/2005)

### 2) Praça do Correio

Fica a aproximadamente 20m da Av. Portugal e 22m da Av. Ramiro Corlleone, com volume de tráfego diário estimado em 35.000 e 84.000 veículos, respectivamente. Assim, circulam neste local cerca de 120.000 veículos por dia. Para ser representativa de média escala para CO e MP<sub>10</sub>, a estação deverá estar entre 15m e 120m das vias mais próximas.



Figura 27 – Vista da opção 2- Praça do Correio – Canteiro

### 3) Praça Burle Marx



Este local atende aos critérios técnicos para instalação de uma estação representativa de média escala para os poluentes CO e MP<sub>10</sub>, desde que a uma distância maior que 15m tanto da via quanto do estacionamento.



**Figura 28 – Vista da opção 3- Praça Burle Marx**

Se a instalação da estação em um dos locais sugeridos não for viável, é necessário que o Município apresente como alternativa um local com características semelhantes em termos de número de veículos, população exposta, distância das vias etc., caso se pretenda viabilizar a manutenção da estação Santo André – Centro.

## **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 Congresso Brasileiro de Eng. Sanitária; Rio de Janeiro, 1975
- 6- Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA): site SP Janela Eletrônica – Núcleo de Pesquisas em Tecnologia Avançada para Monitoramento e Proteção Ambiental (NATA).

## **Equipe de Trabalho**

Américo Tomio Meenochite – ETQT  
Carlos Eduardo Negrão – ETQT  
Maria Cristina Neuschaffer 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

## **Colaboração**

Agência Ambiental de Santo André – CEN

## **Revisão**

Daniel Silveira Lopes - ETQT