

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 Osasco

Março/2006

CETESB	FICHA TÉCNICA BIBLIOGRÁFICA
---------------	------------------------------------

DOCUMENTO

Tipo Relatório	Data Mar/2006	Origem ETQ	Nº Página/V. 58	Nº Mapas
-------------------	------------------	---------------	--------------------	----------

TÍTULO DO DOCUMENTO

Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP - Estação Osasco

AUTOR RESPONSÁVEL

Assinatura/Carimbo/Data
Rosana Curilov

AUTORES/ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM

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
--

DOCUMENTO AUTORIZADO POR

Assinatura/Carimbo/Data

DOCUMENTO REVISADO

Assinatura/Carimbo/Data

CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

<input checked="" type="checkbox"/> EXTERNA <input type="checkbox"/> INTERNA <input type="checkbox"/> RESERVADA
--

PALAVRAS CHAVES

Qualidade do Ar – Rede de Monitoramento – Caracterização de Estação

CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO

--

DISTRIBUIÇÃO INTERNA

Áreas / Nº de cópias ETQ (1), ETQA (1), ETQI (1), ETQM (1), ETQT (1), CDO (1) BIBLIOTECA (2)

USO DA BIBLIOTECA

	Nº Documento	Visto/Carimbo/Data
--	--------------	--------------------

RESUMO

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 Osasco, 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 se registram 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 nos episódios.

OBSERVAÇÕES

USO DA BIBLIOTECA

Local	Editora
Idioma	
Português <input type="checkbox"/> Inglês <input type="checkbox"/> Espanhol <input type="checkbox"/> Francês <input type="checkbox"/> Alemão <input type="checkbox"/> Italiano <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Série	

Índice Geral

Sumário	1
1. Introdução	2
2. Classificação de Estações de Monitoramento – Aspectos Teóricos	4
3. Metodologia.....	6
3.1. Características da Estação.....	6
3.2. Avaliação da Qualidade do Ar.....	6
3.3. Microinventário de Fontes.....	7
3.4. Influência das Condições Meteorológicas	8
4. Caracterização das Estações da Rede Automática.....	8
4.1. Estação Osasco	11
4.1.1. Características da Estação.....	11
Dados da estação.....	11
Condições Locais	12
4.1.2. Tendências da Qualidade do Ar	15
Monóxido de Carbono - CO	15
Monóxido de Nitrogênio - NO	16
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	17
Ozônio – O ₃	18
Dióxido de Enxofre - SO ₂	19
Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	20
4.1.3. Microinventário de Fontes.....	22
4.1.4. Influência das Condições Meteorológicas	27
Monóxido de Carbono - CO	30
Monóxido de Nitrogênio - NO	34
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	39
Ozônio - O ₃	43
4.1.5. Conclusões	56
5. Bibliografia	58
Equipe de Trabalho.....	58
Colaboração	58
Revisão.....	58

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 **Osasco**, 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 se registram 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 nos episódios.

As análises mostraram que a qualidade do ar observada é influenciada, sobretudo, por emissões veiculares, provenientes de veículos que trafegam na malha viária próxima da estação.

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 (SO₂) 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 amostradores de SO₂ foram substituídos por amostradores 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 28 estações fixas de amostragem, com a seguinte distribuição: 22 na região metropolitana de São Paulo, 2 em Cubatão, 1 em Paulínia, 1 em Campinas, 1 em São José dos Campos, 1 em Sorocaba e mais 3 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 integral da poluição do ar, 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, onde 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 **Osasco**, 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⁽¹⁾ (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) e OMS⁽²⁾ (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 escala de representatividade

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 O₃ e parte do NO₂, 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 SO₂.

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 , HC ($HCNM$ e CH_4), 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.

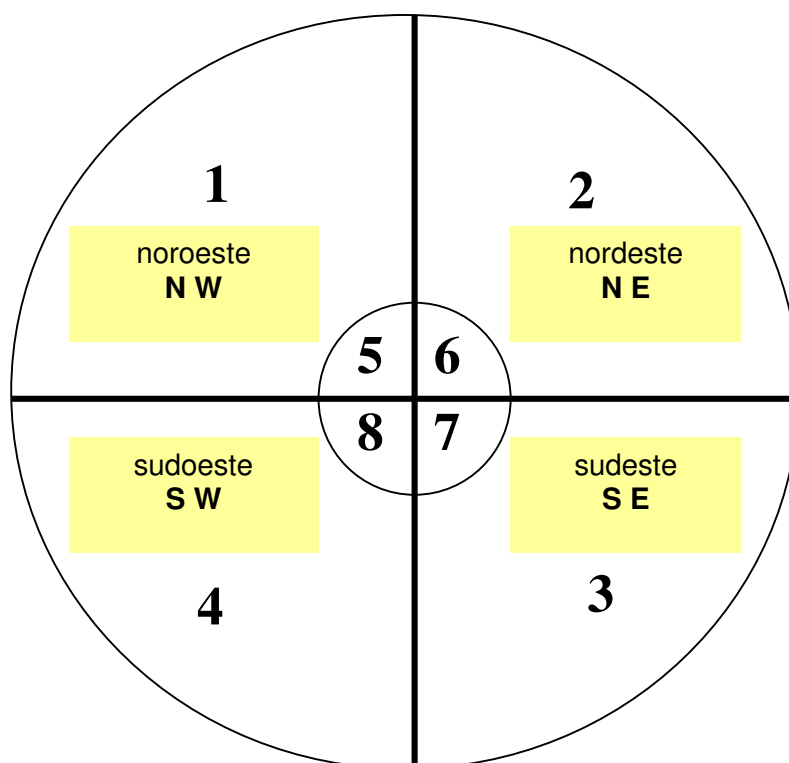


Figura 1 - Quadrantes considerados para localização das fontes e direção do vento

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 atual rede, distribuída conforme a figura 2, 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 CH₄), 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.

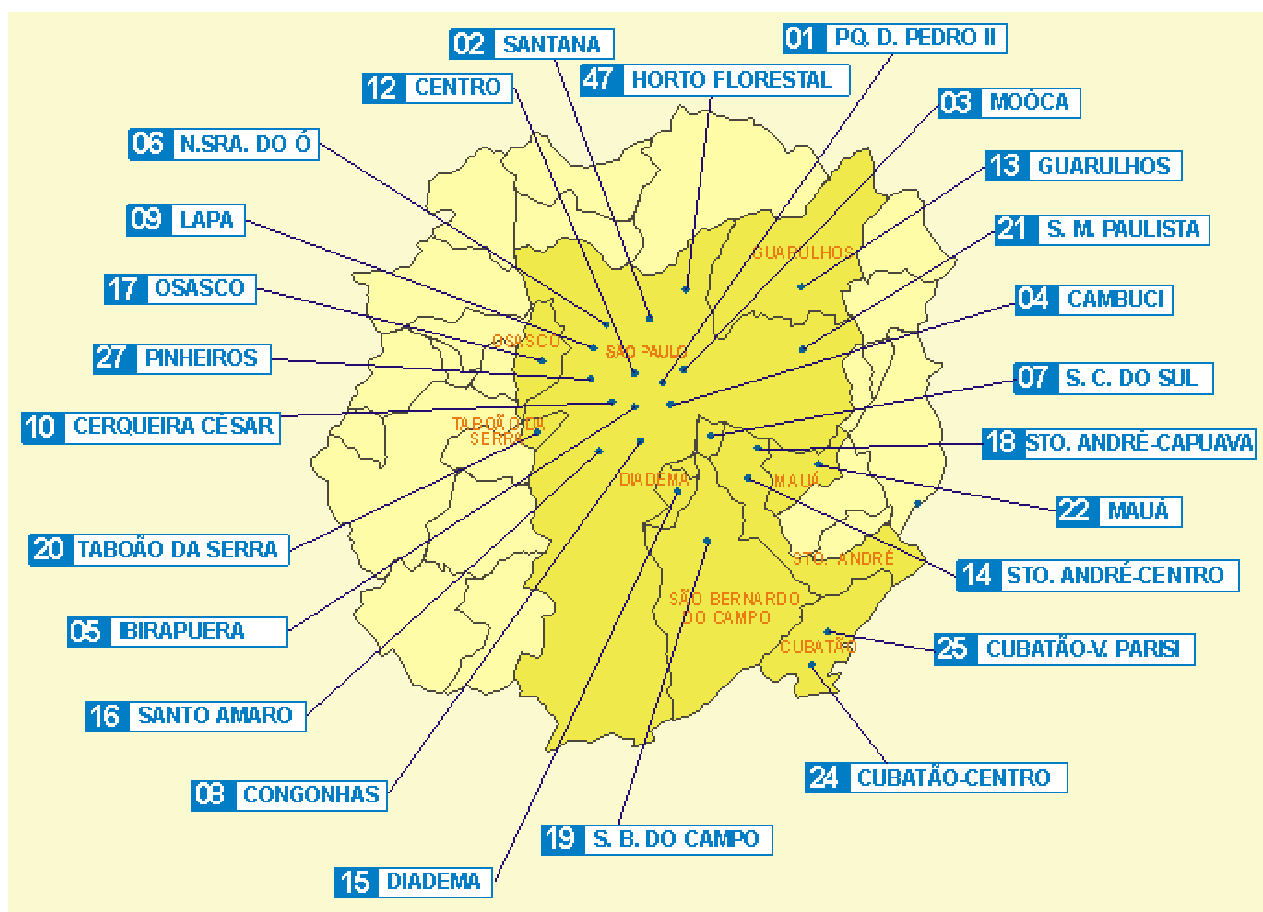


Figura 2 – Localização das estações da rede automática na RMSP

Tabela 3 – Configuração da rede de monitoramento – RMSP

ESTAÇÃO Nº	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	P A R Â M E T R O S																	
		MP ₁₀	MP _{2,5}	FMC	PTS	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	CH ₄	HCNM	O ₃	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									
09	Lapa	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	
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		

MP₁₀ Partículas inaláveis
 MP_{2,5} Partículas inaláveis finas
 FMC Fumaça
 PTS Partículas Totais em Suspensão
 SO₂ Dióxido de enxofre
 NO Monóxido de nitrogênio

NO₂ Dióxido de nitrogênio
 NO_x Óxido de nitrogênio
 CO Monóxido de carbono
 CH₄ Metano
 HCNM Hidrocarbonetos totais menos Metano
 O₃ 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 Osasco

Apresentam-se a seguir os diversos aspectos relacionados à estação Osasco 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

Endereço atual	Esquina da Av. dos Autonomistas com a R. São Maurício Osasco		
Latitude sul:	23° 31' 35"	UTM	317.060m
Longitude oeste:	46° 47' 31"	UTM	7.397.045m
Altitude:	740m		
Altura de captação da amostra:		3,5m	
Altura do anemômetro:		10m	
Endereços anteriores	Praça 31 de Março, 104 - até 16/05/1995		

Tabela 4: Parâmetros monitorados

Parâmetros	Método	Equipamento	Início	Término
MP ₁₀	Radiação Beta	PW9790-Philips	01/01/85	30/09/95
MP ₁₀	Radiação Beta	FH62 I-N-Graseby-Andersen	01/06/96	
SO ₂	Coulometria	PW9755-Philips	01/01/86	30/09/95
SO ₂	Fluorescência de Pulso (ultravioleta)	Modelo 43 – Thermo E.I.I.	21/06/96	
CO	Infravermelho não Dispersivo	Modelo 48 – Thermo E.I.I.	01/06/96	
NO _x	Quimiluminescência	Modelo 42 – Thermo E.I.I.	01/06/96	
O ₃	Ultravioleta	Modelo 49 – Thermo E.I.I.	06/06/96	12/02/03
PTS	Amostrador de Grandes Volumes	General Metal Works	01/03/83	
VV e DV	Tacômetro/Goniômetro	Lastem	01/01/88	30/09/95
VV e DV	Tacômetro/Goniômetro	Lastem	01/06/96	

Condições Locais

A estação Osasco está localizada numa região com características mistas: residencial, comercial e industrial, no bairro de Quitaúna (figuras 3 e 4).



Figura 3 – Vista da estação Osasco (20/12/2004)



Figura 4 – Vista aérea da estação Osasco (25/03/2002)

A figura 5 mostra uma imagem do Nata⁽⁶⁾, com um círculo de 400 metros de raio, o qual é utilizado para estabelecer as fontes que influenciam as concentrações de poluentes medidos na estação em estudo.



Figura 5 – Imagem-Nata⁶ do entorno da estação Osasco com raio de 400m

A figura 6 mostra fotos que foram tomadas em 20 de dezembro de 2004, sobre a estação, nas direções Norte/Sul/Leste/Oeste.

Na foto da vista norte vemos a Av. dos Autonomistas que dista aproximadamente 20 metros da estação e possui tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados.

Na vista oeste vemos a Rua São Maurício que possui um tráfego pequeno e dista 10 metros da estação.

Na face leste temos a Av. Visconde de Nova Granada que possui um tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados e fica a aproximadamente 45m da estação. Na face sul verificamos um imóvel a 10 metros de distância e altura aproximada de 4 metros.



Figura 6 – Vistas do entorno da Estação Osasco (20/12/2004)

4.1.2. Tendências da Qualidade do Ar

Visando avaliar o perfil das concentrações dos diversos poluentes monitorados na estação Osasco 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 das máximas diárias de 8 horas de monóxido de carbono na estação Osasco no período de 1999 a 2004. Observa-se que houve um decréscimo nas concentrações, que se acentua de 2002 a 2004, indicando tendência de redução das concentrações nos anos analisados. 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.

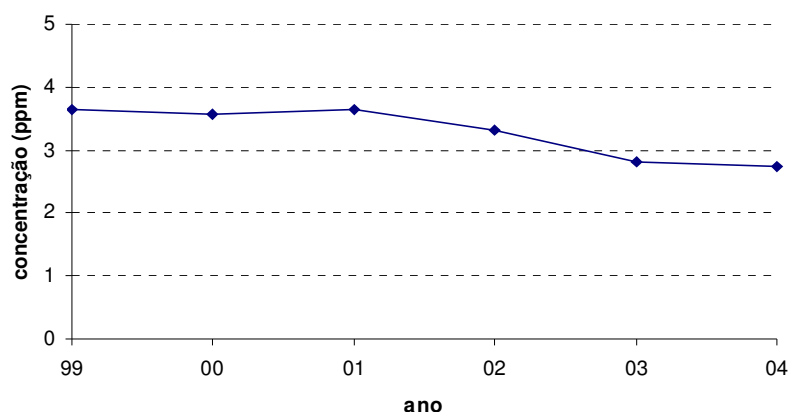


Figura 7 – CO – Médias das máximas (médias de 8 horas) no período de 1999 a 2004

Na figura 8 observa-se o número de dias de ultrapassagem dos níveis do PQAr (9ppm) e Atenção (15ppm), médias de 8 horas. Durante o período estudado somente o ano de 2000 apresentou duas ultrapassagens do padrão de 8 horas.

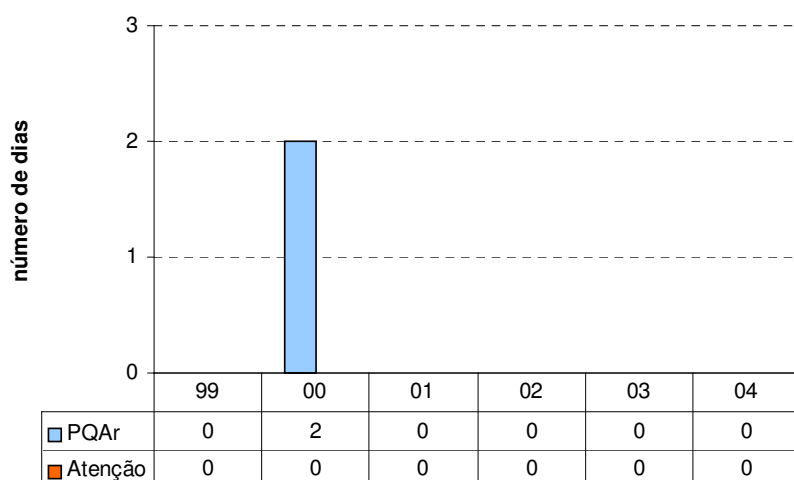


Figura 8 – CO – Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1999 a 2004

Monóxido de Nitrogênio - NO

Para o Monóxido de Nitrogênio não há padrão legal. A figura 9 apresenta as concentrações médias anuais deste poluente na estação Osasco de 1999 a 2003, considerando-se o período das 7 às 11 horas, horário em que são observadas as maiores concentrações. Os valores médios não apresentaram tendência de queda ou elevação significativas durante o período, permanecendo na faixa de 156 a 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Em 2002 e 2004, por problemas no equipamento, não há representatividade nos dados para cálculo da média anual.

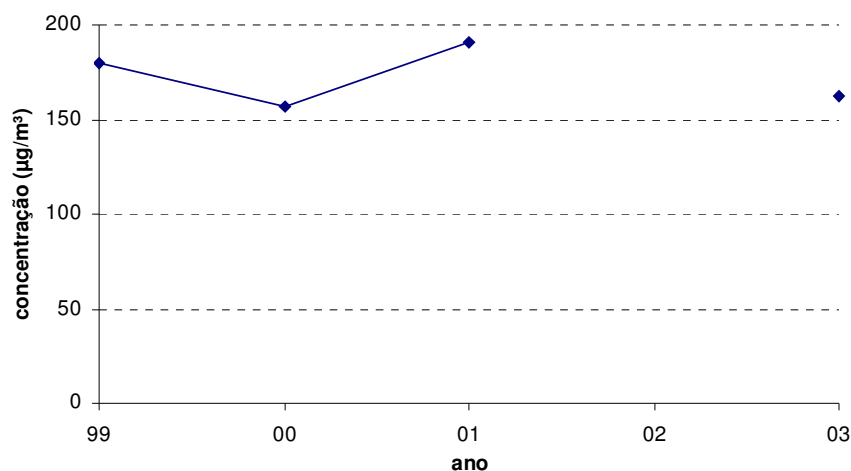


Figura 9 – NO – Médias diárias das 07 às 11 horas no período de 1999 a 2003

Dióxido de Nitrogênio - NO₂

No período de 1999 a 2003 podemos observar que as concentrações encontram-se próximas a 60 µg/m³, abaixo do PQAr anual para este poluente que é de 100 µg/m³. No ano de 2002 e 2004, por problemas do equipamento, não há representatividade nos dados para cálculo da média anual deste poluente.

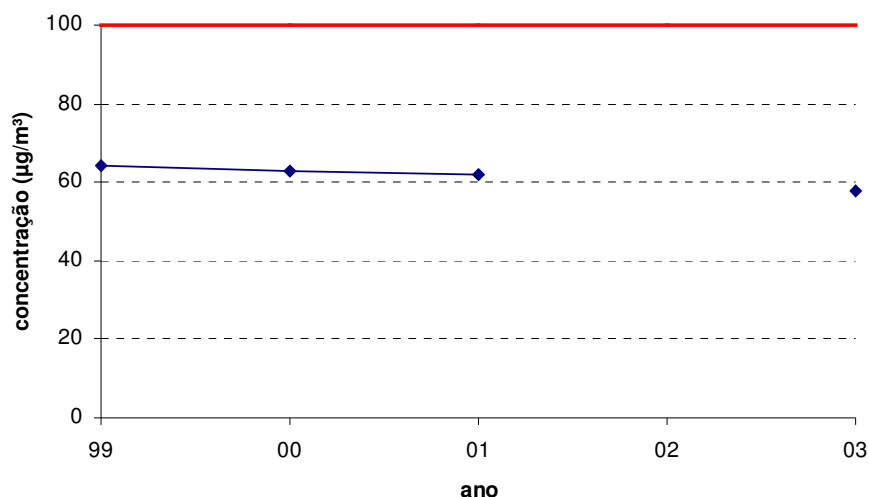


Figura 10 – NO₂ – Médias aritméticas anuais no período de 1999 a 2003

Para este poluente não houve ultrapassagem do PQAr de 1 hora (320µg/m³) em nenhum dia durante o período estudado.

Ozônio – O₃

A figura 11 ilustra o número de dias de ultrapassagens do PQAr (160µg/m³) e nível de Atenção (200µg/m³) de O₃ na estação Osasco, no período de 1999 a out/2003, quando o equipamento deixou de operar.

Por se tratar de uma estação de via, próxima a fontes de NO que reage com ozônio, esta estação, quando comparada a outras estações, como a estação Ibirapuera, apresentou poucos dias de ultrapassagem do PQAr e uma única ultrapassagem do nível de Atenção em 2000.

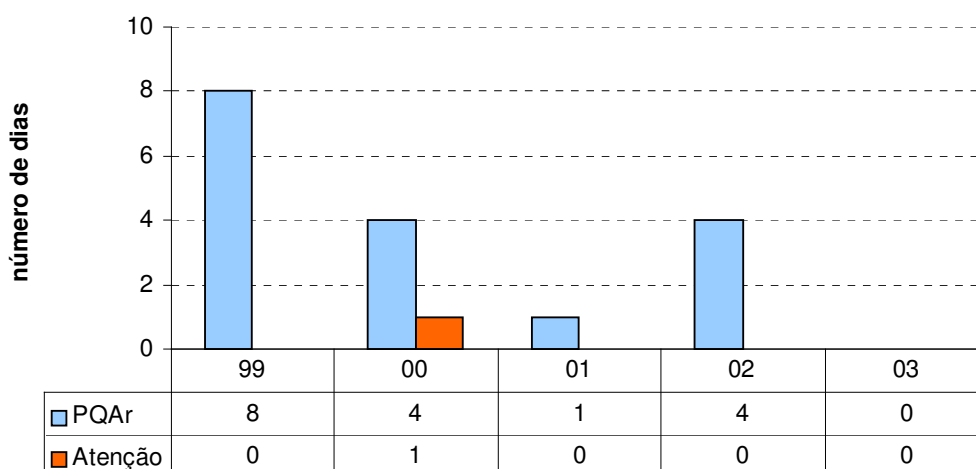


Figura 11 – O₃ – Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção no período de 1999 a out/2003

Em termos de distribuição por meses do ano, observa-se na figura 12 que, apesar de ocorrerem poucas violações do padrão, a maior frequência de dias de ultrapassagens do PQAr ocorre durante os meses de primavera e verão.

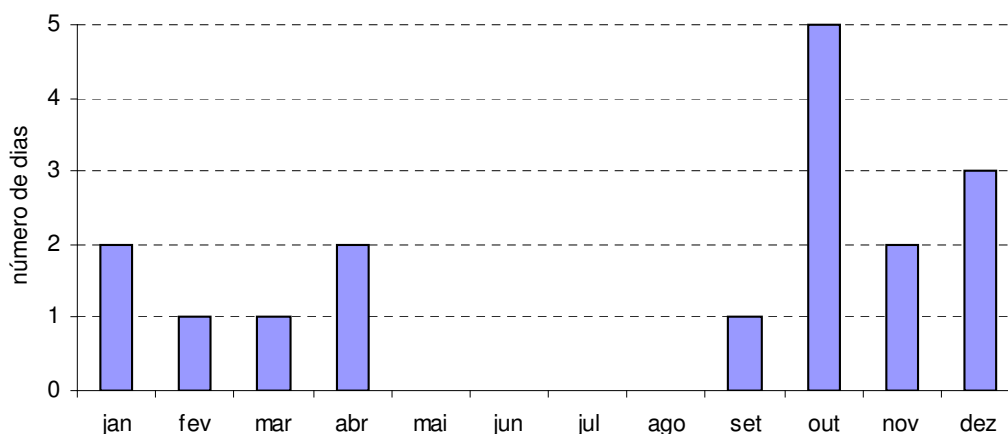


Figura 12 – O₃ – Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1999 a out/2003

Dióxido de Enxofre - SO₂

A análise dos últimos 6 anos de dados mostra que os níveis de concentração de SO₂ (médias aritméticas anuais) registrados estão muito abaixo do PQAr anual de 80µg/m³, conforme ilustrado na figura 13. Os dados mostram que esses níveis têm sido mantidos e, no caso da estação Osasco, apresentam-se abaixo de 20µg/m³. A maior média diária do período (média de 24h) ocorreu no dia 02/08/2000 e atingiu o valor de 49µg/m³.

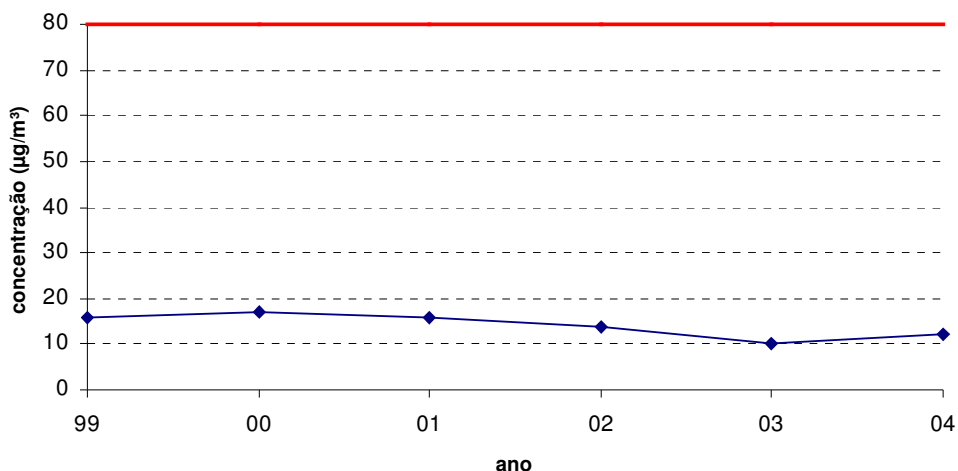


Figura 13 – SO₂ – Médias aritméticas anuais no período de 1999 a 2004

Partículas Inaláveis (MP₁₀)

Na figura 14 observamos que as médias aritméticas anuais de MP₁₀ nos últimos seis anos encontram-se acima do padrão de qualidade do ar (PQAr) anual (50µg/m³) para este poluente, e que em 2004 sofreu uma queda de 15% em relação ao ano anterior.

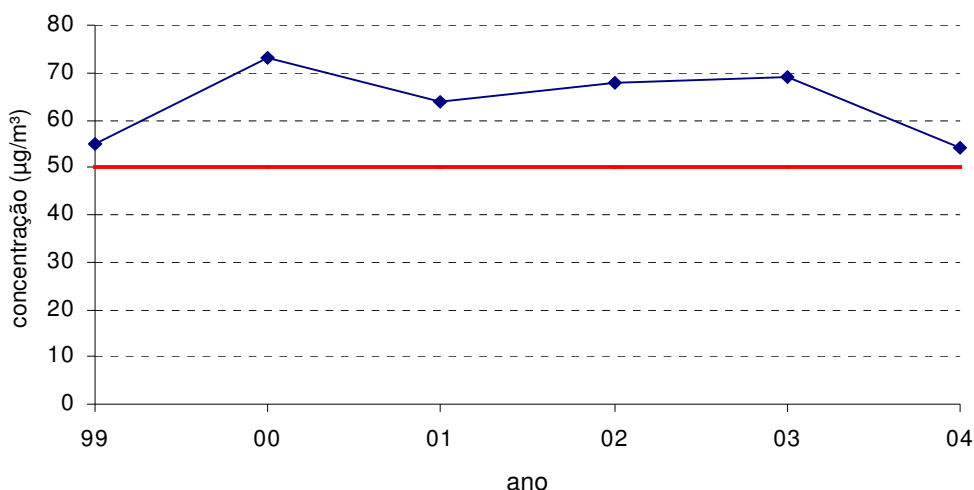


Figura 14 – MP₁₀ – Médias aritméticas anuais no período de 1999 a 2004

Observamos que o maior número de ultrapassagens de curto prazo de MP₁₀ (150µg/m³ - média de 24 horas) ocorreu em 2000, devido a realização de obras de duplicação da Rodovia Castelo Branco, tendo ocorrido grande remoção de terra. Já nos anos seguintes houve uma sensível queda.

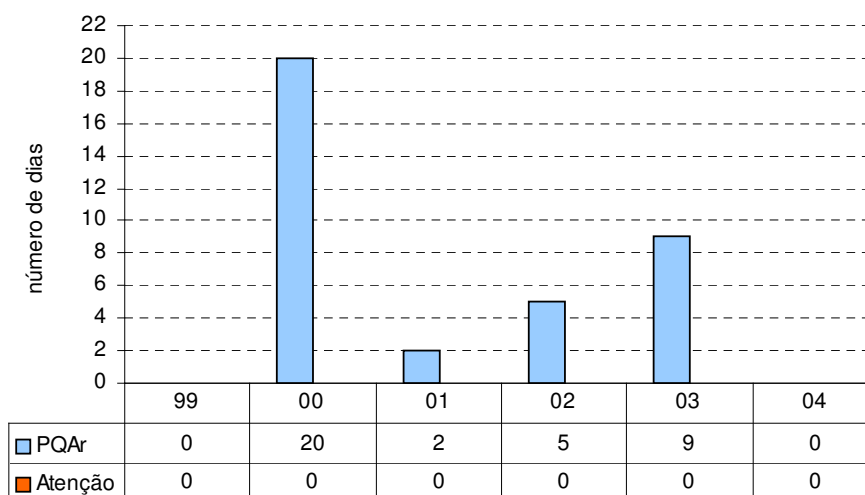


Figura 15 – MP₁₀ – Dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção no período de 1999 a 2004

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 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 por MP_{10} no período de 1999 a 2004, apresentada na figura 16. Pode-se observar que entre 1999 e 2004 não houve ultrapassagens do PQAr nos meses de primavera e verão, concentrando-se todos os episódios no período de abril a agosto. A maior frequência de ultrapassagens foi observada no mês de junho (13 episódios). Acrescenta-se que a maioria dos episódios ocorreu em 2000.

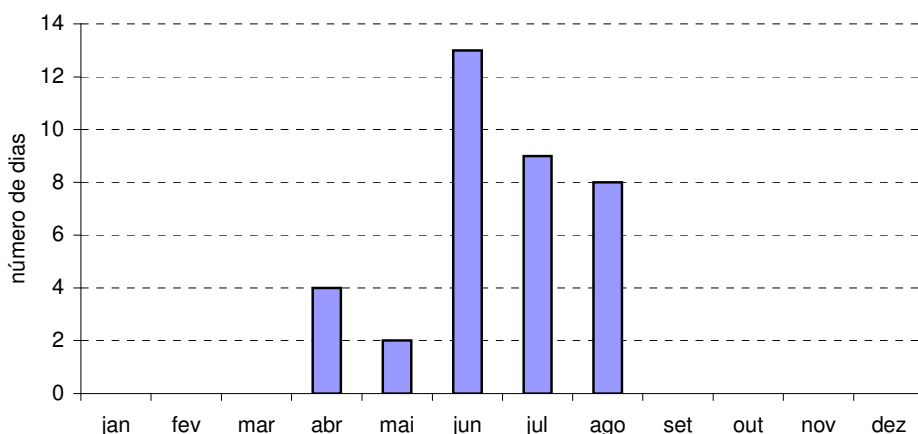


Figura 16– MP_{10} – Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1999 a 2004

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 nesse mesmo período, apresentada na figura 17. Nessa figura, observa-se que as concentrações de MP_{10} são mais elevadas durante os meses de inverno, apresentando sua concentração média mais alta no mês de junho, seguida de agosto e julho.

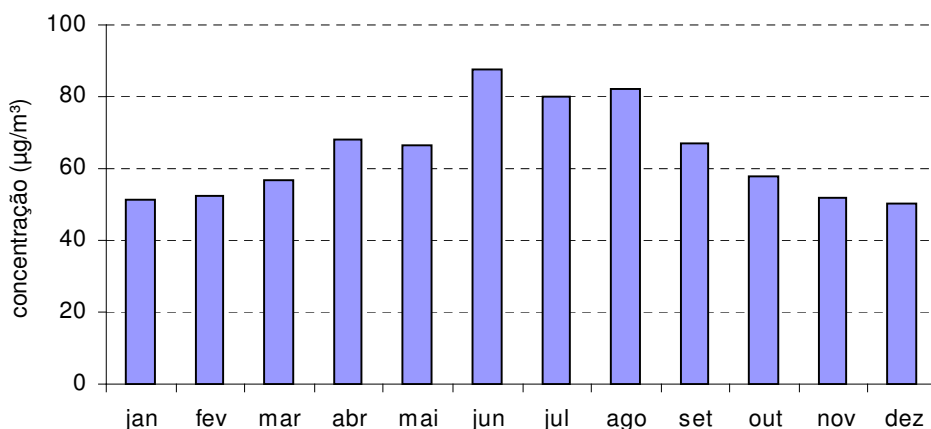
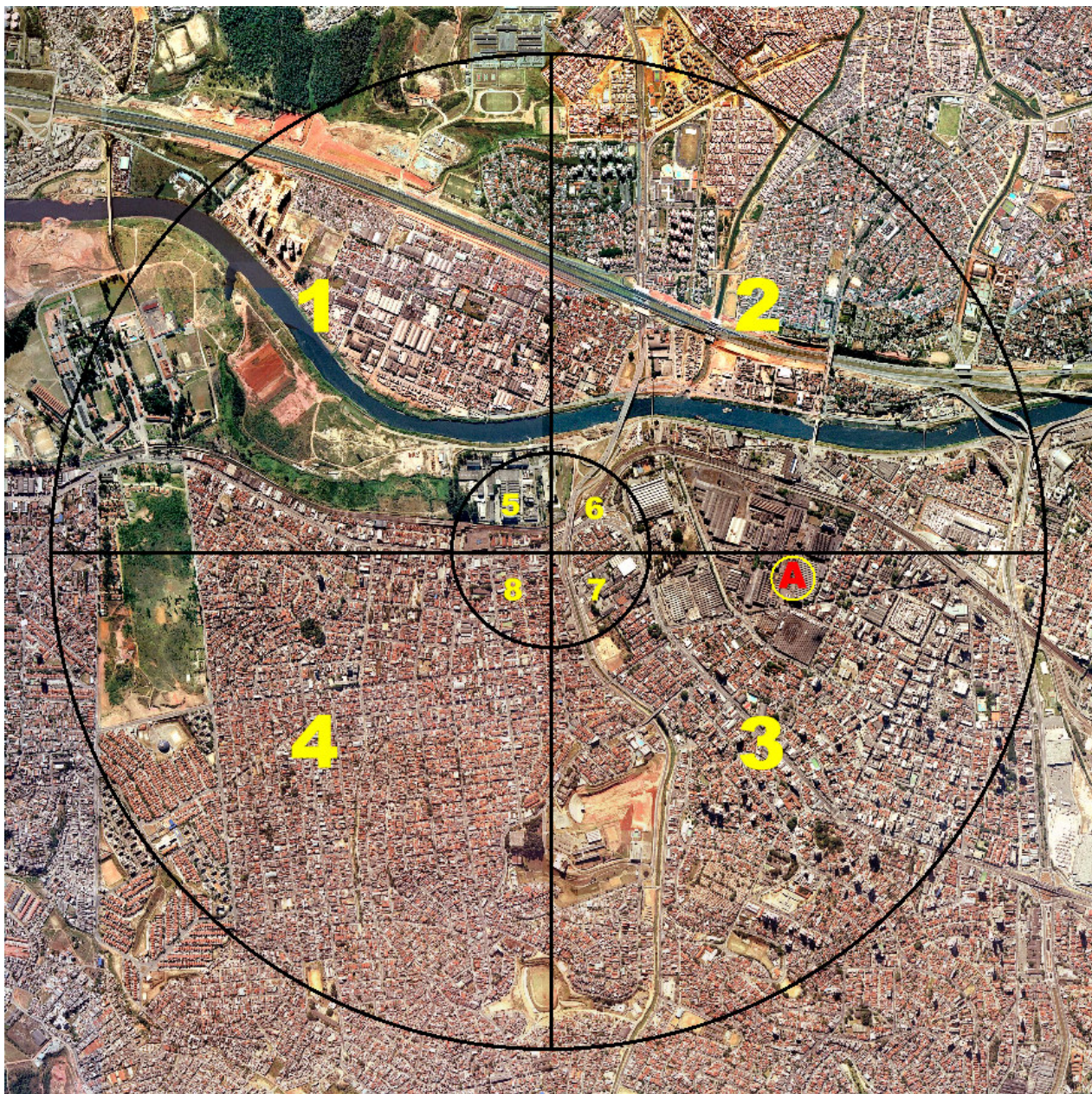


Figura 17 – MP_{10} – Médias mensais no período de 1999 a 2004

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 18⁽⁶⁾.



LEGENDA:

A – Flanaço Ligas Especiais Ltda

Figura 18 – Mapa ilustrando as principais fontes de emissão e setores no entorno da estação Osasco

Fontes Estacionárias

A região no entorno da estação amostradora, abrangendo o raio de 2000 metros, é considerada pela Prefeitura Municipal de Osasco como Zona de Uso Exclusivamente Industrial (ZI/08). Nos últimos anos, pelo menos desde quando a estação está instalada na região, vem ocorrendo uma descaracterização do tipo de atividade desenvolvida por essas indústrias, com o fechamento definitivo de muitas delas, principalmente as de maior porte, assim como a terceirização de atividades produtivas por outras indústrias que funcionam em outros locais. Embora muitas delas permaneçam no mesmo local, suas atividades hoje se restringem a serviços administrativos, como é o caso específico da Asea Brown Boveri.

Outras empresas foram divididas, com outros nomes e atividades produtivas diferentes das anteriores, é o caso da Cobrasma que não existe mais e cujo espaço é ocupado por outras empresas. Algumas outras indústrias, simplesmente, encerraram suas atividades, deixaram de existir, tendo seu espaço físico permanecido desocupado ou transformado em outra atividade completamente diferente da inicial, como é o caso de um shopping center instalado em local que já foi uma indústria.

De qualquer maneira, embora muitas empresas de porte tenham sido desativadas, a região permanece com vocação industrial, embora com uma atenuante bastante importante: a mudança do óleo combustível para gás natural no processo produtivo.

Segundo a Agência Ambiental de Osasco, o que se observa em toda essa área em que é permitida a atividade industrial, é a proliferação de pequenas indústrias com pequeno potencial poluidor, esparsamente instaladas, principalmente nas imediações da Rodovia Castelo Branco. Ainda de acordo com informações da Agência de Osasco, a única indústria com dados disponíveis de emissão residual, é a Flanaço Ligas Especiais Ltda., situada a 1000 metros a leste da estação da CETESB (setor 3), com emissão residual de 12,5t/ano de material particulado.

As outras indústrias mais representativas e próximas da estação automática de monitoramento da CETESB, analisadas em conjunto com a Agência Ambiental de Osasco, foram: WHITE MARTINS (setor 6) sem emissões no processo industrial, CIMAF (setor 6) emissões sem representatividade e com poucas fontes esparsas, OSRAM (setor 7) sem emissões para poluentes convencionais, LEDERVIN (setor 5) também com pouca representatividade e poucas fontes esparsas, e nos setores 2 e 3, nas antigas instalações da COBRASMA, a FLANAÇO já citada e a ARWIN MERITOR e PORT VINCENT.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes no entorno da estação em estudo são representadas por poucas, mas importantes vias de tráfego. As avenidas mais próximas e fontes lineares de emissão a causar impacto na área de avaliação são: Avenida dos Autonomistas, que se estende de sudeste até aproximadamente 400 metros da estação, quando faz uma curva à esquerda, e continua para oeste, passando em frente à estação amostradora. A outra fonte linear representativa é o Viaduto Pres. Tancredo de Almeida Neves e na continuação Avenida Getúlio Vargas, que liga a região central da cidade à Rodovia Castelo Branco, se estendendo na direção norte-sul.

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 os veículos leves dos veículos movidos a diesel. Neste dia foram efetuadas também algumas contagens para se estimar o número de motos que trafegam nessas vias.

As emissões nas duas vias analisadas foram estimadas a partir dos dados de contagem de veículos realizada no dia 06/10/04 (quarta-feira). Foram realizadas contagens de 15 minutos, simultaneamente, em cada ponto nos horários compreendidos entre 6h30 e 18h15.

Para se chegar ao volume de tráfego diário de veículos leves 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 as 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, considerou-se uma redução de 90% na utilização de motos. Para os sábados e domingos, adotou-se que o tráfego representa apenas 10% de um dia útil.

Para se estimar o volume anual, 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, tanto leves como diesel. (Tabela 5 e Figura 19)

Tabela 5: Contagem de veículos na Avenida dos Autonomistas e Viaduto Pres. Tancredo de Almeida Neves

	Fonte	volume de tráfego diário estimado	volume de tráfego anual estimado
Av. dos Autonomistas	Veículos leves	56.727	17.700.000
	Veículos diesel	8.630	2.700.000
	Motocicletas	2.583	700.000
Viaduto	Veículos leves	66.074	20.600.000
	Veículos diesel	8.574	2.675.000
	Motocicletas	1.837	500.000

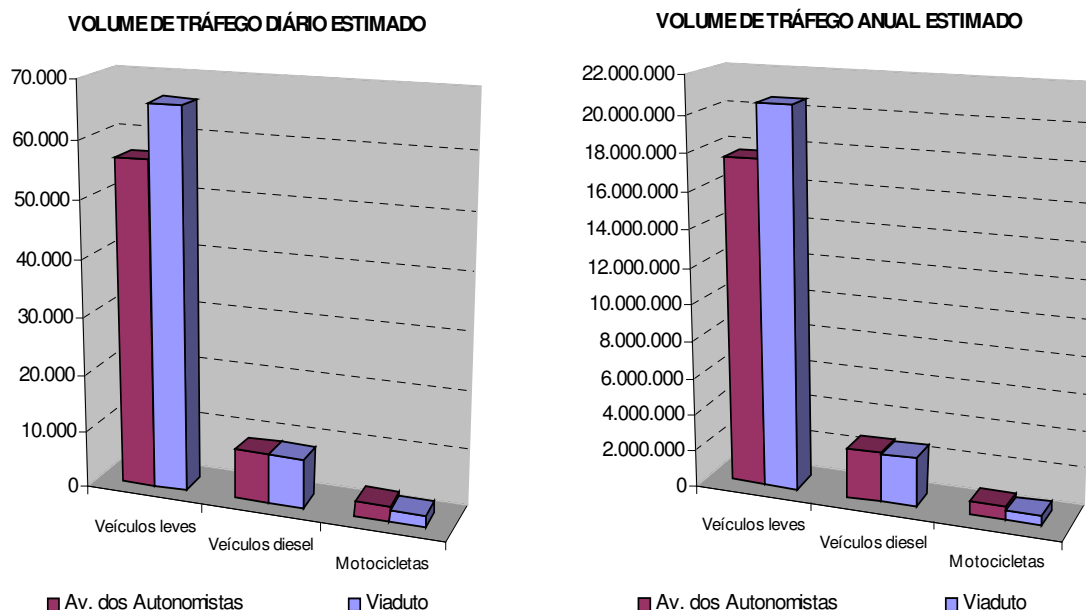


Figura 19 – Volume de tráfego estimado (diário / anual)

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, foram considerados os fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004 (tabela 6), por ser a informação mais atualizada disponível na época da contagem.

Tabela 6: Fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2004

Tipo de veículo	Fatores de emissão (g/km)				
	MP	SO ₂	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 7).

Tabela 7: Emissões de fontes móveis

Local	Fonte	Emissão (ton/ano)				
		MP	SO ₂	NOx	CO	HC
Av. dos Autonomistas *	Gasool	1,13	1,70	9,63	171,34	17,55
	Diesel	1,34	0,93	24,13	33,70	5,36
	Motos	0,03	0,02	0,06	10,08	1,33
	Total	2,50	2,65	33,82	215,12	24,24
Viaduto *	Gasool	1,32	1,98	11,21	199,41	20,43
	Diesel	1,33	0,92	23,90	33,38	5,31
	Motos	0,02	0,02	0,04	7,21	0,95
	Total	2,67	2,92	35,15	240,00	26,69

* Fontes lineares de 800m de extensão.

A tabela a seguir relaciona as emissões das fontes estacionárias e móveis dentro de cada setor

Tabela 8: Estimativas de emissão de fontes estacionárias e móveis no entorno da estação Osasco

Quadrante	Setor	Emissão das fontes (ton/ano)						Emissão Total (ton/ano)				
		Fonte	MP	SO ₂	NO _x	CO	HC	MP	SO ₂	NO _x	CO	HC
0 - 90 (Nordeste)	6	Av. dos Autonomistas [300m]	0,94	0,99	12,68	80,7	9,09	2,28	2,45	30,25	200,7	22,44
		Viad. Tancredo Neves [400m]	1,34	1,46	17,57	120,0	13,35					
90 - 180 (Sudeste)	7	Viad. Tancredo Neves [400m]	1,33	1,46	17,58	120,0	13,34	1,64	1,79	21,81	140,7	16,37
		Av. dos Autonomistas [100m]	0,31	0,33	4,23	26,9	3,03					
	3	Flanaço Ligas Especiais Ltda	12,5					12,5				
270 - 360 (Noroeste)	5	Av. dos Autonomistas [400m]	1,25	1,33	16,91	107,6	12,12	1,25	1,33	16,91	107,6	12,12

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

A NW da estação, no Setor 5, encontra-se a Av. Edmundo Amaral, que segue paralelamente ao Rio Tietê. Esta avenida fica fora da área definida pelo raio de 400m, não tendo sido feita contagem de veículos para estimar o volume de tráfego, o que permitiria inferir a taxa de emissão de poluentes provenientes deste Setor. Entretanto, por observação, supõe-se que estas emissões também sejam significativas, pois o tráfego é intenso durante todo o dia, já que esta avenida é utilizada pelos que evitam o pedágio da Rodovia Castelo Branco, encontrando, neste caminho, fácil acesso ao km17. Além disso, a frota ali circulante é composta por muitos veículos pesados e também por veículos leves mais antigos, cujos fatores de emissão de poluentes para a atmosfera são maiores.

De acordo com informações prestadas pela Assessoria de Comunicação da VIAOESTE S/A, concessionária que administra a Rodovia Castelo Branco, o volume médio diário de tráfego de veículos na altura do km17 da rodovia, compreendendo as pistas expressas e marginais, nos dois sentidos, é de aproximadamente 170.000 veículos, sendo 123.500 leves e 46.500 pesados. Ainda segundo a VIAOESTE, nos finais de semana o volume de tráfego ainda é maior que durante os dias da semana.

Dessa forma, extrapolando esta informação sem usar nenhum fator de correção para os finais de semana, como costumamos utilizar, teríamos um total anual de tráfego aproximado de 62.000.000 veículos (45.000.000 leves e 17.000.000 pesados), que representa o triplo do tráfego calculado na Avenida dos Autonomistas.

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 deste parâmetro é através de tabelas de frequência de direção e de rosas de ventos, onde se podem observar direções predominantes e velocidades médias para um grande período de tempo.

Na tabela 9 são apresentadas as frequências de direção dos ventos ao longo do dia no período de 1999 a 2004, permitindo uma análise média do regime da circulação atmosférica no entorno da estação.

Tabela 9 – Frequência da direção do vento na estação Osasco em cada quadrante ao longo do dia

Hora	NE	SE	SW	NW	Calm/Va r
01	301	1114	98	392	241
02	310	1018	100	462	251
03	314	990	108	497	265
04	327	901	109	495	308
05	346	856	111	492	333
06	335	860	124	543	280
07	327	845	150	588	230
08	437	797	148	602	156
09	522	742	124	545	100
10	777	710	92	498	58
11	716	684	94	595	44
12	582	680	92	744	38
13	429	676	111	887	40
14	297	742	144	917	41
15	216	808	168	908	45
16	163	936	170	848	25
17	172	1071	189	687	23
18	178	1241	152	541	31
19	188	1366	146	395	53
20	221	1402	122	315	90
21	237	1398	112	274	127
22	223	1376	116	284	148
23	253	1293	129	305	167
24	285	1194	116	353	195

Os resultados mostram que:

- Os ventos do quadrante SE predominam, praticamente, até às 11h da manhã;
- A partir das 12h, os ventos do quadrante NW predominam até às 15h;
- A partir das 16h, a predominância passa a ser do quadrante SE, com máxima frequência às 20h. É necessário afirmar que os ventos de SE são os mais frequentes quando considerada a soma de todos os horários. Os ventos deste quadrante ocorrem principalmente na presença de duas condições meteorológicas distintas: o primeiro caso está associado à atuação de um anticiclone polar, em que os ventos são relativamente constantes em direção e ocorre praticamente em todas as horas do dia; o segundo caso ocorre pela penetração da brisa marítima e ocorre a partir da tarde até a noite, o que pode ser observado pela máxima frequência nesse período;
- Os ventos do quadrante SW são os que apresentam as menores frequências;
- Com relação à calmaria e ventos variáveis, apesar das maiores frequências ocorrerem na madrugada, elas representam cerca de 3,2% do total, e são inferiores à ocorrência de ventos, com exceção aos do quadrante SW.

Para uma melhor visualização do comportamento do vento na estação Osasco foram feitas rosas de ventos em períodos do dia (figuras 20 a, b, c, d) onde são observados o comportamento na direção com o decorrer do dia.

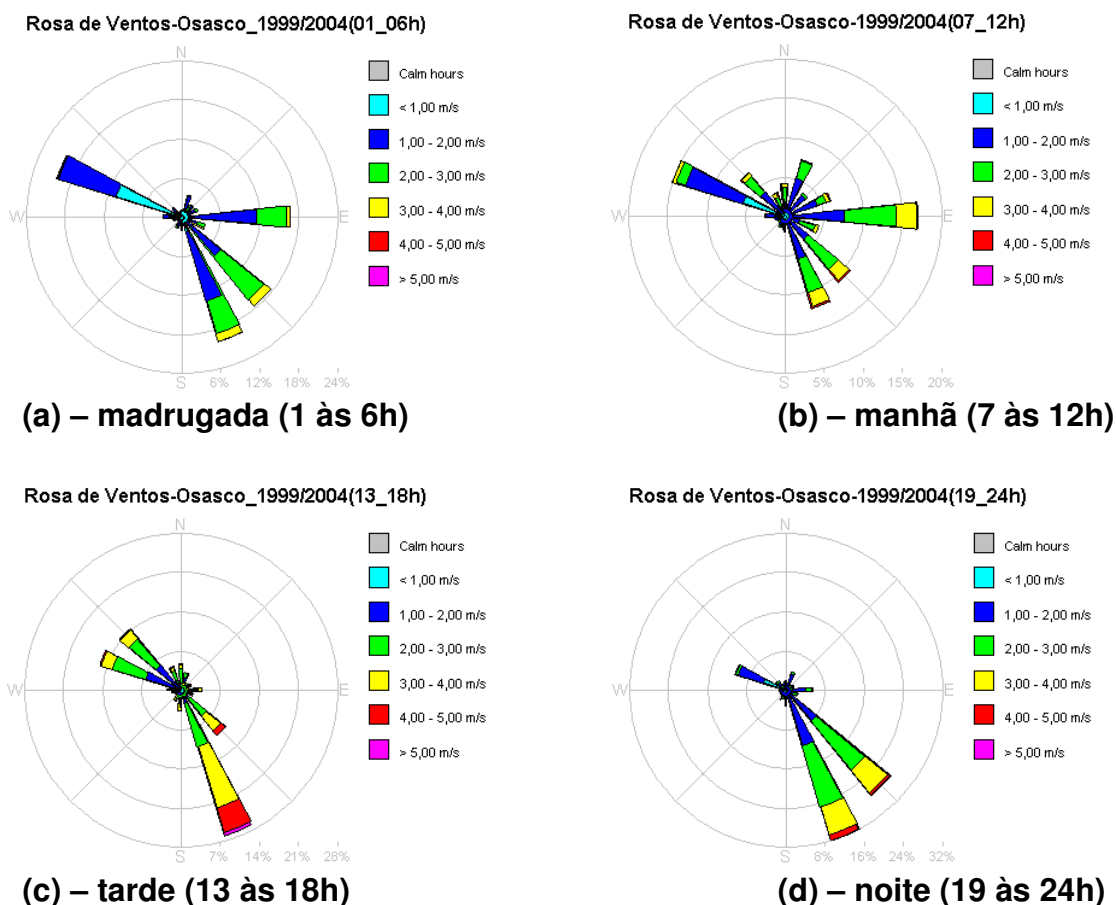


Figura 20 – Rosas de ventos por período do dia da estação Osasco para os anos 1999 a 2004 - Madrugada (a), manhã (b), tarde (c) e noite (d)

Na figura 20a que mostra a rosa de ventos para o período da madrugada (01 as 06h) observa-se a predominância do quadrante SE, porém com uma componente secundária do quadrante NW. Também é neste período que ocorre a maior porcentagem de calmaria e ventos fracos diários (cerca de 13%).

Nas figuras 20b,c correspondentes aos períodos da manhã e tarde (07 as 12h e 13 as 18h, respectivamente) a situação é análoga ao da figura 20a sendo que apenas no período da tarde a frequência dos ventos do quadrante NW são ligeiramente superiores aos de SE. A calmaria e ventos variáveis representam cerca de 5 e 2 %, respectivamente.

A explicação para o comportamento das direções dos ventos descritos nas figuras 20a, b, c é que a estação de Osasco está instalada cerca de 10km do vale do Reservatório Edgard de Souza, num vale ladeado por elevações que variam de 800 a 1000m, e esta situação propicia circulação local de ventos provenientes do quadrante NW.

Na figura 20d, a rosa de ventos relativas ao período da noite (19 às 24h) pode-se verificar que a predominância do vento é, praticamente, de SE, em virtude da atuação da brisa marítima e dos ventos sinóticos de SE. Calmaria e ventos variáveis neste período representa cerca de 6%.

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 21 e tabela 10).
- Avaliar os perfis 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 das variações nas emissões, e também considerando-se as médias de inverno e verão.
- 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 estão associadas as maiores concentrações médias e checar se o vento deste quadrante é o predominante (conforme tabela 10) 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 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 21 e 22 ilustram, respectivamente, as variações médias horárias por período do ano e por dia da semana do CO na estação Osasco. Os perfis de inverno e verão apresentados ilustram as diferenças resultantes das variações meteorológicas médias entre os períodos do ano, determinantes principalmente no período noturno. Com relação às variações por dia da semana (figura 22), observa-se que os perfis de segunda a sexta-feira são bastante semelhantes, comportamento típico de influência veicular bastante próxima, e que as concentrações de CO caem bastante no domingo, quando não se observa o pico matutino. A condição de sábado é intermediária.

Em termos médios, o perfil das concentrações horárias de CO ao longo do dia mostra dois picos de concentração. Um pela manhã, cujo máximo é registrado às 8 horas e está associado ao aumento do tráfego de veículos, é de curta duração e precede um período com condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes. Outro pico é observado no período noturno, com máximas concentrações médias entre 19h e 20h. É interessante observar que apesar da redução nas concentrações médias no início da tarde, período com condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes, ela não é tão acentuada quando comparada com as outras estações.

Não existem dados às 5h por ser o horário utilizado para calibração automática diária do monitor.

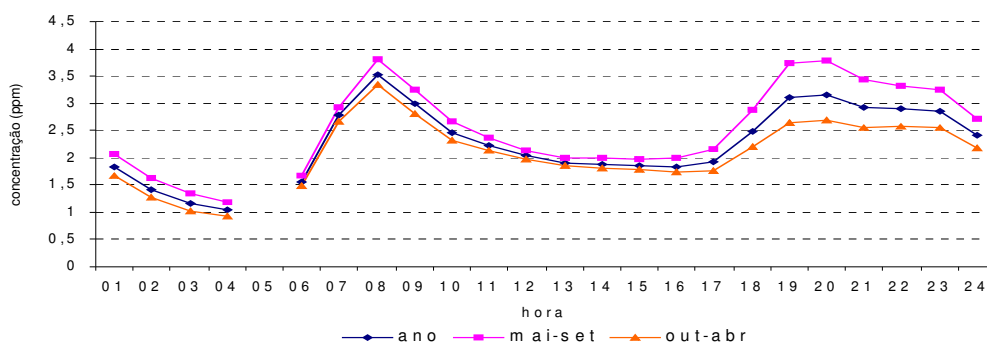


Figura 21 – CO – Médias horárias por época do ano no período de 1999 a 2004

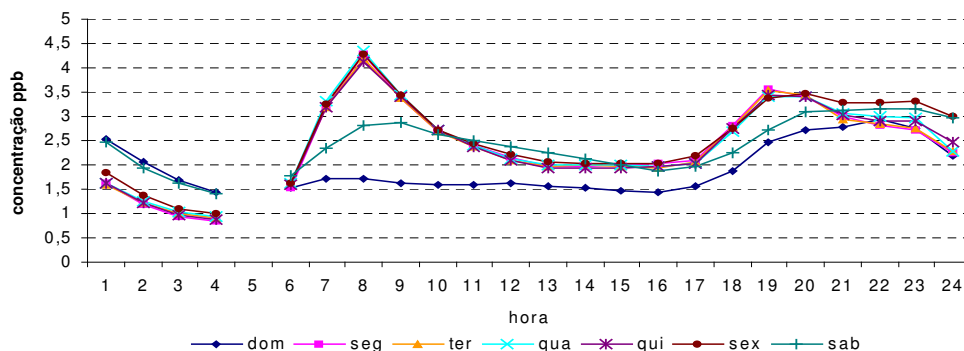


Figura 22 – CO – Médias horárias por dia da semana de 1999 a 2004

Para elaboração dos gráficos a seguir, que ilustram as concentrações do poluente em função da velocidade e quadrante do vento, foram utilizados os dados do período das 6h às 11h, que abrange o pico da manhã, e das 18h às 24h representativo do período noturno.

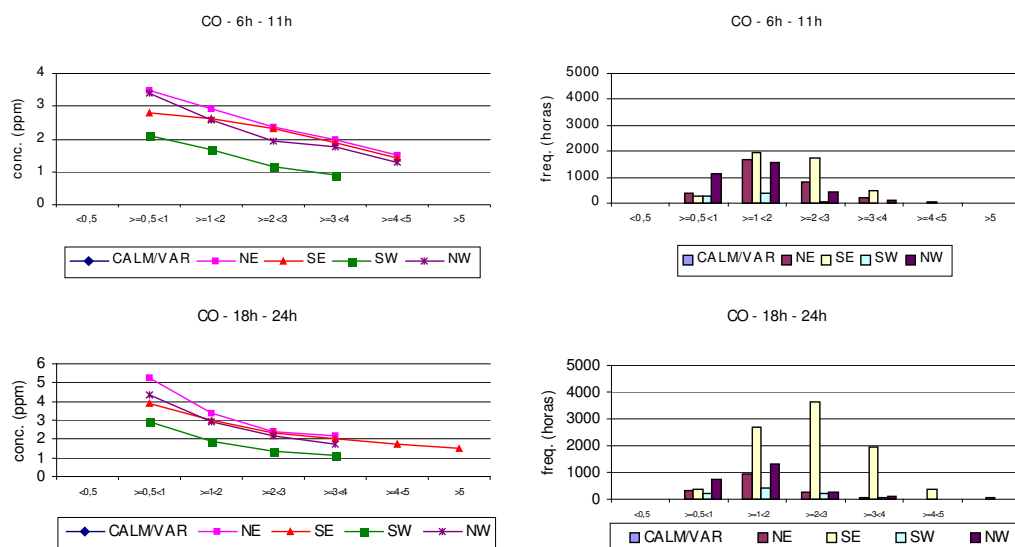


Figura 23 – CO – Médias e freqüência de ocorrência (horas) nos períodos das 6h às 11h e das 18h às 24h, em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1999 a 2004

A figura 23 mostra que as concentrações médias mais baixas de CO foram registradas com ventos de SW, quadrante prioritariamente residencial e sem vias de tráfego importantes, conforme pode-se observar na figura 5.

Já os quadrantes NE, NW e SE destacam-se por possuírem importante malha viária, o que justifica as maiores concentrações de CO terem sido observadas com ventos provenientes destas direções.

A NE localiza-se o Viaduto Presidente Tancredo de Almeida Neves e a Avenida dos Autonomistas que continua seguindo seu trajeto a NW da estação. As emissões destas vias são responsáveis pelas maiores concentrações médias detectadas na estação de Osasco, especialmente no período da noite.

Embora a área considerada para avaliação do impacto das fontes tenha sido limitada a 400m de raio no entorno da estação, não se pode deixar de considerar a influência da Rodovia Castelo Branco, que passa a N da estação, pouco além do perímetro estipulado como prioritário para inventário das fontes. Ali também está localizada a Av. Edmundo Amaral, com tráfego intenso de veículos pesados, além de uma frota de carros mais antigos, cujos fatores de emissão, em geral, são maiores que os fatores estimados para veículos novos.

A SE, localiza-se a fábrica da OSRAM (sem emissões para poluentes regulamentados) e a Avenida Getúlio Vargas, cujas fontes de CO são menos significativas do que aquelas que se localizam a NE/NW.

Embora a direção preferencial do vento seja de SE, durante o dia também os ventos de

NW assumem importância significativa, com frequências que superaram as de SE em determinados horários.

De maneira geral, as concentrações mais elevadas foram observadas nos períodos de calmaria ou com ventos fracos. À medida que aumentou a velocidade do vento, as concentrações médias caíram gradativamente, mostrando a preponderância das fontes de emissão próximas da estação. O aumento de velocidade do vento favorece a dispersão dos poluentes atmosféricos, e o impacto de fontes relativamente distantes não foi sentido de maneira significativa, indicando uma área de abrangência de microescala para este poluente.

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 2004.

Nos dias 15 e 16 de junho de 2004, ocorreram os níveis mais elevados de concentração de monóxido de carbono do ano na estação Osasco. A tabela 10 apresenta a distribuição horária dos dados de CO, quadrante e velocidade do vento, onde pode-se observar que as mais altas concentrações aconteceram no dia 15, após o horário de pico de tráfego noturno, em condição de calmaria. Como no período anterior e posterior à calmaria havia ventos fracos de NE, e por se tratar de um poluente basicamente veicular, é possível atribuir esse aumento na concentração à influência do tráfego das avenidas nas proximidades da estação, principalmente na direção NE.

Tabela 10: Dados de concentração de CO e vento registrados na estação

Dia	15/6/2004			16/6/2004		
	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	0,7	2,4	SE	1,9	1,2	NE
02:00	0,4	2,6	SE	1,0	1,1	NE
03:00	0,3	2,5	SE	0,7	1,1	NE
04:00	0,4	2,2	SE	0,6	1,2	NE
05:00	-	2,2	SE	-	1,2	NE
06:00	0,9	2,3	NE	1,1	0,9	NE
07:00	2,2	2,1	SE	2,6	1,0	NE
08:00	2,9	2,2	SE	3,6	1,2	NE
09:00	3,5	1,5	SE	3,1	1,1	NE
10:00	2,7	2,0	NE	2,8	1,3	NE
11:00	2,8	1,9	NE	2,7	1,4	NE
12:00	2,3	2,0	NE	2,2	1,3	NE
13:00	2,0	1,1	NE	2,2	1,2	NE
14:00	2,2	1,3	NW	2,0	1,3	NE
15:00	1,9	1,5	NW	2,1	1,1	NE
16:00	2,1	1,6	NW	1,7	var	-
17:00	2,1	1,5	NW	2,1	1,0	NW
18:00	3,7	1,2	NE	3,8	0,9	NE
19:00	4,5	1,1	NE	7,8	0,7	NE
20:00	5,0	0,9	NE	7,3	0,8	NE
21:00	6,6	calm	-	6,9	0,7	NE
22:00	11,2	calm	-	6,6	0,8	NE
23:00	9,2	calm	-	5,8	calm	-
24:00	4,5	var	-	4,7	var	-

Não foi possível fazer um gráfico comparativo com a estação Ibirapuera, que para esse

poluente possui características de uma estação de escala bairro – bastante representativa das condições médias da cidade, porque nesse dia o equipamento medidor não gerou dados válidos.

Nos dias 09 e 10 de outubro de 2004 também foram registrados níveis elevados de concentração na estação Osasco. De acordo com os dados na tabela 11, é possível observar que as concentrações mais elevadas ocorreram no final do horário de pico de tráfego, sob condições de calma e ventos fracos de NW, reforçando a importância da contribuição, em microescala, de vias de tráfego como a Avenida dos Autonomistas e o Viaduto Presidente Tancredo de Almeida Neves.

Tabela 11: Dados de concentração de CO e vento registrados na estação Osasco nos dias 09 e 10/10/2004

Dia	9/10/2004			10/10/2004		
Hora	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	1,9	1,6	SE	4,5	var	-
02:00	1,3	1,8	NE	4,7	calm	-
03:00	0,9	2,3	NE	3,9	calm	-
04:00	0,7	2,3	NE	4,1	calm	-
05:00	0,6	2,6	NE	3,2	calm	-
06:00	1,1	2,4	SE	2,6	0,9	NW
07:00	1,6	2,1	NE	3,8	calm	-
08:00	1,7	1,6	NE	3,0	0,7	NW
09:00	1,7	1,3	NE	2,6	1,0	NE
10:00	1,7	1,3	NE	2,2	1,3	NE
11:00	2,1	var	-	1,4	2,1	NW
12:00	1,4	1,4	NW	1,3	4,1	NW
13:00	1,5	2,8	NW	1,5	2,5	NW
14:00	1,5	3,1	NW	1,4	4,4	SE
15:00	1,8	3,0	NW	1,4	2,4	SE
16:00	1,4	2,6	NW	1,2	4,1	SE
17:00	2,0	1,9	NW	1,0	3,4	SE
18:00	1,2	1,4	SW	1,1	3,3	SE
19:00	5,1	0,9	NE	1,1	2,6	SE
20:00	9,3	calm	-	1,6	2,3	SE
21:00	8,0	0,9	NW	1,8	1,8	NE
22:00	5,1	1,1	NW	2,1	1,1	NE
23:00	6,3	0,8	NW	2,3	0,9	NW
24:00	5,0	0,9	NW	1,8	2,0	NE

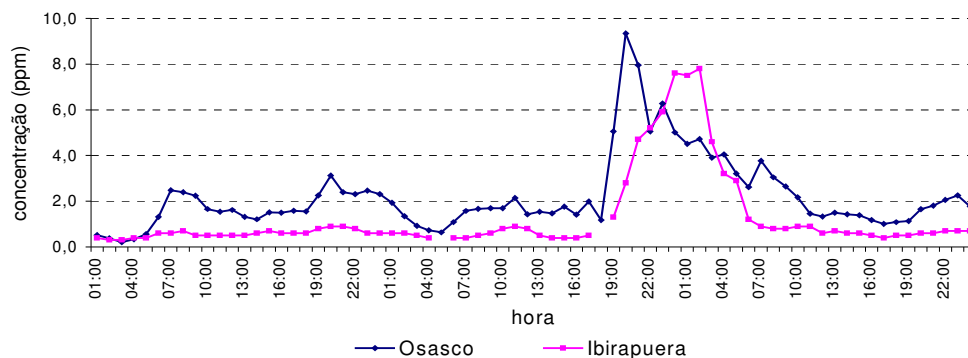


Figura 24 – CO – Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera para os dias 09 e 10/10/2004

Comparando com as concentrações observadas no Ibirapuera, figura 24, observa-se uma defasagem de algumas horas entre o pico de concentração de CO em Osasco e na estação Ibirapuera. Assim, os resultados indicam que a estação de Osasco sofre forte influência do tráfego intenso de veículos, uma vez que o maior valor de concentração ocorre no final do horário de pico de tráfego, enquanto que no Ibirapuera a maior concentração vai acontecer em horários de condições meteorológicas mais estáveis, o que dificulta a dispersão do poluente.

Monóxido de Nitrogênio - NO

Da mesma forma que para o CO, o perfil das médias horárias de NO por época do ano (figura 25) mostra que há dois picos de concentração, um no período da manhã, mais agudo e de curta duração, e outro no período noturno, bem mais atenuado. Por ser principalmente emitido pelos veículos automotores, também o NO apresenta concentrações no sábado e domingo mais baixas que nos demais dias da semana (figura 26).

Comparativamente ao perfil de CO (pág.30), o pico do NO no final da tarde é menor do que o da manhã, em função do ciclo fotoquímico, ou seja, o NO emitido no final da tarde está consumindo o ozônio.

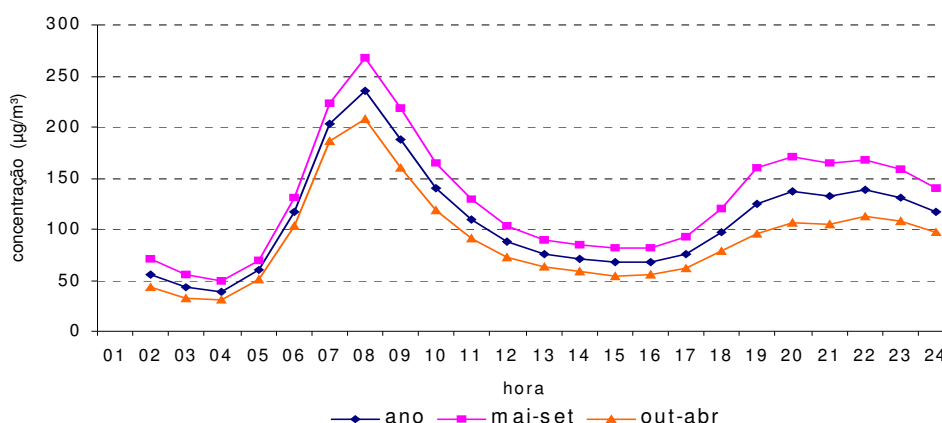


Figura 25 – NO – Médias horárias por época do ano de 1999 a 2003

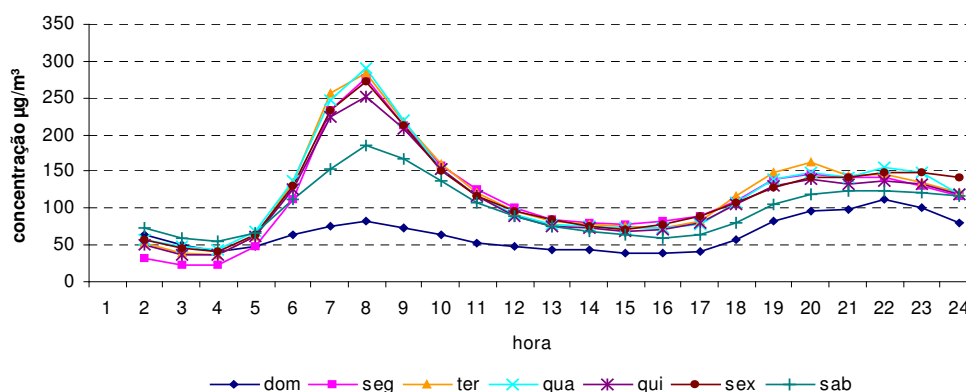


Figura 26 – NO – Médias horárias por dia da semana de 1999 a 2003

Os gráficos na figura 27 foram elaborados com base nas concentrações médias de NO, velocidade e quadrante do vento nos períodos diurno, das 6h às 11h, e noturno, das 18h às 24h.

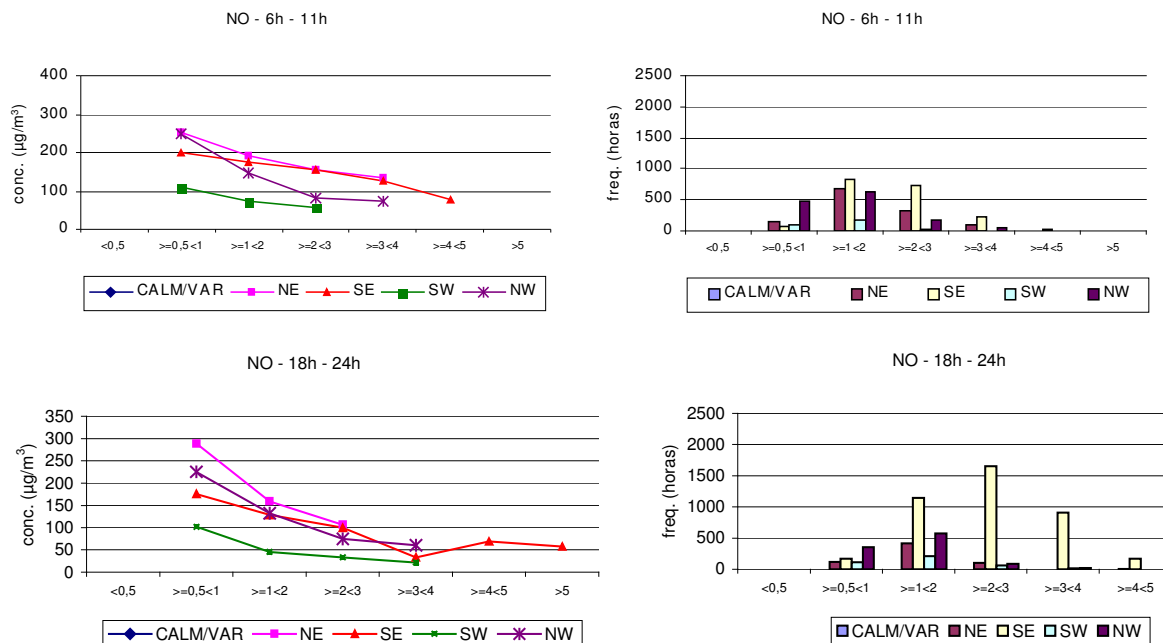


Figura 27 – NO – Médias e freqüência de ocorrência (horas) nos períodos das 6h às 11h e das 18h às 24h, em função de velocidade e quadrante dos ventos de 1999 a 2003

No caso do NO, as menores médias de concentração também foram registradas com ventos de SW e as concentrações mais elevadas ocorreram com ventos fracos de NE e de NW.

A redução dos níveis médios de concentração foi mais abrupta à medida que aumentaram as velocidades dos ventos de NW no período da manhã. Já, com ventos de NE e de SE, a redução de concentração com o aumento de velocidade foi mais gradativa, condizente com o comportamento observado para o CO, conforme se pode observar na figura 28 a seguir, em que estão representados os comportamentos de CO e NO em função do vento.

Esta redução de concentração, mais acentuada com ventos mais fortes de NW, poderia, eventualmente, estar associada ao consumo do NO devido às interações no ciclo fotoquímico com os compostos orgânicos voláteis resultantes de emissões evaporativas da área de tancagem de combustíveis, localizada a 2.500m a NW da estação. O fato de este comportamento se evidenciar no período da manhã, reforça a hipótese de a atividade fotoquímica ser relevante para o comportamento observado.

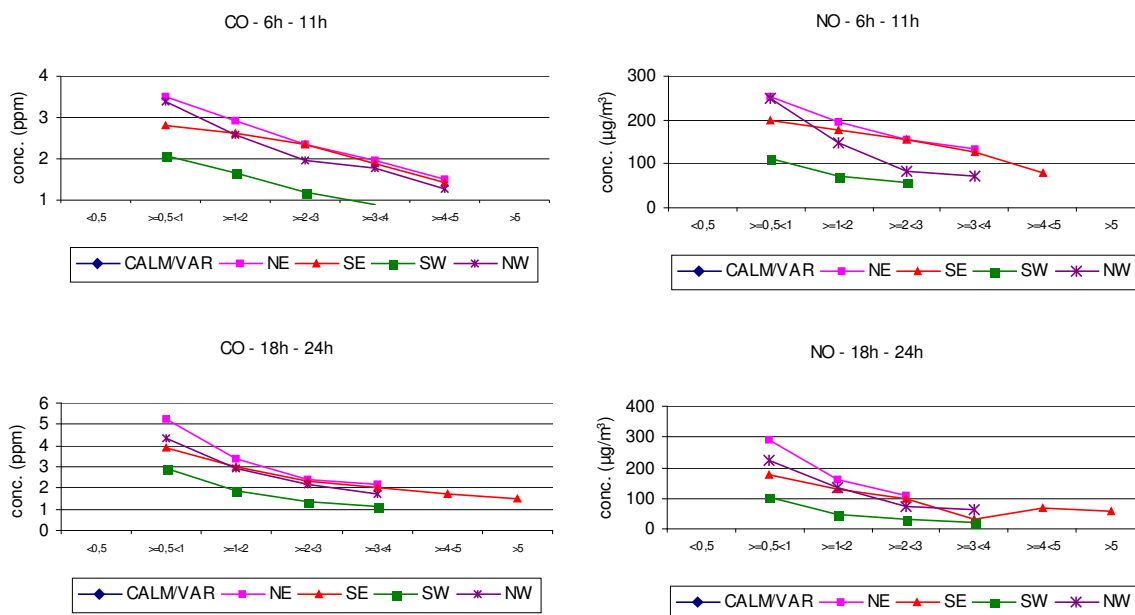


Figura 28 – CO e NO – Médias e freqüência de concentração entre 6h e 11h e 18h e 24h, em função de velocidade e quadrante dos ventos de 1999 a 2003

Episódios de alta concentração

Para esta análise foram utilizados os dados de 2003.

Os dois episódios de maiores médias horárias de NO em 2003 são apresentados a seguir. A condição atmosférica observada nos dias 5 e 6 de agosto (terça e quarta-feira) determinou a ocorrência das concentrações mais elevadas no ano de 2003. Concentrações elevadas foram detectadas também no Ibirapuera, porém em menor escala (figura 29). O maior valor ocorreu às 8h, horário de pico de tráfego de veículos, com o vento na transição entre Variável e SE em baixa velocidade, indicando que a fonte de emissão estava nas proximidades da estação, provavelmente os veículos que circulam na Avenida dos Autonomistas e no Viaduto Tancredo Neves, que abrangem os quadrantes SE e NE. No final do período matutino, quando as condições meteorológicas melhoram, e parte do NO é consumido durante o ciclo fotoquímico, as concentrações horárias caem.

Tabela 12 : Dados de concentração de NO e vento registrados na estação Osasco nos dias 05, 06 e 07/08/2003

Dia	5/8/2003			6/8/2003			7/8/2003		
Hora	Conc. (1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	calm	-	-	1,1	NE	-	1,6	SW
02:00	227	0,8	NW	24	1,1	NE	12	var	-
03:00	121	0,9	NW	16	1,2	NE	28	0,9	NW
04:00	123	0,7	NW	26	1,5	SE	8	1,4	NW
05:00	186	calm	-	48	0,9	SE	32	1,0	NE
06:00	313	calm	-	61	1,3	SW	52	1,7	NW
07:00	462	calm	-	379	var	-	130	1,3	NW
08:00	485	var	-	580	0,9	SE	130	2,4	NW
09:00	221	1,6	NE	508	var	-	108	2,6	NW
10:00	120	3,0	NE	218	1,0	SE	97	2,3	NW
11:00	125	3,0	NE	136	1,2	NW	69	2,9	NW
12:00	90	1,6	NE	80	1,9	NW	82	2,9	NW
13:00	57	var	-	63	2,5	NW	85	2,7	NW
14:00	55	1,4	SW	78	3,1	NW	99	2,4	NW
15:00	60	2,3	NW	71	3,8	SW	106	2,4	NW
16:00	60	3,1	NW	82	2,7	NW	88	2,2	NW
17:00	59	2,7	NW	86	2,0	SW	101	2,3	NW
18:00	171	1,5	NE	57	1,4	SW	147	1,6	NW
19:00	308	1,0	NE	58	1,2	SW	169	1,5	NW
20:00	368	1,0	NE	48	1,2	SW	222	1,0	NW
21:00	372	var	-	34	1,3	SW	178	var	-
22:00	271	calm	-	16	1,1	SW	184	0,9	NW
23:00	246	calm	-	31	1,0	SW	160	calm	-
24:00	202	calm	-	35	1,0	SW	207	calm	-

É possível verificar na figura 29, que no dia 7 de agosto as condições meteorológicas de dispersão melhoraram e os níveis de concentração desse poluente diminuíram em ambas as estações.

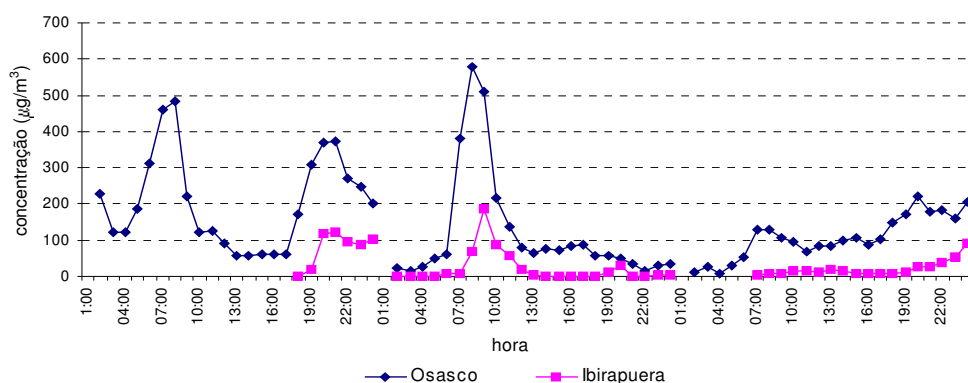


Figura 29 – NO – Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera nos dias 05, 06 e 07/08/2003

Um outro episódio de concentração quase tão elevada quanto o anterior foi registrado no dia 15 de agosto, também às 8h. Assim como no caso anterior, esse valor foi atingido em condição de ventos fracos, mas dessa vez de NE. Portanto, há indícios de que os veículos que circulam nas avenidas próximas do local da estação sejam a principal fonte de emissão.

Tabela 13 : Dados de concentração de NO e vento registrados na estação Osasco nos dias 14, 15 e 16/08/2003

Dia	14/8/2003			15/8/2003			16/8/2003		
Hora	Conc. (1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	1,5	SE	-	calm	-	-	0,9	SW
02:00	29	1,3	SE	322	calm	-	34	calm	-
03:00	22	1,0	SE	217	calm	-	44	calm	-
04:00	16	1,1	SE	129	0,9	NW	44	0,9	SW
05:00	35	1,7	SE	103	0,9	NW	88	calm	-
06:00	83	1,5	NE	217	0,8	NW	77	calm	-
07:00	140	var	-	469	0,9	NE	72	1,1	SE
08:00	302	1,3	NE	542	0,8	NE	23	1,1	SW
09:00	247	1,0	NE	303	1,2	NW	27	1,3	SW
10:00	174	1,2	NE	271	1,1	NW	89	1,6	SE
11:00	165	1,6	NE	180	0,8	SE	24	1,1	SW
12:00	87	1,4	NW	289	1,7	NE	50	1,2	SW
13:00	52	1,6	NW	239	2,2	NE	52	1,2	NW
14:00	33	2,7	SW	218	1,4	NE	48	1,4	SW
15:00	22	3,3	SE	142	1,6	NE	18	1,7	SW
16:00	75	2,8	SE	159	1,4	NE	72	3,1	SE
17:00	99	2,3	SE	148	1,2	NE	69	3,4	SE
18:00	133	2,1	SE	100	0,8	SE	43	3,2	SE
19:00	69	0,9	SW	43	1,7	SW	83	2,5	SE
20:00	188	calm	-	70	2,2	SE	40	2,9	SE
21:00	461	calm	-	79	1,9	SE	31	2,6	SE
22:00	152	var	-	53	1,6	SE	22	2,2	SE
23:00	97	0,8	SE	59	1,1	SE	31	1,7	SE
24:00	372	calm	-	45	0,8	SW	23	1,5	SE

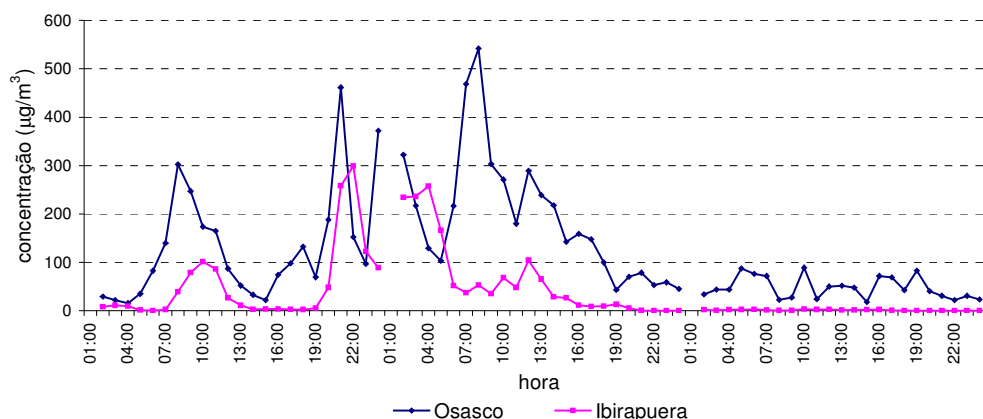


Figura 30 – NO – Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera nos dias 14, 15 e 16/08/2003

Da mesma forma que no primeiro episódio, as condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão foram determinantes no aumento da concentração desse poluente, mas nesse segundo caso o pico noturno do dia 14 foi tão elevado quanto o da manhã do dia seguinte. E novamente, as condições melhoraram no terceiro dia analisado, ocasionando a diminuição das médias horárias.

Dióxido de Nitrogênio - NO₂

A figura 31 mostra o perfil das médias horárias de concentração de NO₂, por época do ano, onde podemos observar que, a partir das 7h, há um acréscimo progressivo nas concentrações, que se mantém durante todo o dia e tem seu ápice no período da noite às 19h, e decréscimo a partir de então. Já na análise dos perfis por dia da semana, observa-se tanto no período diurno quanto noturno, concentrações em média mais baixas no domingo, efeito este que se estende até a madrugada de segunda-feira.

Destaca-se que o pico do NO₂ é posterior ao do NO como parte do ciclo que causa a formação do O₃.

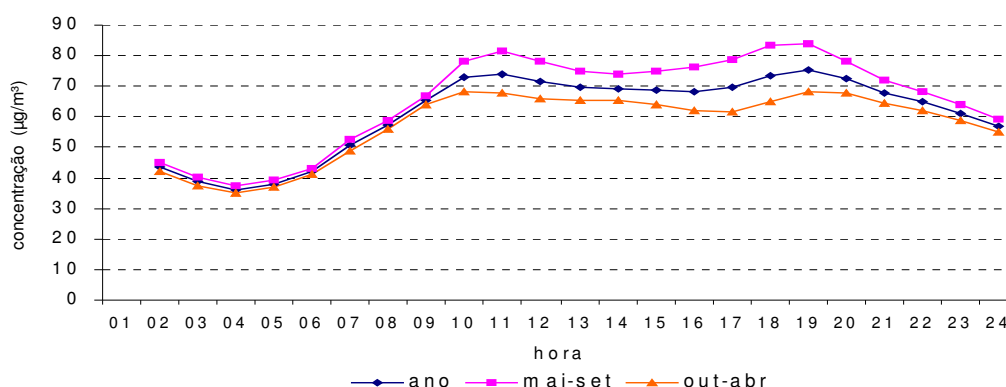


Figura 31 – NO₂ – Médias horárias por época do ano de 1999 a 2003

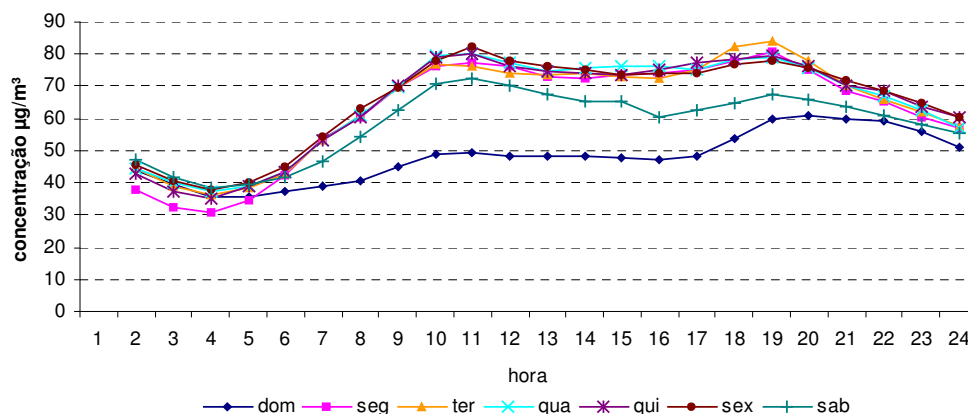


Figura 32 – NO₂ – Médias horárias por dia da semana de 1999 a 2003

Os gráficos apresentados na figura 33 consideram as concentrações médias de NO₂ nos períodos das 7h às 14h e das 15h às 24h.

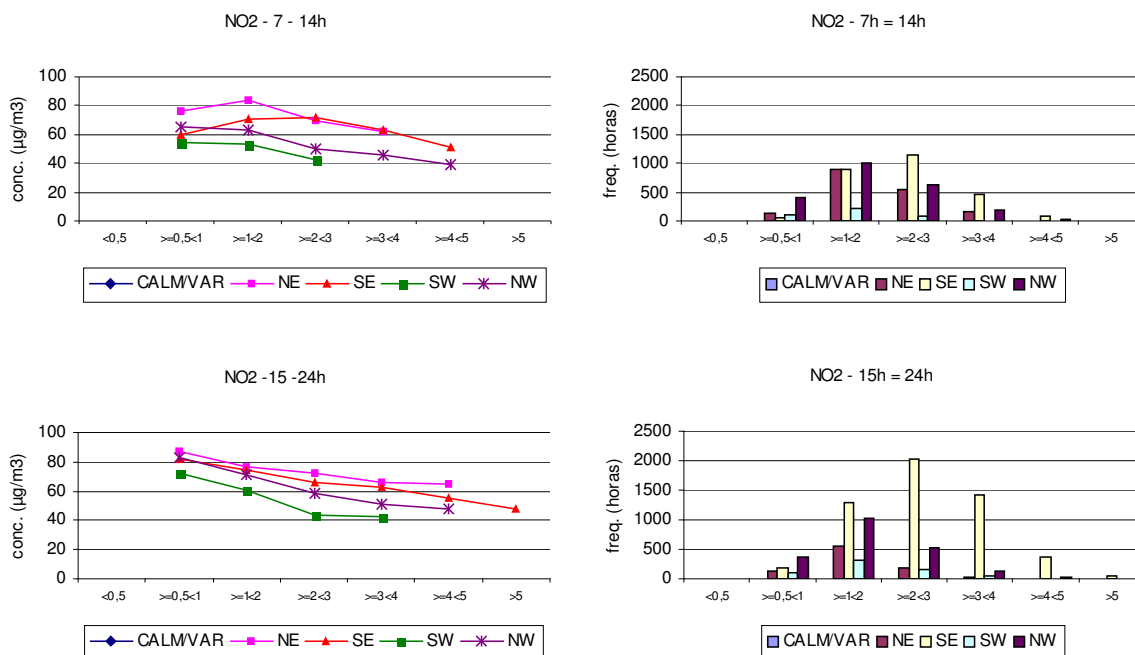


Figura 33 – NO₂ – Médias e freqüência de ocorrência entre 7h e 14h e 15 e 24h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2003

No caso do NO₂, deve-se considerar que trata-se de um poluente secundário, 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.

Com ventos de NE e SE foram observadas concentrações mais elevadas, especialmente no período da manhã e início da tarde. Com ventos de NW, (período das 7h às 14h), as concentrações para velocidades de até 2m/s se mantêm no mesmo patamar. Já com velocidades mais elevadas, observa-se redução das concentrações do NO₂, o que indica comportamento resultante de dispersão. Vale lembrar que no caso do NO, as concentrações caem bruscamente quando a velocidade dos ventos de NW no período da manhã aumenta de 1m/s para 2m/s. Esta observação é compatível com a hipótese de que a oxidação do NO a NO₂ ganha relevância com ventos provenientes de NW, em virtude do transporte de VOCs das fontes localizadas nesta direção.

Episódios de alta concentração

Assim como o NO, foram utilizados os dados de 2003 para essa análise.

As concentrações médias mais elevadas de NO₂, considerando todos os dias, ocorrem entre 10h e 12h e entre 18h e 20h, posterior ao pico de tráfego da manhã e coincidindo com o pico de tráfego no início da noite, conforme apresentado nas figuras 31 e 32.

A análise do período em que foi registrado o maior valor de concentração horária em 2003, apresentada na tabela 14, mostra que a maior média horária encontrada nesse período ocorreu nos dias 22 e 23 de agosto às 11h, de acordo com a expectativa de maiores concentrações no período da manhã, consequência da atividade fotoquímica.

Este mesmo perfil não foi observado no Ibirapuera.

Tabela 14 : Dados de concentração de NO₂ e vento registrados na estação Osasco nos dias 22 e 23/08/2003

Dia	22/8/2003			23/8/2003		
Hora	Conc. (1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	calm	-	-	calm	-
02:00	93	calm	-	105	0,9	NW
03:00	70	1,1	NW	94	1,0	NW
04:00	60	1,1	NW	86	0,8	NW
05:00	54	1,3	NW	87	calm	-
06:00	65	0,9	NW	90	calm	-
07:00	92	1,1	NW	82	calm	-
08:00	101	1,0	NW	100	0,9	NW
09:00	120	0,8	NW	151	var	-
10:00	179	var	-	272	0,8	NE
11:00	219	1,2	NE	284	1,1	NE
12:00	103	1,3	NE	232	1,4	NE
13:00	84	var	-	184	1,2	NE
14:00	99	1,5	NW	107	1,6	NE
15:00	111	1,4	NE	119	1,6	NE
16:00	110	1,5	SE	97	1,6	NW
17:00	124	1,9	SE	120	1,1	NE
18:00	148	3,8	SE	139	1,5	SE
19:00	164	1,6	SE	109	1,3	SW
20:00	167	0,7	SE	127	0,8	SE
21:00	166	calm	-	144	calm	-
22:00	167	calm	-	144	calm	-
23:00	163	calm	-	145	calm	-
24:00	141	calm	-	144	0,8	NW

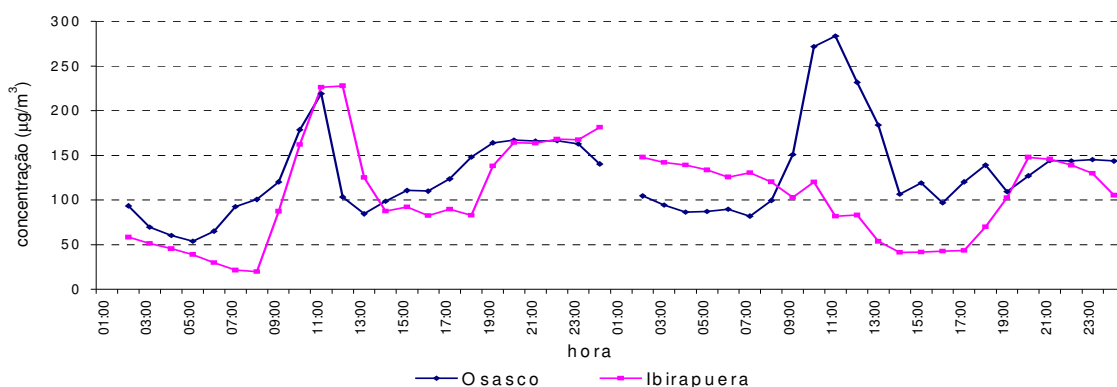


Figura 34 – NO₂ Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera nos dias 22 e 23/08/2003

A análise do segundo episódio mostrou maior concentração no dia 22 de julho às 13h, no período da tarde, contrariando o esperado em termos de ciclo fotoquímico. A análise comparativa com as concentrações observadas na estação Ibirapuera confirma a

influência predominante das condições meteorológicas associadas ao ciclo fotoquímico, já que o comportamento apresentado pelas duas estações é bastante semelhante, apesar do valor de concentração média horária ser bem inferior no Ibirapuera. Essa diferença pode ser devida ao transporte desse poluente de outros locais, pois neste horário havia a presença de ventos de NE com velocidade entre 1 e 2m/s.

Tabela 15 : Dados de concentração de NO₂ e vento registrados na estação Osasco nos dias 21 e 22/07/2003

Dia	21/7/2003			22/7/2003		
Hora	Conc. (1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc. (1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	-	calm	-	-	1,2	NW
02:00	62	calm	-	64	1,0	NW
03:00	52	calm	-	62	0,9	NW
04:00	47	calm	-	50	1,2	NW
05:00	56	calm	-	47	1,2	NW
06:00	65	calm	-	51	1,0	NW
07:00	77	0,7	NW	64	var	-
08:00	89	1,1	NW	59	1,6	SE
09:00	96	0,8	NW	72	1,4	SE
10:00	111	0,8	SW	77	1,5	SE
11:00	81	1,7	NW	130	1,1	SE
12:00	61	2,3	NW	164	1,4	NE
13:00	66	2,7	NW	236	1,3	NE
14:00	53	2,8	NW	218	1,3	NE
15:00	66	2,7	NW	153	2,0	NE
16:00	77	2,4	NW	139	1,5	NE
17:00	111	2,2	NW	126	1,8	NE
18:00	134	1,0	NW	150	1,7	NE
19:00	150	0,7	NW	127	1,6	SE
20:00	141	0,7	NW	74	2,3	SE
21:00	136	calm	-	64	1,5	SE
22:00	113	0,9	NW	62	1,7	SE
23:00	95	1,0	NW	67	1,1	SE
24:00	90	1,2	NW	62	0,8	SE

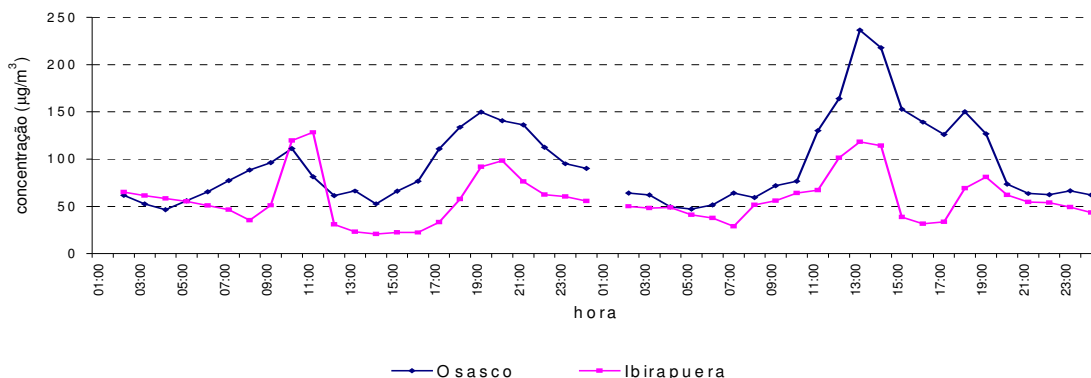


Figura 35 – NO₂ – Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera nos dias 21 e 22/07/2003

Ozônio - O₃

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, geralmente entre 12h e 17h. A figura 36 ilustra a distribuição do O₃ por hora na estação da Osasco, diferenciando os períodos de inverno e verão. Este fenômeno ocorre devido ao ciclo de formação do O₃, que depende não somente da presença de precursores (COVs e NOx), mas fundamentalmente de parâmetros meteorológicos (como radiação e temperatura) mais elevados nesse período de primavera/verão. Além disso, pode-se observar também que as concentrações médias são mais baixas nos meses de inverno, ou seja, comportamento oposto aos demais poluentes, que têm as concentrações mais altas nesse período devido à maior estagnação atmosférica.

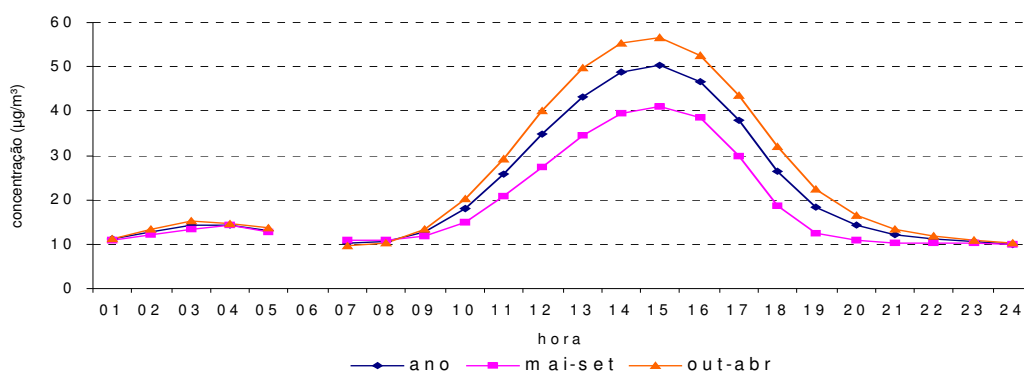


Figura 36 – O₃ – Médias horárias por época do ano no período de 1999 a 2003

A análise por dia da semana (figura 37) na estação Osasco mostra também um comportamento diferenciado para o O₃ 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, proveniente dos escapamentos dos veículos automotores, que consome parte do O₃ formado, sendo, portanto, uma característica principalmente de estações localizadas próximas de vias de tráfego, como a de Osasco.

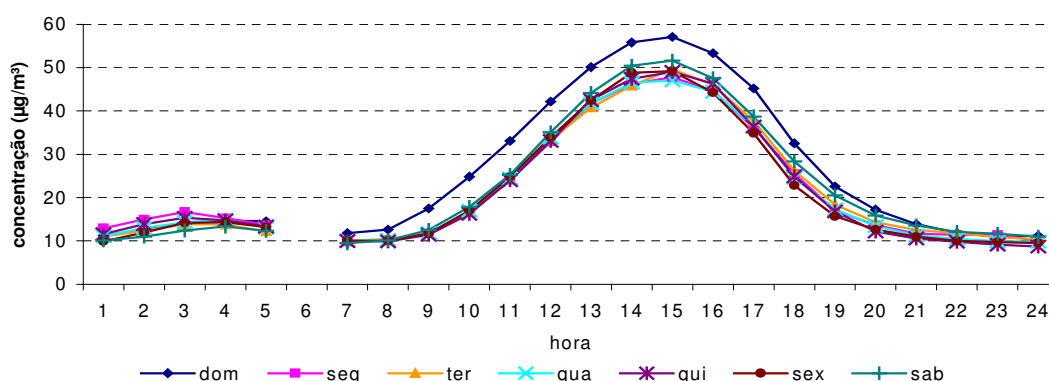


Figura 37 – O₃ – Médias horárias por dia da semana no período de 1999 a 2003

Para verificar o comportamento das médias de concentração de O₃ em função do quadrante e velocidade do vento, foi utilizado o período das 11h às 18h.

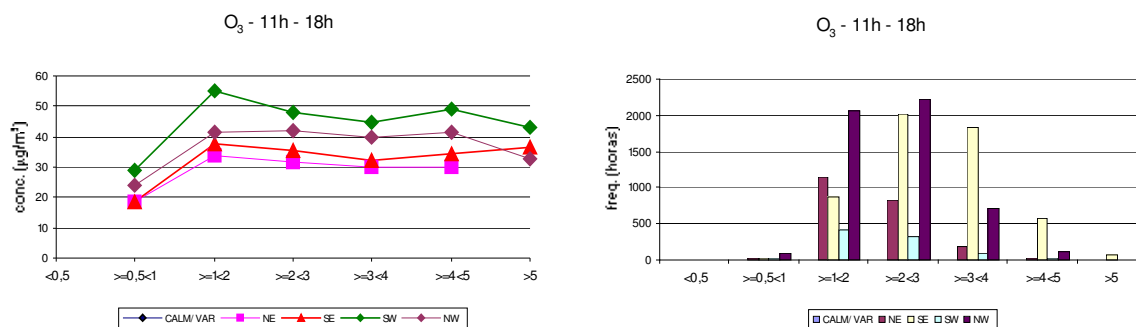


Figura 38 – O₃ – Médias e freqüência de ocorrência no período das 11h às 18h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, de 1999 a 2003

A figura 38 mostra que as médias mais elevadas de concentração de O₃ foram observadas com ventos de SW. A freqüência dos ventos deste quadrante é menor, em comparação com os ventos de SE, NW e de NE.

Algumas características do comportamento do O₃ devem ser consideradas, todavia, para interpretação desta figura. Uma delas é que, apesar de o O₃ ser um poluente secundário, portanto com concentrações representativas de áreas maiores, em Osasco as fontes de NO estão muito próximas e por isso observaram-se baixas concentrações deste poluente com ventos provenientes de NE e de SE, quadrantes em que as vias mais movimentadas estão muito próximas da estação. Com ventos de SW, as concentrações de O₃ foram mais elevadas, em virtude das emissões de precursores de fontes mais distantes.

Uma vez que o O₃ é altamente influenciado pelo transporte proveniente de regiões mais afastadas, torna-se importante a análise não só do vento no horário de ocorrência de altas concentrações, mas também nos horários que o precedem, já que há um transporte não só de O₃ mas também de seus precursores. Para essa análise foram consideradas a freqüência de ocorrência do vento no período de 10h às 17h nos dias em que houve ultrapassagem do PQAr (160µg/m³), conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 16 : Freqüência de quadrante do vento por hora para os 17 dias em que houve ultrapassagem do PQAr para O₃ na estação Osasco de 1999 a 2003

Hora	Calmo	NE	SE	SW	NW
10:00	1	7	7	2	0
11:00	1	6	8	1	1
12:00	1	7	5	3	1
13:00	1	4	8	2	2
14:00	0	4	6	4	3
15:00	1	1	7	6	2
16:00	1	2	10	3	1
17:00	0	0	12	3	1

A tabela 16 mostra que nos dias em que há ultrapassagem do PQAr (160µg/m³), o vento é predominantemente do quadrante SE, exceto às 12h, quando a predominância é de

NE.

Além do transporte, outro parâmetro que influencia nas concentrações do O_3 é a radiação solar. A figura 39 ilustra as variações das concentrações máximas diárias de O_3 na Osasco em função das máximas diárias de radiação solar observadas na estação Ibirapuera, no período de 1999 a 2003. Observa-se que, com exceção de uma ocorrência, as concentrações acima do PQAr de 1 hora ($160\mu g/m^3$) ocorrem na presença de radiação acima de $650 W/m^2$. Apesar disso, observam-se também muitos dias com radiação solar alta e concentrações baixas de O_3 , mostrando que para estações localizadas próximas a via de tráfego intenso esse parâmetro não é o único determinante de altas concentrações desse poluente, uma vez que o ozônio é consumido pelo NO proveniente dos escapamentos dos veículos automotores.

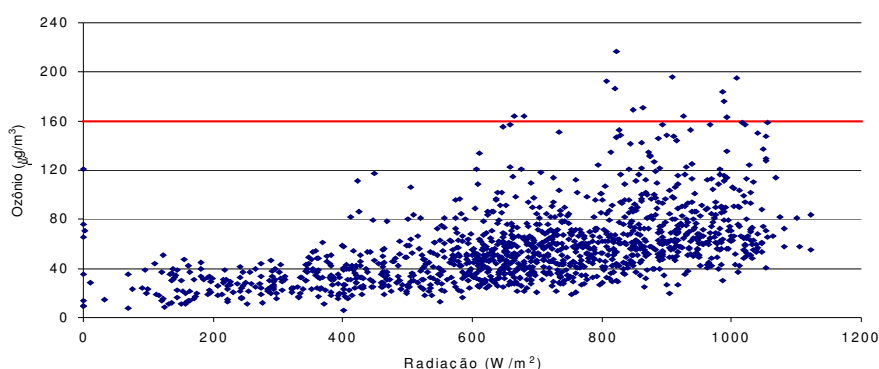


Figura 39 – Dispersão das máximas diárias do O_3 em Osasco e máximas diárias de radiação total na estação Ibirapuera de 1999 a 2003

Assim como a radiação solar, a temperatura do ar é outro fator importante, uma vez que a maioria das ultrapassagens do PQAr de 1h ocorrem em dias quentes, com temperatura máxima diária acima de $25^\circ C$. Por falta de valores representativos de temperatura medidos na estação do Ibirapuera no período analisado, não foi possível realizar uma análise semelhante à anterior.

Em função da estação estar localizada muito próxima a vias de tráfego de veículos, e consequentemente próximo das fontes de emissão de NO, o monitoramento deste poluente foi encerrado em fevereiro de 2003.

Dióxido de Enxofre – SO₂

Os perfis das médias de SO₂ por períodos do ano e ao longo do dia, com dados obtidos no período de 1999 a 2004, são apresentados nas figuras seguintes, onde podemos observar que as maiores concentrações por época do ano ocorrem entre maio e setembro (período de inverno) durante a manhã, com máximo às 10h (figura 40), que as maiores concentrações da semana ocorrem na quarta-feira às 9h e as menores concentrações ocorrem na segunda-feira entre 4 e 5h, que o dia da semana com menor concentração de SO₂ é o domingo (figura 41).

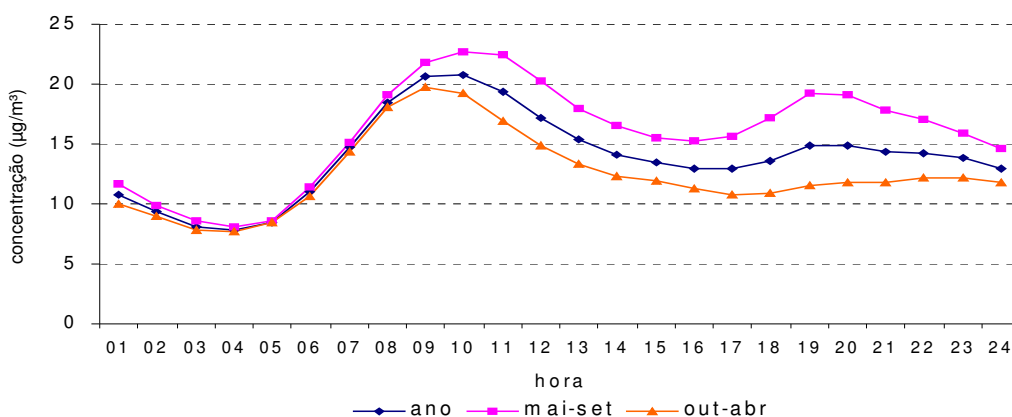


Figura 40 – SO₂ – Médias horárias por época do ano no período de 1999 a 2004

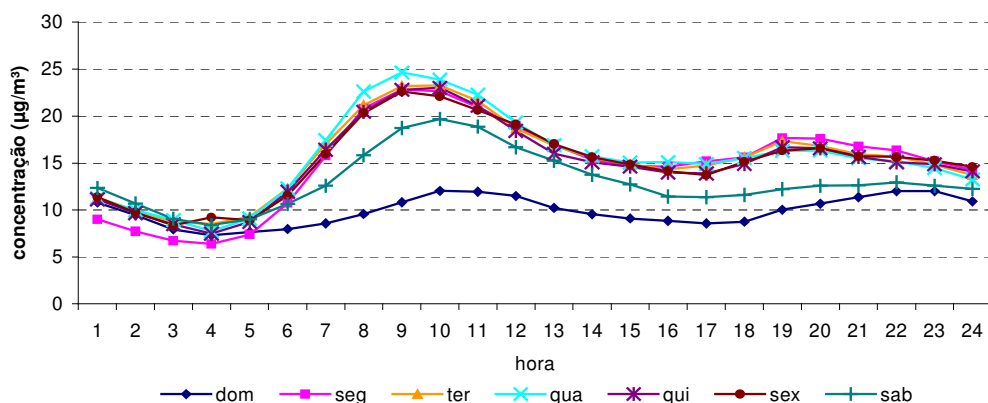


Figura 41 – SO₂ – Médias horárias por dia da semana no período de 1999 a 2004

A figura 42 mostra as concentrações médias de SO₂ em função da variação do quadrante e da velocidade dos ventos para os períodos das 7h às 14h e das 15h às 24h.

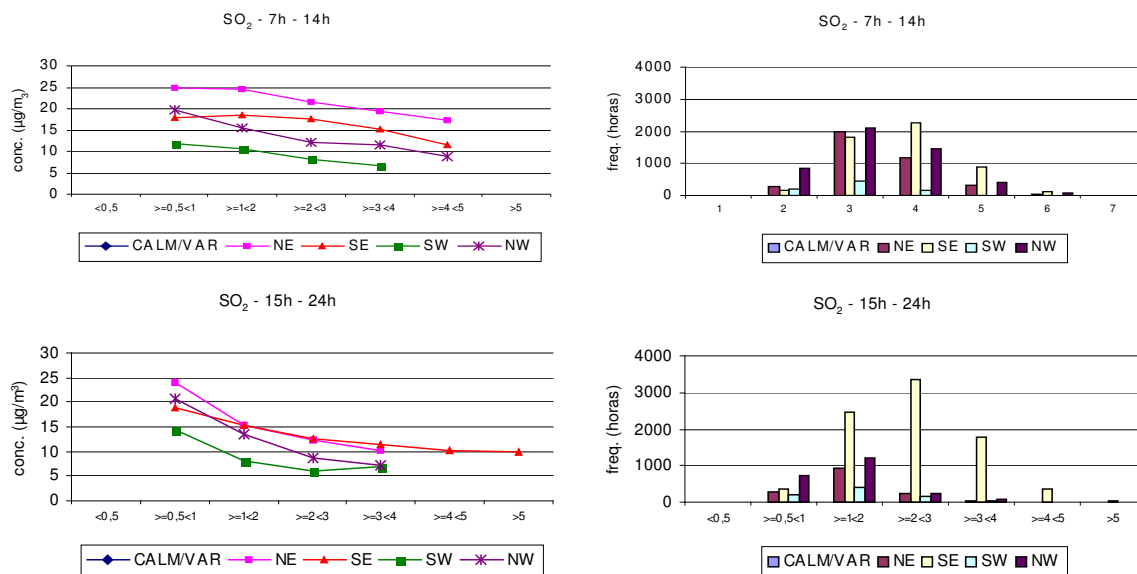


Figura 42 – SO₂ – Médias e freqüência de ocorrência entre 7h e 14h e 18h e 24h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2004

As concentrações médias de SO₂ mais altas foram observadas com ventos fracos de NE e as mais baixas com ventos de SW.

No período noturno, as concentrações caem significativamente com o aumento da velocidade dos ventos, entretanto, a partir de 2m/s, o aumento da velocidade exerceu influência menor nas médias de concentração registradas na estação, indicando que foram atingidas as concentrações de “background” desta região.

No período da manhã, notou-se uma redução mais gradativa das concentrações médias de SO₂ com o aumento de velocidade dos ventos, o que mostra que os níveis de concentração são mais elevados em uma área mais extensa, no entorno da estação, de tal forma que mesmo que a dispersão do poluente seja favorecida, os ventos mais fortes também favorecem o transporte do SO₂.

Assim, apesar de a distribuição do SO₂ ser mais homogênea no período da manhã, indicando a influência de fontes na média escala, no período noturno, o efeito das fontes locais é bastante significativo, sendo a microescala a mais adequada para classificar esta estação.

Episódios de alta concentração

A análise do período em que foi registrado o maior valor de concentração horária de SO₂ em 2004, mostra que a maior média horária ocorreu no dia 27 de março às 9h da manhã. Apesar de coincidir com o horário de pico de tráfego de veículos, é importante ressaltar que havia ventos com média horária acima de 2m/s, inferindo a influência do transporte desse poluente.

Por não haver nenhuma fonte fixa significativa desse poluente, pode-se atribuir a sua emissão como sendo basicamente veicular. Portanto, é possível que esse episódio tenha ocorrido por influência não somente das avenidas próximas à estação, como



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

também pela influência de outras vias de tráfego movimentadas, tais como Avenidas Marginais e mais afastada ainda a Rodovia Castelo Branco.

Tabela 17 : Dados de concentração de SO₂ e vento registrados na estação Osasco nos dias 26 e 27/03/2004

Dia	26/3/2004			27/3/2004		
Hora	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	5	2,3	SE	32	1,9	NE
02:00	4	2,0	SE	31	1,4	NE
03:00	3	1,9	SE	30	1,8	NE
04:00	-	1,5	SE	-	1,3	SE
05:00	2	1,2	SE	25	0,9	NE
06:00	4	1,2	SE	34	0,9	SE
07:00	7	calm	-	32	0,9	SE
08:00	17	0,9	SE	55	1,8	NE
09:00	21	1,1	SE	94	2,6	NE
10:00	25	1,1	NE	50	2,2	SE
11:00	24	1,1	NE	33	1,7	NE
12:00	18	1,5	SW	23	1,8	NE
13:00	12	1,4	NW	14	1,5	NW
14:00	11	1,7	SW	13	1,7	NW
15:00	12	2,0	NW	10	1,8	NW
16:00	10	2,2	SW	10	1,9	NW
17:00	7	3,3	SE	10	2,2	NW
18:00	10	3,2	SE	12	4,0	SE
19:00	9	2,8	SE	11	2,5	SE
20:00	10	2,5	SE	9	2,2	SE
21:00	10	2,1	SE	13	2,3	SE
22:00	9	1,4	SE	15	1,8	SE
23:00	7	0,8	SE	15	1,8	SE
24:00	14	2,1	NE	21	1,2	SE

A análise do segundo maior episódio mostra que no dia 24 de janeiro às 8h da manhã, horário de pico de tráfego de veículos, foi atingida a concentração média horária de 84µg/m³, com ventos de aproximadamente 1,5m/s de SE. Isso significa a influência da emissão veicular em vias de tráfego próximas ao local, com um pouco de influência do transporte desse poluente emitido por fontes um pouco mais distantes.

Tabela 18 : Dados de concentração de SO₂ e vento registrados na estação Osasco nos dias 24 e 25/01/2004

Dia	24/1/2004			25/1/2004		
	Conc.(1h) μg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) μg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	11	1,0	NW	7	calm	-
02:00	11	calm	-	7	calm	-
03:00	13	1,2	NE	5	0,8	NE
04:00	-	1,6	NE	-	0,9	NE
05:00	29	1,7	NE	19	1,6	SE
06:00	27	1,2	NE	37	1,1	NE
07:00	29	0,9	SE	44	0,7	SE
08:00	84	1,5	SE	28	0,7	NE
09:00	81	1,6	SE	15	1,1	NE
10:00	42	1,7	NE	12	1,8	NE
11:00	31	1,8	SE	9	2,7	NE
12:00	19	1,3	NE	7	2,7	NE
13:00	13	1,4	NE	5	3,0	NE
14:00	10	var	-	5	3,3	NE
15:00	9	3,1	NE	6	4,1	NE
16:00	9	2,2	NE	6	3,7	NE
17:00	12	2,0	NE	6	3,2	NE
18:00	9	1,5	NE	7	2,5	NE
19:00	6	1,7	NE	3	3,6	NW
20:00	9	0,9	NE	1	1,8	NE
21:00	12	0,8	NE	1	2,6	NE
22:00	15	0,8	NE	2	2,4	NE
23:00	13	0,7	SE	7	1,0	SE
24:00	9	var	-	6	1,1	NE

Partículas Inaláveis - MP₁₀

A figura 43 ilustra a distribuição das concentrações médias por época do ano para o período de 1999 a 2004. Na figura 44, as médias diárias por dia da semana demonstram que os picos de concentração coincidem com o pico de tráfego pela manhã e a partir do final da tarde, este último associado ao tráfego e às condições meteorológicas, em média, mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Observa-se também uma nítida redução das concentrações nos finais de semana, principalmente no domingo.

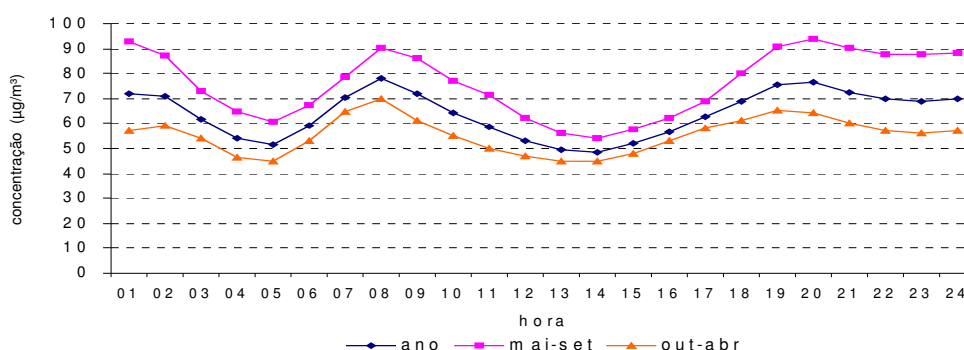


Figura 43 – MP₁₀ – Médias horárias por época do ano no período de 1999 a 2004

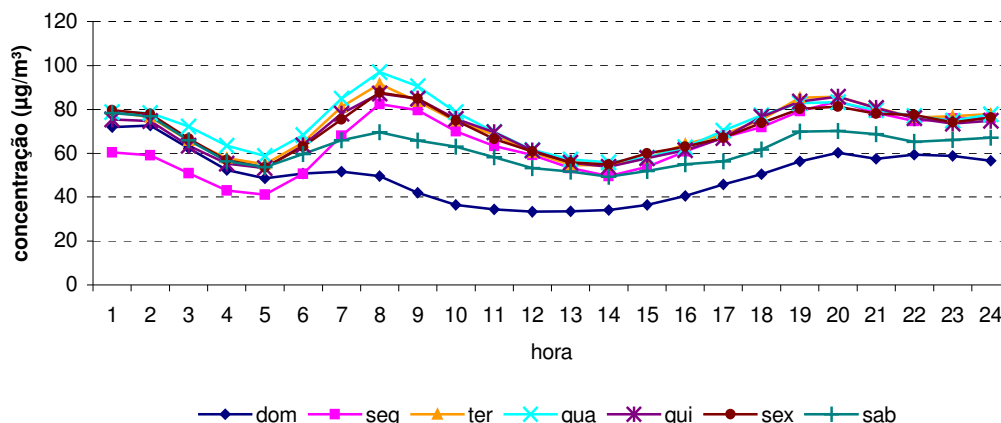


Figura 44 – MP₁₀ – Médias horárias por dia da semana no período de 1999 a 2004

Os perfis das concentrações médias em função de direção e velocidade dos ventos para os períodos diurno e noturno estão apresentados na figura 45.

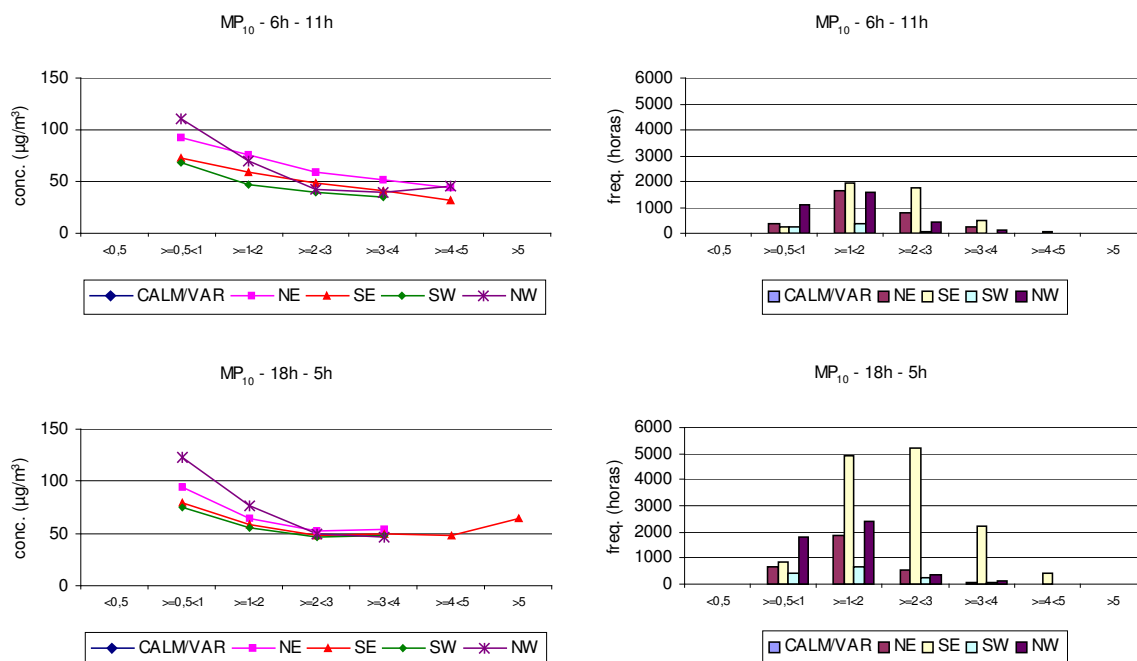


Figura 45 – MP₁₀ – Médias e freqüência de ocorrência entre 6h e 11h e 18h e 5h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1999 a 2004

Os gráficos mostram que o maior impacto deste poluente na estação ocorre com ventos de NW, ao contrário dos outros poluentes, com exceção do O₃, cujas maiores concentrações foram detectadas com ventos de baixa velocidade provenientes de NE.

Nesta direção, segundo a Agência Ambiental de Osasco, não há registro de fontes industriais importantes. Assim, presume-se que as concentrações mais elevadas de MP₁₀ a NW da estação sejam devidas, principalmente, às emissões de veículos que trafegam na Av. dos Autonomistas, que neste quadrante fica muito perto da estação. O fato de ventos de NE corresponderem a maiores concentrações de CO, NO_x e SO₂

porém não de MP_{10} pode estar associado ao comportamento diferenciado de gases e partículas no que diz respeito à dispersão. Assim, embora haja maior emissão de poluentes a NE, as fontes estão mais distantes da estação, possibilitando a sedimentação de parte do particulado emitido antes de chegar ao receptor. Em virtude da distribuição do MP_{10} em relação às fontes de emissão, esta estação é representativa de microescala.

Outra hipótese: O fato de ventos de NW corresponderem a maiores concentrações de MP_{10} , porém não de CO , NO_x e SO_2 , pode estar associado ao comportamento diferenciado de gases e partículas no que diz respeito à dispersão. Assim, embora haja maior emissão de poluentes a NW, em virtude das características da frota que circula na Av. Edmundo Amaral, esta fonte está mais distante da estação, possibilitando a dispersão mais eficaz dos gases em comparação com o particulado que chega à estação. Desta forma, a estação é representativa de microescala, porém com forte influência de fontes na média escala a NW.

Episódios de alta concentração

Na tabela 19 observamos que o episódio de maior concentração de MP_{10} no ano de 2004 aconteceu no dia 08 de março às 24h. Houve uma brusca elevação da concentração a partir das 23h, atingindo o valor máximo de $529\mu g/m^3$ de média horária na hora seguinte, em condição de calmaria. Nota-se que, apesar de à 1h do dia 9 a concentração ter diminuído para $218\mu g/m^3$, ela ainda é alta (figura 46).

Tabela 19 : Dados de concentração de MP_{10} e vento registrados na estação Osasco nos dias 08 e 09/03/2004

Dia	8/3/2004			9/3/2004		
	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	87	calm	-	218	0,9	NW
02:00	62	calm	-	84	1,1	NW
03:00	17	0,8	NW	76	1,0	NW
04:00	41	calm	-	69	1,1	NW
05:00	47	calm	-	57	1,1	NW
06:00	57	calm	-	79	1,0	NW
07:00	80	calm	-	113	var	-
08:00	29	0,9	SW	140	0,7	NW
09:00	25	1,7	NE	58	1,8	NE
10:00	31	2,3	NE	2	2,4	NE
11:00	113	2,5	NE	13	2,1	NW
12:00	43	2,1	NW	8	2,5	NW
13:00	23	2,0	NW	31	2,9	NE
14:00	30	1,7	NW	25	2,3	NW
15:00	31	1,8	NW	29	2,1	NW
16:00	26	1,9	NW	44	2,0	NW
17:00	45	1,9	NW	51	2,2	NW
18:00	98	2,6	SE	75	2,2	NW
19:00	70	2,2	SE	86	1,3	NW
20:00	95	1,7	SE	76	1,9	NE
21:00	26	1,1	SE	74	2,1	NE
22:00	54	1,2	SE	59	1,6	NE
23:00	126	1,1	SE	20	0,9	NE
24:00	529	calm	-	-	0,9	SE

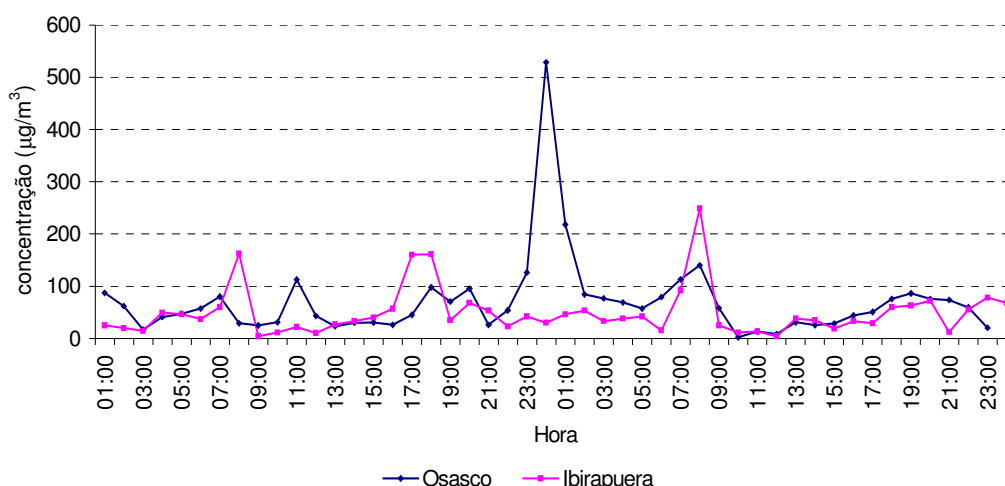


Figura 46 – MP_{10} – Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera nos dias 08 e 09/03/2004

Comparando-se esses valores com os da estação do Ibirapuera, nota-se que o episódio ocorrido foi local, indicando que alguma fonte próxima à estação fez com que a

concentração de MP_{10} aumentasse até o patamar atingido.

Na avaliação do episódio de segundo maior valor de MP_{10} é possível notar que devido a períodos de calmaria que precedem, em geral, a atuação de uma frente fria, como ocorrido nas madrugadas dos dias 4, 5 e 6/02, houve um aumento da concentração de MP_{10} de maneira geral na região, de acordo com a figura 47.

De acordo com a tabela 20, o pico de concentração ocorreu às 23h do dia 05 de fevereiro, com ventos de SE. É sabido, de acordo com o inventário, que a fonte mais significativa desse setor é a indústria Flanaço Ligas Especiais Ltda, com 12,5 ton/ano deste poluente lançados na atmosfera. Portanto é possível que esse episódio tenha acontecido por causa da emissão dessa fonte, aliada às condições meteorológicas.

Tabela 20 : Dados de concentração de MP_{10} e vento registrados na estação Osasco nos dias 04, 05 e 06/02/2004

Dia	4/2/2004			5/2/2004			6/2/2004		
	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	204	1,1	SE	72	1,3	NE	252	1,2	SE
02:00	146	1,0	SE	112	var	-	87	3,0	SW
03:00	108	0,9	SE	-	var	-	95	1,6	SW
04:00	163	1,0	NE	-	1,4	SW	22	1,5	NW
05:00	139	calm	-	148	1,3	SE	37	var	-
06:00	205	1,0	SE	20	1,2	SE	39	0,9	NE
07:00	55	0,8	SE	32	1,2	SW	59	1,2	SE
08:00	171	1,1	NE	99	1,0	NW	75	0,7	NE
09:00	-	1,2	NE	-	1,3	NE	83	0,9	NW
10:00	-	1,2	NE	9	1,4	NE	78	1,4	NE
11:00	-	1,9	NE	-	1,6	NW	99	0,9	NW
12:00	3	2,3	NW	1	2,2	NW	89	1,4	NW
13:00	-	2,6	NE	36	2,7	NW	18	1,8	SW
14:00	-	2,6	NW	-	3,4	NW	1	2,0	SW
15:00	1	2,7	NW	5	3,2	NW	13	2,5	SW
16:00	12	2,6	NW	17	3,2	NW	23	2,1	SW
17:00	19	2,2	NW	52	2,5	NW	1	2,7	SW
18:00	180	4,2	SE	91	2,3	NW	3	3,7	SE
19:00	184	3,8	SE	22	2,0	NW	5	4,1	SE
20:00	3	2,1	NE	95	1,5	NW	9	4,2	SE
21:00	86	0,9	NE	54	1,1	NW	14	2,7	SE
22:00	107	1,5	NE	47	1,1	NW	37	2,5	SE
23:00	103	1,1	NE	375	1,5	SE	24	2,9	SE
24:00	31	1,3	NE	309	1,2	SE	20	2,6	SE

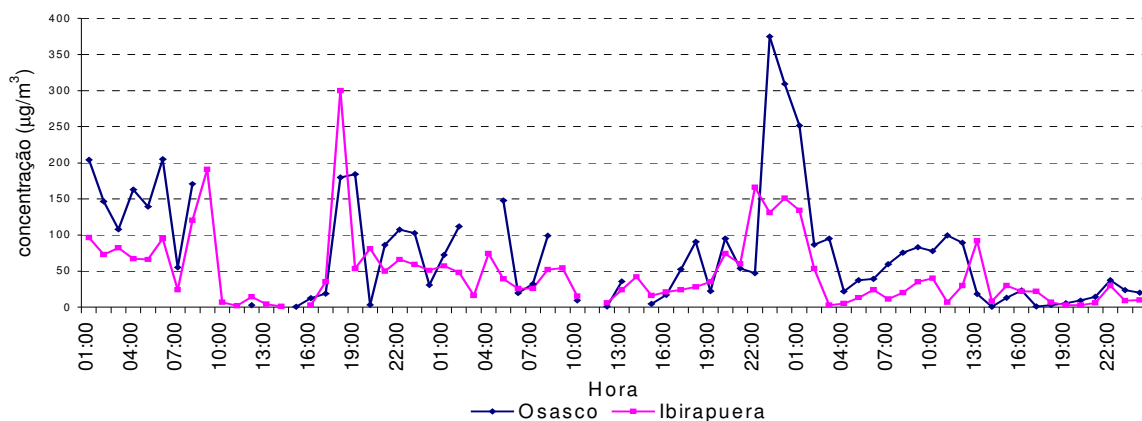


Figura 47 – MP_{10} – Médias horárias nas estações Osasco e Ibirapuera nos dias 04, 05 e 06/02/2004

4.1.5. Conclusões

Qualidade do Ar

Escala de Representatividade

O levantamento das principais fontes emissoras de poluentes no entorno da estação Osasco e a análise dos impactos a ela associados em termos de qualidade do ar mostrou que a estação é representativa de microescala, ou seja, as concentrações observadas representam uma área muito pequena, de poucos metros no entorno da estação. Por esta razão, esta estação não é apropriada para o monitoramento de ozônio.

Uso do Solo

A estação está localizada em região de característica diversificada em termos de uso do solo. No raio inventariado de 2km estão presentes atividades comerciais, industriais e residências. A análise da influência das principais fontes mostrou que as concentrações de poluentes observados na estação decorrem principalmente de emissões veiculares, em especial das avenidas dos Autonomistas, Visc. de Nova Granada, entre outras, e do Viaduto Pres. Tancredo de Almeida Neves. Desta forma, em termos de uso do solo, o mais adequado é a classificação da estação como veicular, ou seja, localizada perto de vias de tráfego intenso.

População Exposta

A maior parte da população que reside no bairro não está exposta aos níveis de concentração detectados na estação, sendo que somente as pessoas que residem ou trabalham muito perto de vias de tráfego intenso é que realmente estão expostas a concentrações equivalentes.

Parâmetros Monitorados

A estação Osasco monitora os poluentes CO, NO_x, SO₂ e MP₁₀, tendo monitorado as concentrações de O₃ até 2003. Considerando ser esta uma estação tipicamente veicular, tanto de veículos de ciclo Otto quanto diesel e, que estes veículos são emissores dos poluentes monitorados, ela apresenta uma configuração adequada para avaliação da qualidade do ar em locais próximos de grandes vias de tráfego; do impacto ao longo do tempo resultante de alterações nas características da frota, como sua renovação ou alterações nos combustíveis; da eficácia de determinadas ações de controle, como por exemplo a fiscalização de fumaça preta. Por ser uma estação veicular, não é adequada para monitoramento de poluentes secundários, como o ozônio.

Com relação aos parâmetros meteorológicos, a estação Osasco dispõe somente de sensores de vento. A análise feita com base na localização das fontes, da direção e velocidade do vento e das concentrações observadas na estação mostrou que o vento é um parâmetro útil para identificação das fontes responsáveis pela poluição medida, uma vez que não existem anteparos que possam estar influenciando significativamente estas medidas, sendo também útil para compor o perfil de circulação na RMSP.

Recomendações

Apesar da região no entorno da estação amostradora de Osasco ter perdido sua vocação industrial de grande porte, são muitas as pequenas indústrias que ali encontram-se operando atualmente. A falta de um inventário atualizado que contemple essas novas fontes, dificulta a elaboração de análises mais profundas e conclusivas.

Recomenda-se, à Agência Ambiental de Osasco, a elaboração de um levantamento do potencial poluidor destas pequenas indústrias, bem como o mapeamento de sua localização, a fim de subsidiar futuras análises.

Assim como as demais estações classificadas como de via de tráfego em microescala, a avaliação mais refinada do perfil da frota circulante, principalmente quanto à idade dos veículos, é também um fator importante para melhor classificar esta estação.

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 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

Colaboração

Agência Ambiental de Osasco - CDO
Silmara Regina da Silva - ETQI

Revisão

Daniel Silveira Lopes - ETQT