



**DIRETORIA DE ENGENHARIA E QUALIDADE AMBIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL**  
**DIVISÃO DE QUALIDADE DO AR**  
**EQQM/EQQT**

**Avaliação da qualidade do ar no  
município de Santos**

**2011 a 2014**

**Maio/2015**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações em relação à área urbana de Santos.....	13
Figura 2 – Localização da estação Santos.....	14
Figura 3 – Vistas do entorno da estação Santos.....	14
Figura 4 – Localização da estação Santos-Ponta da Praia-EM em relação ao Porto de Santos.....	15
Figura 5 – Vistas do entorno da estação Santos-Ponta da Praia-EM.....	16
Figura 6 – Rosa de vento de Santos - 2012/2013 - 24h.....	17
Figura 7 – Rosa de vento de Santos, por período (1-6h, 7-12h, 13-18h, 19-24h).....	18
Figura 8 – Rosa de vento de Santos-Ponta da Praia-EM - 2012/2014 - 24h.....	19
Figura 9 – Rosa de vento de Santos-Ponta da Praia-EM, por período (1-6h, 7-12h, 13-18h, 19-24h).....	20
Figura 10 – Rosa de poluição de MP <sub>10</sub> de Santos-Ponta da Praia-EM - 2012/2014 - 24h.....	32
Figura 11 – Rosa de poluição de MP <sub>10</sub> de Santos-Ponta da Praia-EM - 24h (sobreposição imagem Google).....	32
Figura 12 – Rosa de poluição de MP <sub>10</sub> de Santos-Ponta da Praia-EM (>100 µg/m <sup>3</sup> ), por período.....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos - 2013 e 2014.....	25
Gráfico 02 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos-Ponta da Praia-EM - 2013 e 2014.....	26
Gráfico 03 – MP <sub>10</sub> - Evolução das concentrações médias anuais.....	27
Gráfico 04 – MP <sub>10</sub> - Perfil das médias mensais.....	28
Gráfico 05 – MP <sub>10</sub> - Perfil das concentrações médias diárias.....	28
Gráfico 06 – MP <sub>10</sub> – Concentração média nos períodos das 8h às 19h e das 20h às 7h, em função da velocidade e quadrante dos ventos (2012 a 2014) - Santos-Ponta da Praia-EM.....	29
Gráfico 07 – Perfil mensal de MP <sub>10</sub> e movimentação mensal de milho e soja.....	30
Gráfico 08 – MP <sub>10</sub> - Perfil médio horário por dia da semana - Santos.....	31
Gráfico 09 – MP <sub>10</sub> - Perfil médio horário por dia da semana - Santos-Ponta da Praia-EM.....	31
Gráfico 10 – MP <sub>2,5</sub> - Evolução das concentrações médias anuais - Santos-Ponta da Praia-EM.....	36
Gráfico 11 – Perfil das médias mensais das partículas finas - MP <sub>2,5</sub> - Santos-Ponta da Praia-EM.....	36
Gráfico 12 – Perfil das concentrações médias diárias de MP <sub>10</sub> e MP <sub>2,5</sub> - Santos-Ponta da Praia-EM.....	37
Gráfico 13 – Comportamento do MP <sub>2,5</sub> em relação ao MP <sub>10</sub> em Santos-Ponta da Praia-EM.....	38
Gráfico 14 – MP <sub>2,5</sub> - Perfil médio horário por dia da semana - Santos-Ponta da Praia-EM.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos poluentes e principais fontes de emissão .....	8
Tabela 2 – Padrões estaduais de qualidade do ar .....	9
Tabela 3 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar .....	10
Tabela 4 – Estrutura do Índice de Qualidade do Ar .....	11
Tabela 5 – Qualidade do ar e efeitos à saúde .....	12
Tabela 6 – Configuração das Estações – 2014 .....	16
Tabela 7 – Partículas Inaláveis - MP <sub>10</sub> - 2011 e 2012 .....	21
Tabela 8 – Partículas Inaláveis - MP <sub>10</sub> - 2013 e 2014 .....	21
Tabela 9 – Partículas Inaláveis Finas - MP <sub>2,5</sub> - 2011 e 2012 .....	22
Tabela 10 – Partículas Inaláveis Finas - MP <sub>2,5</sub> - 2013 e 2014 .....	22
Tabela 11 – Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub> - 2011 e 2012 .....	22
Tabela 12 – Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub> - 2013 e 2014 .....	22
Tabela 13 – Ozônio - O <sub>3</sub> - 2011 e 2012 .....	23
Tabela 14 – Ozônio - O <sub>3</sub> - 2013 e 2014 .....	23
Tabela 15 – Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub> - 2011 e 2012 .....	23
Tabela 16 – Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub> - 2013 e 2014 .....	23
Tabela 17 – Monóxido de Nitrogênio – NO - 2011 a 2014 .....	24
Tabela 18 – Óxidos de Nitrogênio - NO <sub>x</sub> – 2011 a 2014 .....	24
Tabela 19 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos - 2013 .....	24
Tabela 20 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos - 2014 .....	24
Tabela 21 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos–Ponta da Praia-EM - 2013 .....	25
Tabela 22 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos–Ponta da Praia-EM - 2014 .....	25
Tabela 23 – Movimentação de milho e soja (maio a setembro) .....	30
Tabela 24 – Concentrações diárias nos dias de episódios de MP <sub>10</sub> em Santos-Ponta da Praia .....	34

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização do município de Santos e das estações de monitoramento da qualidade do ar .....	7
--	---



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS MONITORADOS.....	8
3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	9
3.1 Padrões Estaduais.....	9
3.2 Padrões Nacionais .....	10
3.3 Classificação da qualidade do ar.....	11
4 MONITORAMENTO.....	12
4.1 Período de Monitoramento.....	12
4.2 Localização.....	12
4.3 Caracterização das Estações.....	13
4.3.1 Estação Santos.....	13
4.3.2 Estação Santos-Ponta da Praia-EM .....	15
4.4 Configuração das Estações .....	16
5 RESULTADOS.....	16
5.1 Comportamento dos Ventos .....	16
5.2 Avaliação da Qualidade do Ar.....	21
5.3 Avaliação do Comportamento do Material Particulado.....	26
5.3.1 Partículas Inaláveis – MP <sub>10</sub> .....	27
5.3.2 Partículas Inaláveis Finas – MP <sub>2,5</sub> .....	35
6 CONCLUSÃO .....	39
7 REFERÊNCIAS .....	39
8 EQUIPE DE TRABALHO .....	40
9 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO .....	40



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

EM BRANCO

## 1 INTRODUÇÃO

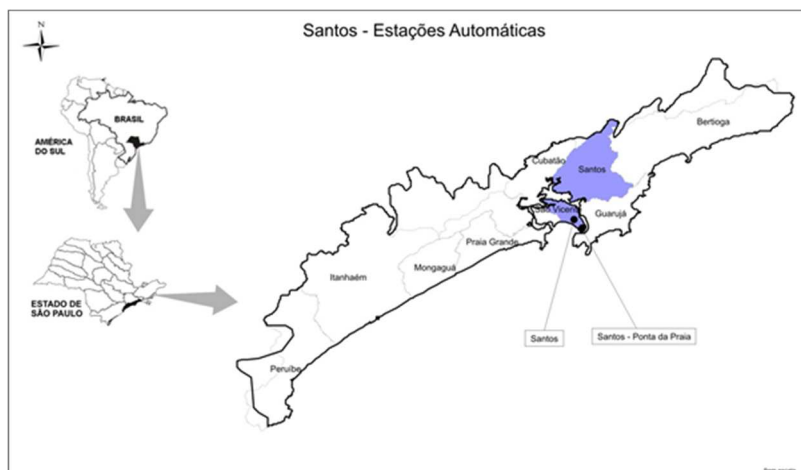
O município de Santos está localizado no litoral do Estado de São Paulo, possui uma área de 271 km<sup>2</sup>, sendo que a parte insular (aproximadamente 39,4 km<sup>2</sup>), na Ilha de São Vicente, é a sede do município e o restante (aproximadamente 231 km<sup>2</sup>) encontra-se no continente. É o principal município e a sede da Região Metropolitana da Baixada Santista, no qual está instalado o principal porto do Brasil. Possui uma população de aproximadamente 433,6 mil habitantes (Estimativa IBGE 2014), sendo que aproximadamente 99,9% vivem na área urbana.

Na cidade de Santos o monitoramento da qualidade do ar ocorre desde a década de 1980, primeiramente com uma estação manual de monitoramento de fumaça e dióxido de enxofre, localizada na Policlínica do Embaré. Em 2004, 2005 e 2008, foram realizadas campanhas de monitoramento manual de material particulado, na região da Ponta da Praia, próximo ao Porto, quando foi possível constatar a necessidade do monitoramento contínuo do parâmetro material particulado. Desde 2011, o município conta com duas estações automáticas, localizadas no Bairro do Boqueirão e na Ponta da Praia.

Este relatório, realizado para atendimento de solicitação feita pelo Ofício nº 667/15-MP-PJCS-UMA, referente ao Inquérito Civil nº 14.0426.0000031/2011-6-UMA, apresenta a avaliação da qualidade do ar resultante do monitoramento realizado no município de Santos, no período de 2011 a 2014, com um enfoque voltado, especialmente, para o material particulado.

São também apresentadas, como referência, as principais características dos poluentes monitorados e os padrões de qualidade do ar aplicados no Estado de São Paulo (Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013), bem como os padrões nacionais (Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990). Em seguida, é descrita a metodologia aplicada na avaliação da qualidade do ar e são apresentados os resultados das medições das variáveis meteorológicas e da concentração dos poluentes atmosféricos, bem como os resultados e conclusões obtidas a partir da análise desses parâmetros.

**Mapa 1 – Localização do município de Santos e das estações de monitoramento da qualidade do ar**



## 2 DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS MONITORADOS

### Poluentes

Na tabela 1 são descritas as características dos poluentes que foram monitorados, bem como as suas principais fontes de emissão.

**Tabela 1 – Características dos poluentes e principais fontes de emissão**

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
Partículas Inaláveis Finas (MP <sub>2,5</sub> )	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho $\leq 2,5$ micra.	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> )	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho $\leq 10$ micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

### Parâmetros Meteorológicos

As concentrações dos poluentes são diretamente influenciadas pelas condições meteorológicas observadas. Parâmetros como direção e velocidade do vento, altura de inversão térmica, estabilidade atmosférica, umidade e outros, são sabidamente importantes nas condições locais que determinam os níveis medidos de concentração dos poluentes. Altos níveis de concentração em um determinado local podem ocorrer não só por alta emissão local e condição desfavorável à dispersão, mas também pelo transporte de poluentes de regiões vizinhas, principalmente no caso do ozônio.



### 3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

#### 3.1 Padrões Estaduais

O Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013, estabelece que a administração da qualidade do ar no território do Estado de São Paulo será efetuada através de Padrões de Qualidade do Ar, observados os seguintes critérios:

I. Metas Intermediárias - (MI) estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável;

II. Padrões Finais (PF) - Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

A tabela 2 apresenta os padrões de qualidade do ar estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, sendo que os padrões vigentes estão assinalados em vermelho.

**Tabela 2 – Padrões estaduais de qualidade do ar  
(Decreto Estadual nº 59113, de 23/04/2013)**

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 (µg/m³)	MI 2 (µg/m³)	MI 3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
partículas inaláveis (MP <sub>10</sub> )	24 horas	120	100	75	50
	MAA <sup>1</sup>	40	35	30	20
partículas inaláveis finas (MP <sub>2,5</sub> )	24 horas	60	50	37	25
	MAA <sup>1</sup>	20	17	15	10
dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	60	40	30	20
	MAA <sup>1</sup>	40	30	20	-
dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	1 hora	260	240	220	200
	MAA <sup>1</sup>	60	50	45	40
ozônio (O <sub>3</sub> )	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA <sup>1</sup>	40	35	30	20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA <sup>2</sup>	-	-	-	80
chumbo** (Pb)	MAA <sup>1</sup>	-	-	-	0,5

Obs.: padrões vigentes em vermelho.

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

\* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

\*\* Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

As Metas Intermediárias devem ser atendidas em 3 (três) etapas, assim determinadas:

I. Meta Intermediária Etapa 1 - (MI1) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir de 24/04/2013;

II. Meta Intermediária Etapa 2 - (MI2) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações realizadas na Etapa 1, reveladas por estudos técnicos apresentados pelo órgão ambiental estadual, convalidados pelo CONSEMA;

III. Meta Intermediária Etapa 3 - (MI3) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo CONSEMA, a partir do início da sua vigência, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.

Os padrões finais (PF) são aplicados sem etapas intermediárias quando não forem estabelecidas metas intermediárias, como no caso do monóxido de carbono, partículas totais em suspensão e chumbo. Para os demais poluentes, os padrões finais passam a valer a partir do final do prazo de duração do MI3.

### 3.2 Padrões Nacionais

Os padrões nacionais de qualidade do ar (PQAr) definidos na Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990, são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar  
(Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990)**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)	Método de Medição
partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA <sup>2</sup>	80	60	
partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	separação inercial/filtração
	MAA <sup>3</sup>	50	50	
fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100	refletância
	MAA <sup>3</sup>	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100	pararosilina
	MAA <sup>3</sup>	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	quimiluminescência
	MAA <sup>3</sup>	100	100	
monóxido de carbono	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	quimiluminescência

1 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano;

2 – Média geométrica anual;

3 – Média aritmética anual;

Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 03/1990, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III, conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que, enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis serão os primários.

### 3.3 Classificação da qualidade do ar

Para simplificar o processo de comunicação dos dados de poluição do ar de curto prazo para a população, a CETESB utiliza o Índice de Qualidade do Ar (IQA), o qual é obtido através de funções lineares segmentadas que relacionam as concentrações dos poluentes com valores dos índices, conforme tabela a seguir. Para cada poluente medido é calculado um índice, sendo que, para efeito de divulgação, utiliza-se o índice mais elevado, isto é, embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada pelo maior índice (pior caso). Na tabela 4 pode-se visualizar a nova escala utilizada para classificar a qualidade do ar, em função dos padrões estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013.

Tabela 4 – Estrutura do Índice de Qualidade do Ar

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 8h	CO (ppm) 8h	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h
<b>N1 - Boa</b>	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
<b>N2 – Moderada</b>	41-80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40
<b>N3 – Ruim</b>	81-120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365
<b>N4 – Muito Ruim</b>	121-200	>150 - 250	> 75 - 125	>160 - 200	>13-15	> 320 - 1130	> 365 - 800
<b>N5 – Péssima</b>	>200	> 250	>125	> 200	> 15	> 1130	>800

Quando a qualidade do ar é classificada como BOA os valores-guia para exposição de curto prazo, estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde, que são os respectivos Padrões Finais (PF) estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, estão sendo atendidos.

Comparando-se a tabela 2 e 4, observa-se que a classificação de qualidade RUIM, não indica obrigatoriamente a ultrapassagem dos padrões de curto prazo vigentes. A única exceção é o CO, para o qual, a qualidade MODERADA indica que o respectivo IQA é ultrapassado.

Esta qualificação da qualidade do ar está associada a efeitos à saúde, portanto independe do padrão de qualidade/meta intermediária em vigor, e será sempre realizada conforme a tabela a seguir.

**Tabela 5 – Qualidade do ar e efeitos à saúde**

Qualidade	Índice	Efeitos
N1 - Boa	0 - 40	
N2 – Moderada	41-80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
N3 – Ruim	81-120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 – Muito Ruim	121-200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 – Péssima	>200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Os níveis de qualidade do ar, bem como a previsão das condições meteorológicas de dispersão de poluentes, são divulgados diariamente na página da CETESB, no endereço <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.

## 4 MONITORAMENTO

### 4.1 Período de Monitoramento

Os períodos de monitoramento considerados neste relatório são:

- Estação Santos: 07/06/2011 (início do monitoramento) a 31/12/2014
- Estação Santos-Ponta da Praia-EM: 18/11/2011 (início do monitoramento) a 31/12/2014.

### 4.2 Localização

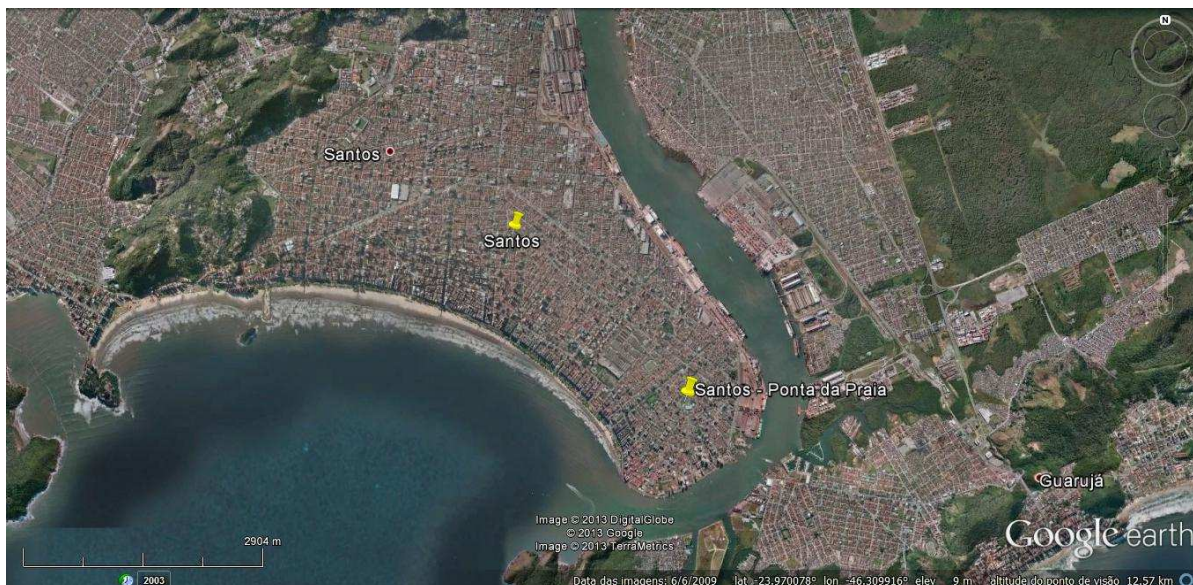
O monitoramento da qualidade do ar foi efetuado por meio de uma estação fixa e uma estação móvel da rede automática da CETESB. A estação Santos (fixa) está instalada na Rua Dr. Oswaldo Cruz, 197, nas dependências do Hospital Guilherme Álvaro, no Boqueirão. A estação Santos-Ponta da Praia-EM (estação móvel) está instalada nas dependências do Complexo Esportivo Rebouças, situado na Praça Eng. José Rebouças, s/n, na Ponta da Praia.

As coordenadas geográficas (DATUM SIRGAS 2000) dos locais são:

- Santos: 23k 365576 e 7349234
- Santos-Ponta da Praia - EM: 23k 367697 e 7347234

Na imagem do *Google Earth*, a seguir, é mostrada a localização das estações em relação à área urbana de Santos.

**Figura 1 – Localização das estações em relação à área urbana de Santos.**



### 4.3 Caracterização das Estações

As duas estações automáticas que monitoram a qualidade do ar na cidade de Santos possuem objetivos distintos: a estação localizada no Boqueirão, denominada estação Santos, visa avaliar o ar médio da região insular da cidade e as concentrações dos poluentes atmosféricos às quais a população, nessa parte da cidade, está exposta. Já a estação localizada na Ponta da Praia, denominada estação Santos-Ponta da Praia-EM, tem como objetivo avaliar os impactos das emissões de poluentes provenientes das atividades do Porto nessa parte da cidade.

#### 4.3.1 Estação Santos

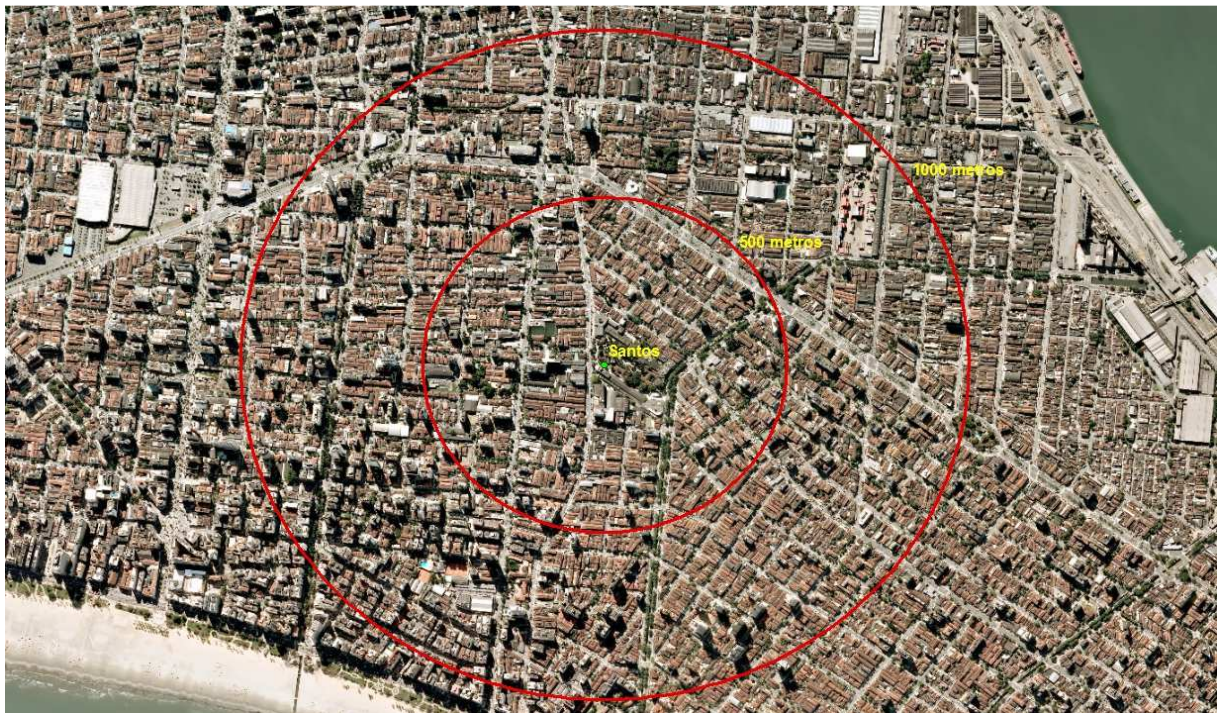
A escala de representatividade espacial da estação de Santos, com relação aos poluentes  $MP_{10}$  e  $NO_x$ , é classificada como *bairro*, escala essa que representa concentrações em áreas de bairros urbanos com atividade uniforme e dimensões entre 500 e 4.000 metros, uma vez que não existem emissões significativas de fontes fixas e móveis muito próximas à estação. Já para o poluente  $O_3$  a representatividade pode ser considerada como *urbana*, cujas concentrações medidas representam uma escala espacial entre 4 km podendo chegar até a 50 km.



Quanto às fontes de emissão, a estação é influenciada, basicamente, pelas emissões veiculares e de maneira mais difusa por outras fontes existentes na cidade e na região.

Com relação ao uso do solo e população exposta, o local pode ser classificado como comercial/residencial, estando associado à exposição da população em áreas urbanas centrais, áreas de comércio e de presença de veículos.

Figura 2 – Localização da estação Santos



Fonte: SMA\CPLA - Ortofoto Emplasa - 2010.

Figura 3 – Vistas do entorno da estação Santos





#### 4.3.2 Estação Santos-Ponta da Praia-EM

O objetivo do monitoramento neste local é avaliar os impactos das emissões de poluentes provenientes das atividades do Porto de Santos na região da Ponta da Praia, contribuindo para estas emissões as oriundas do transporte e da movimentação de *grãos e farelos*, doravante mencionados de maneira simplificada como *grãos*, as resultantes da movimentação de veículos no entorno, principalmente os pesados, da queima de combustível nos navios, entre outras. Este setor do Porto está localizado a distâncias que variam de 650 a 900 metros a sudeste-nordeste (SE - NE) da estação de monitoramento.

A contribuição das emissões das atividades portuárias existentes na margem esquerda do Porto, situadas em local com a mesma posição geográfica em relação à região da Ponta da Praia, se dá em grau menor, uma vez que estão mais distantes do local de monitoramento.

Esta estação sofre também influência das emissões veiculares e de outras fontes inerentes à cidade. O tráfego de caminhões é bastante intenso no Porto.

A figura 4 mostra uma imagem aérea (Ortofoto Emplasa - 2010), na qual se visualiza o local de monitoramento em relação ao Porto.

A delimitação da representatividade espacial das medições desta estação é complexa, porém, é de se esperar que as concentrações dos poluentes primários sejam da mesma ordem de grandeza das encontradas em áreas com a mesma configuração de fontes de emissão, a mesma distância destas fontes e com condições de relevo e dispersão atmosféricas parecidas.

**Figura 4 – Localização da estação Santos-Ponta da Praia-EM em relação ao Porto de Santos**



Fonte: SMA\CPLA - Ortofoto Emplasa - 2010.

Figura 5 – Vistas do entorno da estação Santos-Ponta da Praia-EM



#### 4.4 Configuração das Estações

Na tabela 6 é apresentada a configuração em relação aos parâmetros medidos (poluentes e meteorológicos) nas estações de Santos e Santos-Ponta da Praia-EM.

Tabela 6 – Configuração das Estações – 2014

UGRHI	ESTAÇÕES	PARÂMETROS												
		MP <sub>2,5</sub>	MP <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
7	Santos <sup>1</sup>		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Santos-Ponta da Praia - EM <sup>2</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1 - Monitoramento a partir de 07/06/2011.

2 - Monitoramento a partir de 18/11/2011.

MP <sub>2,5</sub>	Partículas inaláveis finas	UR	Umidade Relativa do Ar
MP <sub>10</sub>	Partículas inaláveis	TEMP	Temperatura do Ar
SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre	VV	Velocidade do vento
NO	Monóxido de nitrogênio	DV	Direção do vento
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrogênio	P	Pressão atmosférica
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrogênio	RAD	Radiação Total e UVA
O <sub>3</sub>	Ozônio		

## 5 RESULTADOS

A seguir é apresentada a avaliação dos dados do monitoramento realizado na Estação Santos e na Estação Santos-Ponta da Praia - EM.

### 5.1 Comportamento dos Ventos

De maneira geral, o regime de ventos das cidades litorâneas é fortemente afetado pelo sistema meteorológico de mesoescala denominado brisa. A brisa pode ser marítima, com o vento soprando do mar para o continente e cujo início se dá no final da manhã, atuando até o meio da noite, ou terrestre, cujos ventos sopram da terra para

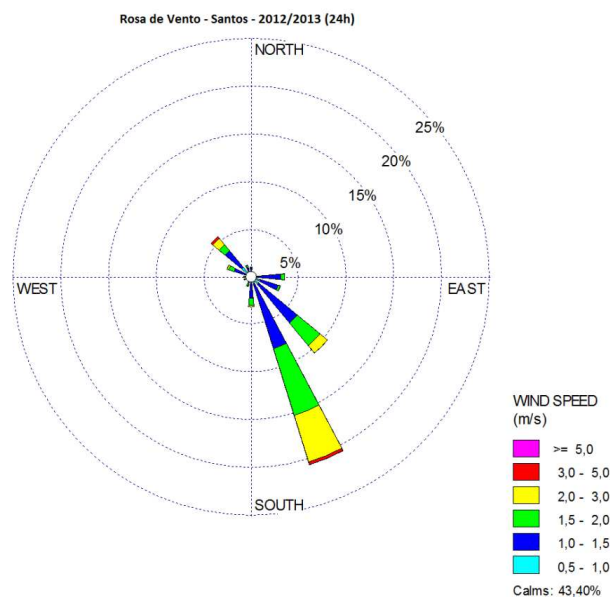


o mar tendo seu início no final da noite até o início da manhã. Dessa forma, os ventos medidos nas duas estações automáticas da CETESB em Santos serão avaliados levando-se em conta, principalmente, a dinâmica deste sistema meteorológico. É importante esclarecer que quando há a atuação de sistemas meteorológicos de grande escala, tais como massas de ar (frio ou quente), sistemas frontais, entre outros, os efeitos da circulação dos ventos destes sistemas se superpõem aos das brisas.

O comportamento do vento será analisado com auxílio das rosas de vento para 24 horas, bem como para quatro períodos do dia: madrugada, manhã, tarde e noite. Para a construção dessas rosas, foram utilizados os dados disponíveis de direção e velocidade de todos os ventos horários medidos em cada estação.

Na figura 6 é apresentada a rosa de vento da estação Santos durante as 24 horas do dia, para o período de 01/01/12 a 31/12/13. Pode-se observar que o vento predominante é proveniente da direção sul-sudeste (SSE), seguida pela contribuição da direção sudeste (SE) e uma pequena contribuição (cerca de 5%) da direção noroeste (NW). Foi observado também um percentual de 43% de ventos variáveis (ventos fracos) e calmos em todo o período.

**Figura 6 – Rosa de vento de Santos - 2012/2013 - 24h**

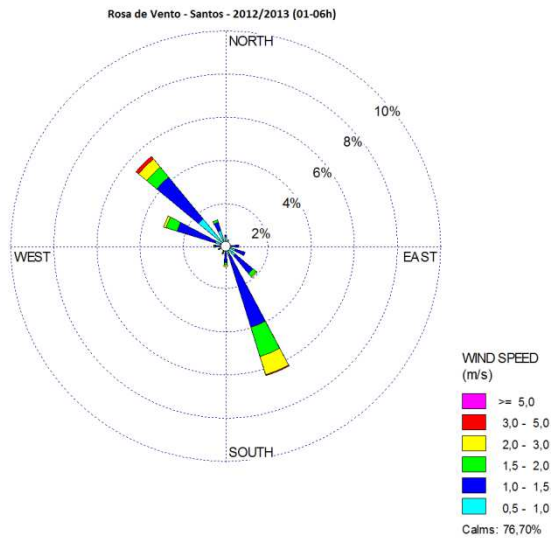


Apesar da predominância do vento de direção sul sudeste (SSE), observam-se variações da direção do vento durante os períodos do dia e noite, conforme pode-se verificar na figura 7, na qual são apresentadas as rosas de vento para os seguintes períodos: **a)** 1-6h, **b)** 7-12h, **c)** 13-18h e **d)** 19-24h. Na madrugada houve o predomínio de calma em mais de 2/3 do tempo (77% do tempo) e, quando ventou, predominaram os ventos da direção sul-sudeste (SSE) e se observa, também, contribuições da direção noroeste (NW), indicando a atuação da brisa terrestre. No período da manhã, observa-se a diminuição dos ventos de direção NW, o que significa que a brisa terrestre está deixando de atuar para dar lugar à atuação da brisa marítima, uma vez que os ventos

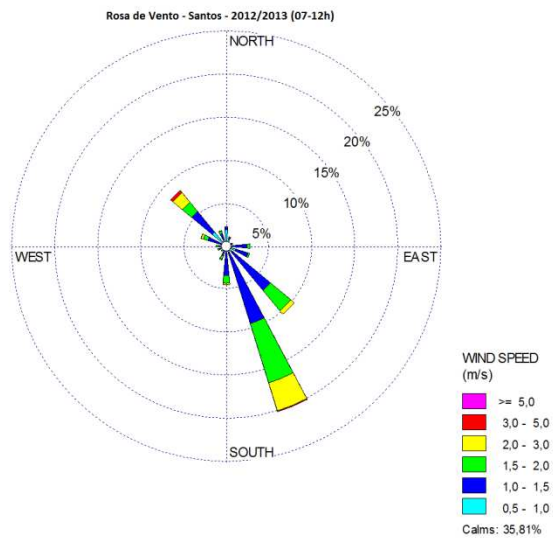
predominantes são da direção sul-sudeste (SSE) e sudeste (SE). Observa-se ainda neste período que a calmaria correspondeu a cerca de um terço do tempo (36%). Durante a tarde houve a predominância dos ventos provenientes da direção sul-sudeste (SSE), seguida pela direção sudeste (SE), com intensidades variando de 1,5 a 3 m/s e pouca ocorrência de calmaria (cerca de 7%). A predominância dos ventos dessa direção é decorrente, na maior parte das vezes, da atuação da brisa marítima. Já durante a noite, cerca da metade do tempo foi de ocorrência de calmaria (cerca de 54%), e quando ocorreram ventos a predominância foi de ventos ainda da direção sul-sudeste (SSE) com intensidade variando de 1 a 2 m/s, com contribuições de intensidade um pouco mais baixa (1 a 1,5 m/s) de ventos provenientes das direções sudeste a este (SE a E).

**Figura 7 – Rosa de vento de Santos, por período (1-6h, 7-12h, 13-18h, 19–24h)**

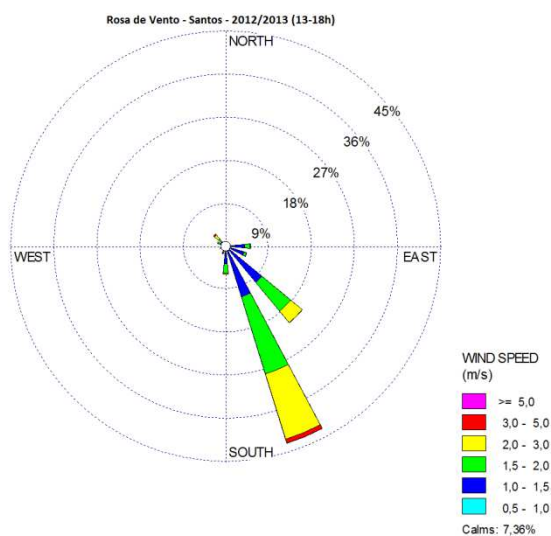
**a) Rosa de Vento (1-6h)**



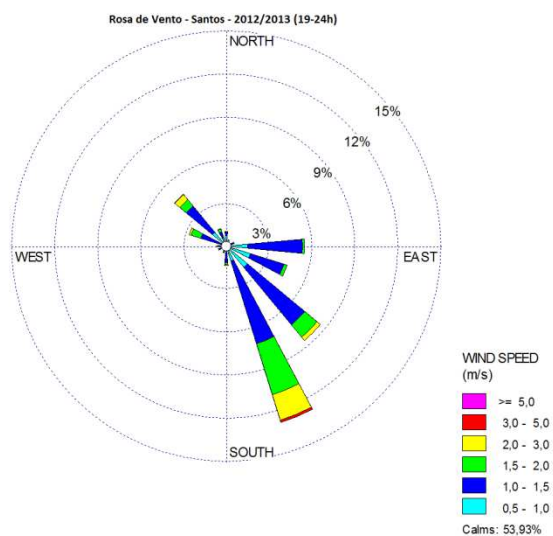
**b) Rosa de Vento (7-12h)**



**c) Rosa de Vento (13-18h)**



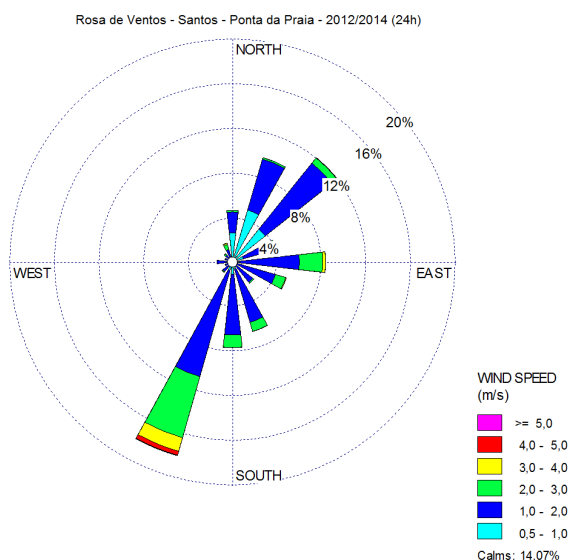
**d) Rosa de Ventos (19-24h)**



Uma possível explicação para que a porcentagem de ocorrência de períodos de calmaria ter sido alta na estação Santos pode estar associada ao fato de que os ventos medidos neste local tenham tido suas velocidades reduzidas devido ao efeito de barreira provocado pelo grande adensamento de edificações nesta parte da cidade, bem como pela existência, principalmente em 2013, de vegetação de grande porte próxima a esta estação. Em meados de 2014 essa vegetação sofreu poda bastante expressiva.

Na figura 8 é apresentada a rosa de vento da estação Santos-Ponta da Praia - EM, durante as 24 horas do dia, para o período de 01/01/12 a 31/12/14. Pode-se observar que os ventos predominantes são provenientes da direção sul-sudoeste (SSW), seguida pelas contribuições das direções nordeste (NE) e norte-nordeste (NNE); e contribuições menores do quadrante este a sul (E a S). Com relação a ventos variáveis e calmaria, estes correspondem a um percentual em torno de 14% de todo o período.

**Figura 8 – Rosa de vento de Santos-Ponta da Praia-EM - 2012/2014 - 24h**

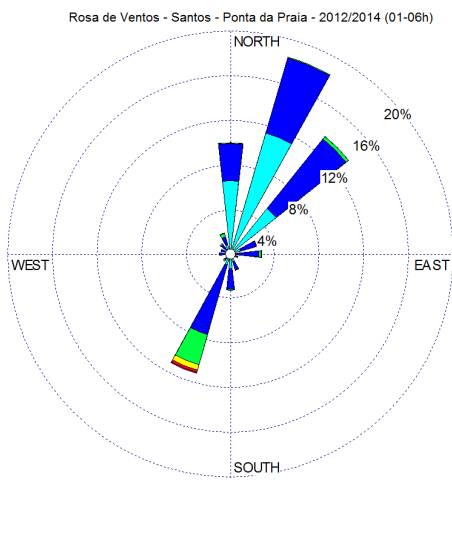


A figura 9 apresenta as rosas de vento elaboradas para os seguintes períodos do dia: **a)** 1-6h, **b)** 7-12h, **c)** 13-18h e **d)** 19-24h. Na madrugada os ventos predominantes são mais fracos, com intensidade de 1 a 2 m/s, soprando de norte-nordeste (NNE), com direções secundárias de norte (N) e de nordeste (NE), o que evidencia a atuação da brisa terra-mar. A calmaria ocorre em cerca de 29% do tempo. No período da manhã o vento começa a girar, sendo que a direção sul-sudoeste (SSW) passa a ser a predominante e, em menor frequência, ocorrem ventos provenientes da direção sul (S), o que evidencia o início da atuação da brisa mar-terra (a segunda direção predominante é o da direção nordeste - NE). O percentual de ocorrência de calmaria é menos da metade (cerca de 11%) ao ser comparado com o período da madrugada. No período da tarde os ventos variam de este (E) a sudoeste (SW), com predominância da direção sul-sudoeste (SSW), o que corrobora a atuação da brisa mar-terra. A ocorrência de calmaria é praticamente nula (menos de 1%). Já no período da noite o vento começa a girar de este (E) para norte-nordeste (NNE), indicando já o início da atuação da brisa terra-mar e o percentual de horas

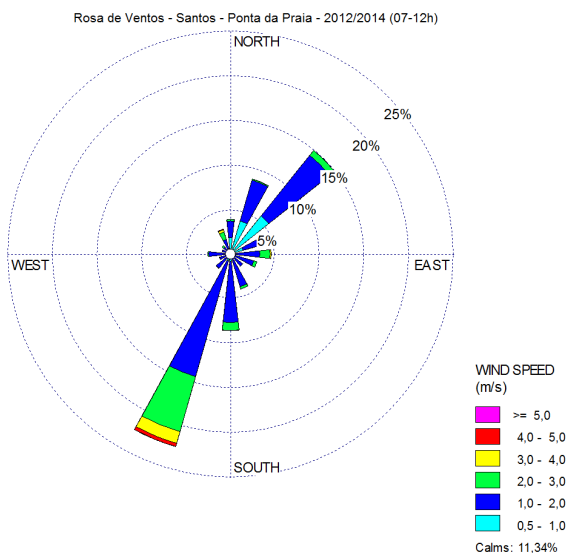
de calmaria começa a aumentar (cerca de 15%), que já é quase a metade em relação ao período da madrugada subsequente.

**Figura 9 – Rosa de vento de Santos-Ponta da Praia-EM, por período (1-6h, 7-12h, 13-18h, 19–24h)**

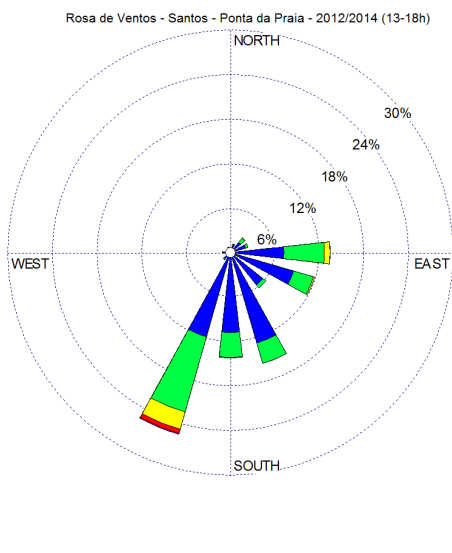
**a) Rosa de Vento (1-6h)**



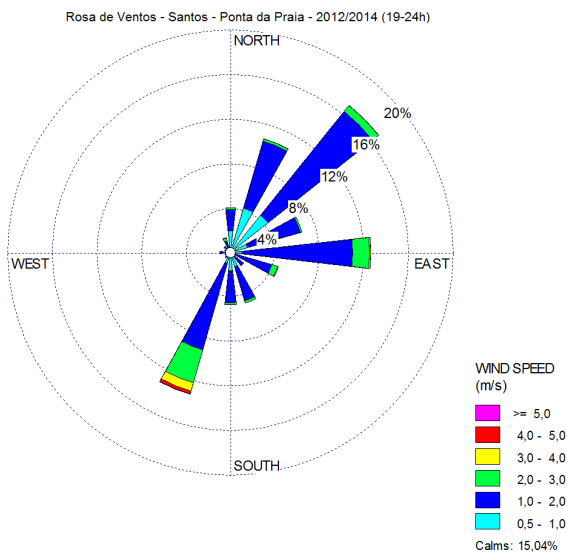
**b) Rosa de Vento (7-12h)**



**c) Rosa de Vento (13-18h)**



**d) Rosa de Vento (19-24h)**



Pelas análises apresentadas, observa-se a predominância de ventos da direção sul-sudoeste (SSW) e com intensidades maiores na estação de Santos-Ponta da Praia – EM, portanto é possível afirmar que esta região da cidade apresenta boa condição de dispersão de poluentes. Entretanto, quando for efetuada a avaliação das concentrações das partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) nesta estação, se verificará que em condições de estabilidade atmosférica, ventos fracos e/ou calmos, entre outras variáveis, as concentrações deste poluente aumentam significativamente chegando, inclusive, a ultrapassar o padrão legal vigente, uma vez que há fontes no entorno que contribuem de maneira significativa para estas concentrações.

## 5.2 Avaliação da Qualidade do Ar

Nas tabelas a seguir, são apresentados os resultados do monitoramento de partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>), partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>) e, para comparação, os respectivos padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar, bem como os dados de monóxido de nitrogênio (NO) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). As análises dos dados de qualidade do ar consideram os períodos de curto prazo, ou seja, 1, 8 e 24 horas, conforme o poluente, e longo prazo, que neste caso é representado pelas médias anuais das médias diárias.

Deve-se observar que nas tabelas estão respeitados os períodos de medição estabelecidos pela legislação (vide tabelas 2 e 3). Assim, para o MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub> e SO<sub>2</sub> são consideradas as médias de 24 horas; para o NO<sub>2</sub>, a máxima de 1 hora do dia; e o O<sub>3</sub> é representado pelo maior valor horário (padrão nacional) do dia e também pela máxima média de 8 horas (padrão estadual) do dia.

Os resultados apresentados são cotejados com os padrões de qualidade, conforme a legislação vigente em cada ano de monitoramento, sendo que a comparação com os novos padrões estaduais foi realizada para os anos de 2013 e 2014.

Pode-se observar, nas tabelas a seguir, que os poluentes que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar foram as partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) e o ozônio (O<sub>3</sub>).

**Tabela 7 – Partículas Inaláveis - MP<sub>10</sub> - 2011 e 2012**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011						2012					
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h		Nº de Ultrap. PQAr Nac.	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h		Nº de Ultrap. PQAr Nac.
				1ª µg/m <sup>3</sup>	2ª µg/m <sup>3</sup>					1ª µg/m <sup>3</sup>	2ª µg/m <sup>3</sup>	
Santos <sup>1</sup>	N	201	40	100	91	0	S	355	32	91	88	0
Santos - Ponta da Praia - EM <sup>2</sup>	N	40	38	93	82	0	S	364	44	204	169	5

PQAr Nacional de Curto Prazo = 150 µg/m<sup>3</sup> -24h; PQAr Nacional de Longo Prazo = 50 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação - 07/06/2011

2. Início de operação - 18/11/2011

**Tabela 8 – Partículas Inaláveis - MP<sub>10</sub> - 2013 e 2014**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2013									2014								
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h				Nº de Ultrapassagens		Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h				Nº de Ultrapassagens	
				1ª µg/m <sup>3</sup>	2ª µg/m <sup>3</sup>	3ª µg/m <sup>3</sup>	4ª µg/m <sup>3</sup>	PQAr Est.	PQAr Nac.				1ª µg/m <sup>3</sup>	2ª µg/m <sup>3</sup>	3ª µg/m <sup>3</sup>	4ª µg/m <sup>3</sup>	PQAr Est.	PQAr Nac.
Santos	S	363	29	100	82	80	79	0	0	S	361	29	83	71	69	67	0	0
Santos - Ponta da Praia - EM	S	365	48	202	186	174	172	14	8	S	363	49	204	172	166	141	10	3

PQAr Nacional de Curto Prazo = 150 µg/m<sup>3</sup> -24h; PQAr Nacional de Longo Prazo = 50 µg/m<sup>3</sup>

PQAr Estadual de Curto Prazo = 120 µg/m<sup>3</sup> -24h; PQAr Estadual de Longo Prazo = 40 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

**Tabela 9 – Partículas Inaláveis Finas - MP<sub>2,5</sub> - 2011 e 2012**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011					2012				
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h		Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h	
				1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>				1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>
Santos Ponta da Praia - EM <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	S	298	16	51	42

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação – 01/01/2012

**Tabela 10 – Partículas Inaláveis Finas - MP<sub>2,5</sub> - 2013 e 2014**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2013								2014							
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h				Nº de Ultrap. PQAr Est.	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h				Nº de Ultrap. PQAr Est.
				1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	3 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	4 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>					1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	3 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	4 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	
Santos Ponta da Praia - EM	S	365	19	57	56	54	51	0	S	358	18	48	45	45	45	0

PQAr Estadual de Curto Prazo = 60 µg/m<sup>3</sup>- 24h; PQAr Estadual de Longo Prazo = 20 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

**Tabela 11 – Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub> - 2011 e 2012**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011						2012					
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h		Nº de Ultrap. PQAr Nac.	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h		Nº de Ultrap. PQAr Nac.
				1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>					1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	
Santos Ponta da Praia - EM <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	S	364	13	41	40	0

PQAr Nacional de Curto Prazo = 365 µg/m<sup>3</sup>-24h; PQAr Nacional de Longo Prazo = 80 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação – 01/01/2012

**Tabela 12 – Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub> - 2013 e 2014**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2013								2014									
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h				Nº de Ultrapassagens		Repres.	N	Média Aritm. µg/m <sup>3</sup>	Máximas 24h				Nº de Ultrapassagens	
				1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	3 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	4 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	PQAr Est.	PQAr Nac.				1 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	2 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	3 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	4 <sup>a</sup> µg/m <sup>3</sup>	PQAr Est.	PQAr Nac.
Santos Ponta da Praia - EM	S	357	10	37	37	32	32	0	0	S	342	12	31	31	31	31	0	0

PQAr Nacional de Curto Prazo = 365 µg/m<sup>3</sup>-24h; PQAr Nacional de Longo Prazo = 80 µg/m<sup>3</sup>

PQAr Estadual de Curto Prazo = 60 µg/m<sup>3</sup>-24h; PQAr Estadual de Longo Prazo = 40 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

Tabela 13 – Ozônio - O<sub>3</sub> - 2011 e 2012

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011					2012				
	Repres.	N	Máximas 1h		Nº de Ultrap.	Repres.	N	Máximas 1h		Nº de Ultrap.
			1ª µg/m³	2ª µg/m³	PQAr Nac. (1h)			1ª µg/m³	2ª µg/m³	PQAr Nac. (1h)
Santos <sup>1</sup>	N	201	189	173	4	S	324	181	167	2
Santos Ponta da Praia - EM <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	S	363	153	151	0

PQAr Nacional (1h) = 160 µg/m<sup>3</sup>-1h;

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação – 07/06/2011

2. Início de operação – 01/01/2012

Tabela 14 – Ozônio - O<sub>3</sub> - 2013 e 2014

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2013										2014											
	Repres.	N	Padrão Estadual (8h)				Nº de Ultrap.	Padrão Nacional (1h)			Repres.	N	Padrão Estadual (8h)				Nº de Ultrap.	Padrão Nacional (1h)				
			Máximas 8 h					Máximas 1h		Máximas 8 h			Máximas 1h									
1ª µg/m³	2ª µg/m³	3ª µg/m³	4ª µg/m³	PQAr Est.	1ª µg/m³	2ª µg/m³	PQAr Nac.	1ª µg/m³	2ª µg/m³	3ª µg/m³	4ª µg/m³	PQAr Est.	1ª µg/m³	2ª µg/m³	3ª µg/m³	4ª µg/m³	PQAr Est.	1ª µg/m³	2ª µg/m³	3ª µg/m³	4ª µg/m³	PQAr Nac.
Santos	S	356	117	117	115	114	0	200	179	2	N	265	128	115	110	108	0	176	153	1		
Santos Ponta da Praia - EM	N	238	117	112	104	97	0	183	147	1	S	346	115	107	93	93	0	148	137	0		

PQAr Nacional (1h) = 160 µg/m<sup>3</sup>-1h;

PQAr Estadual (8h) = 140 µg/m<sup>3</sup>-8h;

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

Tabela 15 – Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub> - 2011 e 2012

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011						2012					
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m³	Máximas 1h		Nº de Ultrap.	Repres.	N	Média Aritm. µg/m³	Máximas 1h		Nº de Ultrap.
				1ª µg/m³	2ª µg/m³					PQAr Nac.	1ª µg/m³	
Santos <sup>1</sup>	N	173	35	157	153	0	S	349	37	128	122	0
Santos Ponta da Praia - EM <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	S	352	31	129	128	0

PQAr Nacional de Curto Prazo = 320 µg/m<sup>3</sup>-1h; PQAr Nacional de Longo Prazo = 100 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação – 07/06/2011

2. Início de operação – 01/01/2012

Tabela 16 – Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub> - 2013 e 2014

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2013										2014							
	Repres.	N	Média Aritm. µg/m³	Máximas 1h				Nº de Ultrapassagens		Repres.	N	Média Aritm. µg/m³	Máximas 1h				Nº de Ultrapassagens	
				1ª µg/m³	2ª µg/m³	3ª µg/m³	4ª µg/m³	PQAr Est.	PQAr Nac.				1ª µg/m³	2ª µg/m³	3ª µg/m³	4ª µg/m³	PQAr Est.	PQAr Nac.
Santos	S	334	29	125	120	117	105	0	0	S	343	29	138	137	112	111	0	0
Santos Ponta da Praia - EM	N	257	28	150	147	140	134	0	0	S	343	28	111	107	103	103	0	0

PQAr Nacional de Curto Prazo = 320 µg/m<sup>3</sup>-1h; PQAr Nacional de Longo Prazo = 100 µg/m<sup>3</sup>

PQAr Estadual de Curto Prazo = 260 µg/m<sup>3</sup>-1h; PQAr Estadual de Longo Prazo = 60 µg/m<sup>3</sup>

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

**Tabela 17 – Monóxido de Nitrogênio – NO - 2011 a 2014**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011				2012				2013				2014				
	Repres.	N	Máximas 1h		Repres.	N	Máximas 1h		Repres.	N	Máximas 1h		Repres.	N	Máximas 1h		
			Média Aritm. µg/m³	1ª µg/m³			2ª µg/m³	Média Aritm. µg/m³			1ª µg/m³	2ª µg/m³			Média Aritm. µg/m³	1ª µg/m³	2ª µg/m³
Santos <sup>1</sup>	N	173	29	367	278	S	349	28	321	315	S	334	28	348	321	318	290
Santos Ponta da Praia - EM <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	S	352	28	499	372	N	257	31	644	594	546	508
						S	343	22	265	226	207	203					

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação – 07/06/2011

2. Início de operação – 01/01/2012

**Tabela 18 – Óxidos de Nitrogênio - NO<sub>x</sub> – 2011 a 2014**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	2011				2012				2013				2014				
	Repres.	N	Máximas horárias		Repres.	N	Máximas horárias		Repres.	N	Máximas horárias		Repres.	N	Máximas horárias		
			Média Aritm. ppb	1ª ppb			2ª ppb	Média Aritm. ppb			1ª ppb	2ª ppb			Média Aritm. ppb	1ª ppb	2ª ppb
Santos <sup>1</sup>	N	173	42	340	270	S	349	42	311	298	S	334	38	318	306	287	280
Santos Ponta da Praia <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	S	352	39	466	364	N	257	40	572	514	473	460
						S	343	34	255	235	195	191					

Repres.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

N: Número de dias válidos

EM: Estação Móvel

1. Início de operação – 07/06/2011

2. Início de operação – 01/01/2012

A partir dos valores diários e dos índices de qualidade do ar (tabela 4), que tem por base os novos padrões de qualidade do ar do Estado de São Paulo, foram elaboradas as tabelas a seguir que mostram as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações, em 2013 e 2014, para os poluentes regulamentados.

**Tabela 19 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos - 2013**

Poluente	Total dias	Repr.	BOA		MODERADA		RUIM		MUITO RUIM		PÉSSIMA	
			dias	%	dias	%	dias	%	dias	%	dias	%
MP <sub>10</sub>	363	S	338	93,1	25	6,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0
NO <sub>2</sub>	340	S	340	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
O <sub>3</sub>	364	S	357	98,1	7	1,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Repr.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

Obs.: Total de dias de monitoramento.

**Tabela 20 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos - 2014**

Poluente	Total dias	Repr.	BOA		MODERADA		RUIM		MUITO RUIM		PÉSSIMA	
			dias	%	dias	%	dias	%	dias	%	dias	%
MP <sub>10</sub>	361	S	338	93,6	23	6,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
NO <sub>2</sub>	356	S	356	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
O <sub>3</sub>	278	N	273	98,2	5	1,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Repr.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

Obs.: Total de dias de monitoramento.



Gráfico 01 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos - 2013 e 2014

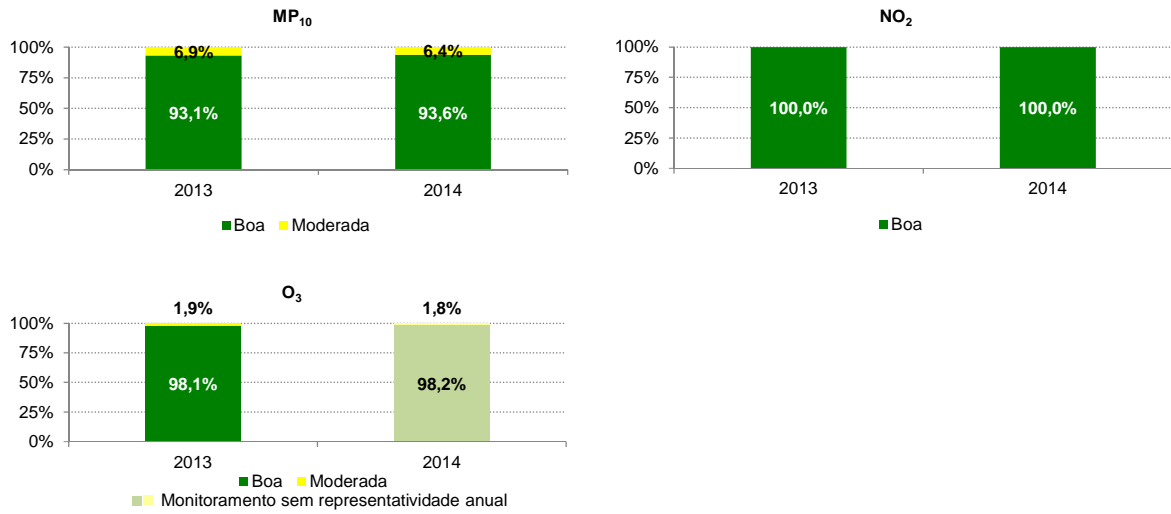


Tabela 21 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos–Ponta da Praia-EM - 2013

Poluente	Total dias	Repr.	BOA		MODERADA		RUIM		MUITO RUIM		PÉSSIMA	
			dias	%	dias	%	dias	%	dias	%	dias	%
MP <sub>10</sub>	365	S	239	65,5	101	27,7	17	4,7	8	2,2	0	0,0
MP <sub>2,5</sub>	365	S	278	76,2	83	22,7	4	1,1	0	0,0	0	0,0
NO <sub>2</sub>	259	N	259	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SO <sub>2</sub>	357	S	318	89,1	39	10,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0
O <sub>3</sub>	246	N	243	98,8	3	1,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Repr.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

Obs.: Total de dias de monitoramento.

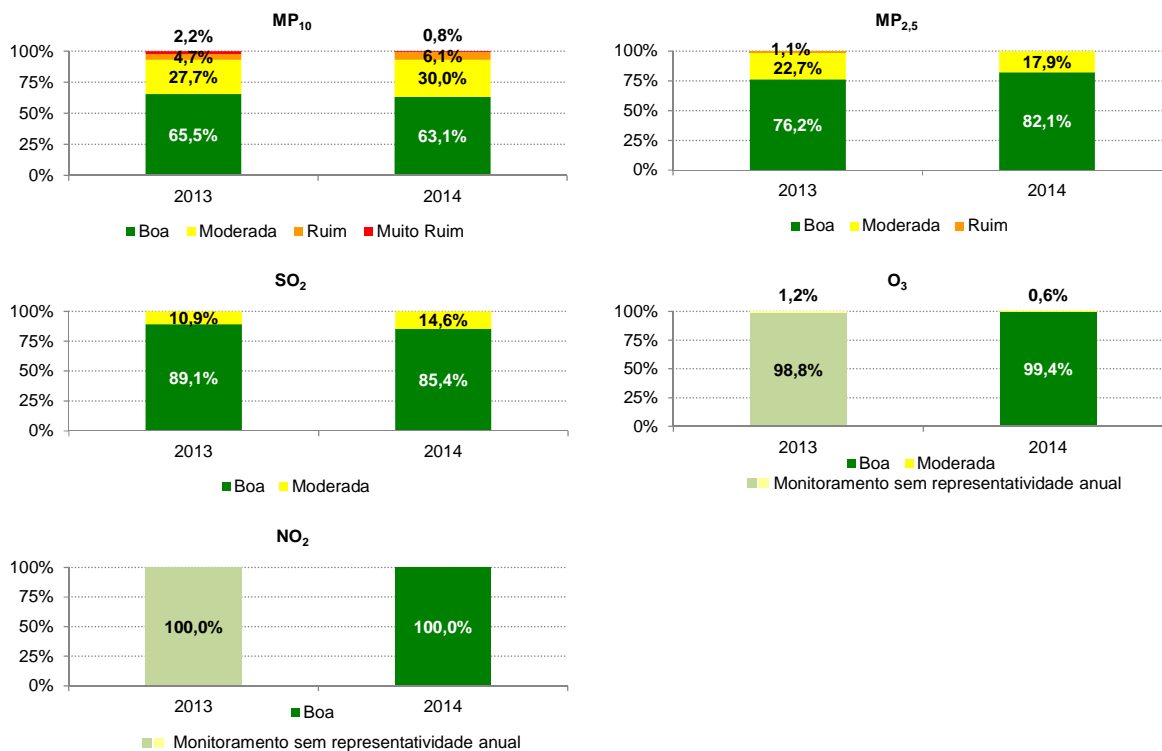
Tabela 22 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos–Ponta da Praia-EM - 2014

Poluente	Total dias	Repr.	BOA		MODERADA		RUIM		MUITO RUIM		PÉSSIMA	
			dias	%	dias	%	dias	%	dias	%	dias	%
MP <sub>10</sub>	363	S	229	63,1	109	30,0	22	6,1	3	0,8	0	0,0
MP <sub>2,5</sub>	358	S	294	82,1	64	17,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0
NO <sub>2</sub>	351	S	351	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SO <sub>2</sub>	342	S	292	85,4	50	14,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
O <sub>3</sub>	353	S	351	99,4	2	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Repr.: atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

Obs.: Total de dias de monitoramento.

Gráfico 02 – Distribuição percentual da qualidade do ar - Santos–Ponta da Praia-EM - 2013 e 2014



A seguir são efetuadas as análises do comportamento do material particulado de cada estação de monitoramento, tendo em vista que a estação Santos–Ponta da Praia – EM registrou altas concentrações de MP<sub>10</sub>, com episódios de ultrapassagem do padrão de qualidade do ar.

### 5.3 Avaliação do Comportamento do Material Particulado

As características do material particulado em suspensão na atmosfera variam muito em função de sua composição química e física, das fontes de emissão e do tamanho da partícula.

Partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 µm, denominadas partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>), são de grande importância, já que são suficientemente pequenas para penetrar no trato respiratório.

As partículas são frequentemente classificadas como primárias, aquelas emitidas diretamente para a atmosfera, ou secundárias, aquelas formadas ou modificadas na atmosfera a partir da transformação de gases e vapores em particulados.

A distribuição do tamanho das partículas é ditada pelo processo que gera o aerossol, sendo que as partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) se concentram em 2 faixas de tamanho, comumente designadas partículas inaláveis finas (<2,5µm) e partículas inaláveis grossas (2,5 µm a 10 µm). As partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>) são, geralmente, emitidas por atividades, tais como combustão industrial, exaustão de veículos automotores, queima de

biomassa, etc. Elas também se formam na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos voláteis, que são emitidos em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar. As partículas inaláveis grossas (MP<sub>2,5-10</sub>) na atmosfera são, sobretudo, o resultado de processos mecânicos, como operações de moagem e ressuspensão de poeira. De maneira geral, materiais de origem geológica tendem a dominar essa faixa de tamanho.

As condições meteorológicas, durante o “inverno” (maio a setembro), são mais desfavoráveis para a dispersão dos poluentes em função da diminuição das chuvas, de ventos fracos e períodos de calma, de ocorrência de inversões térmicas em baixa altitude, etc., sendo que neste período são geralmente observadas as maiores concentrações de material particulado. As condições meteorológicas de dispersão dos poluentes em Santos durante os “invernos” de 2012, 2013 e 2014 de maneira geral foram semelhantes.

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

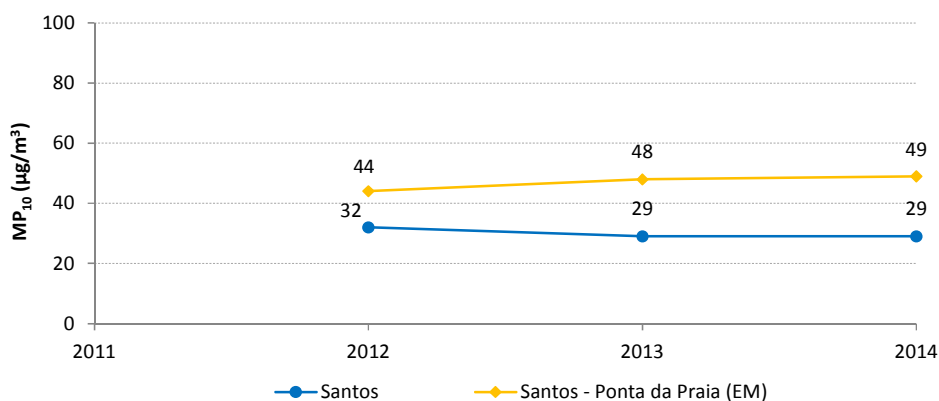
O padrão anual estadual (40 µg/m<sup>3</sup>) foi ultrapassado na estação Santos-Ponta da Praia (EM) em 2013 e 2014, conforme pode ser observado na tabela 8 e no gráfico 3. Em 2013, o PQAr estadual diário (120 µg/m<sup>3</sup>) foi excedido em 14 dias e, em 2014, foi excedido em 10 dias. Foram observadas cinco ultrapassagens de PQAr nacional diário (150 µg/m<sup>3</sup>) em 2012, oito ultrapassagens em 2013 e três ultrapassagens em 2014. Os padrões para este poluente não foram violados na estação Santos.

Quanto à distribuição percentual da qualidade do ar, pode-se verificar nos gráficos 1 e 2 qualidade do ar BOA na estação Santos por este poluente praticamente em todos os dias (93%), enquanto que na Ponta da Praia a qualidade BOA foi registrada em cerca de 2/3 dos dias, sendo que no restante dos dias variou de MODERADA a MUITO RUIM.

#### 5.3.1.1 Avaliação do comportamento do MP<sub>10</sub>

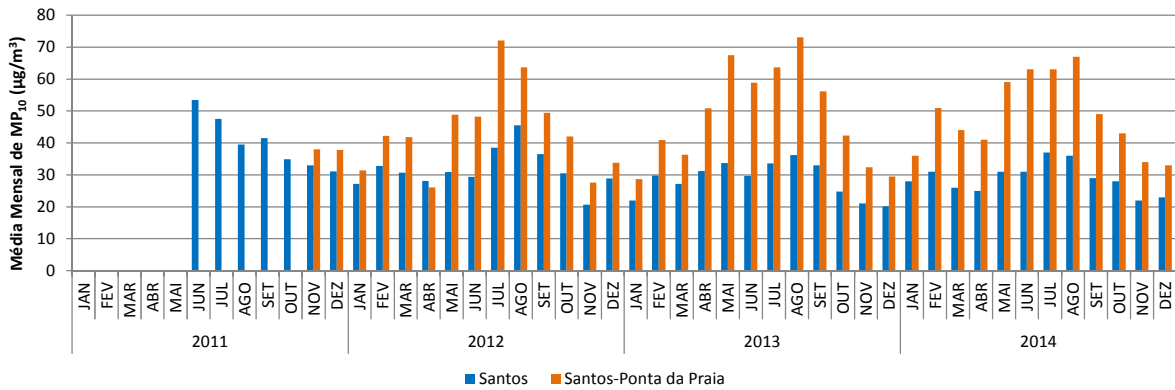
O gráfico 3 mostra a evolução das concentrações médias anuais nas duas estações, onde se observa que nos três anos de monitoramento não houve uma variação significativa dos níveis médios de partículas inaláveis.

Gráfico 03 – MP<sub>10</sub> - Evolução das concentrações médias anuais

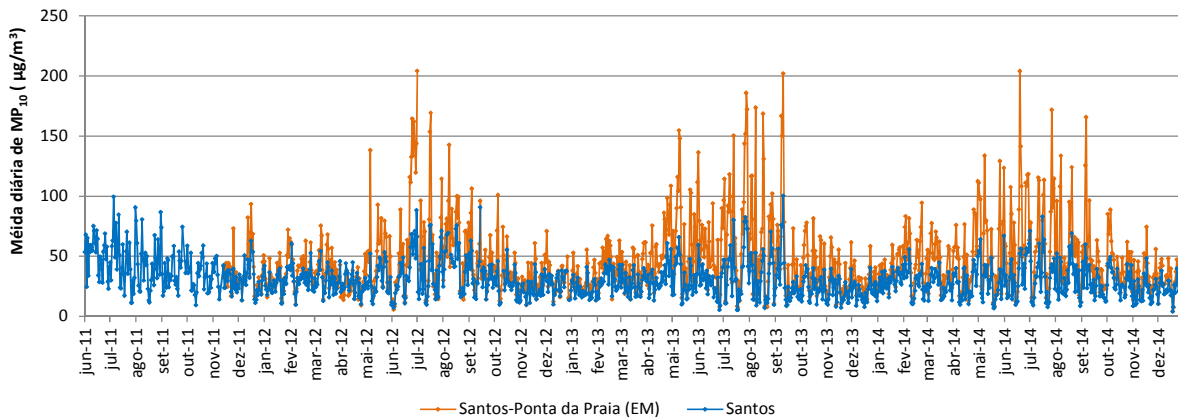


O gráfico 4 mostra o perfil das médias mensais das concentrações das partículas inaláveis e o gráfico 5 o perfil das concentrações médias diárias. Observa-se que, de maneira geral, a maior parte das concentrações mais elevadas, incluindo os dias de ultrapassagem dos padrões, ocorreu no período de “inverno” (maio a setembro).

**Gráfico 04 – MP<sub>10</sub> - Perfil das médias mensais**



**Gráfico 05 – MP<sub>10</sub> - Perfil das concentrações médias diárias**



Observa-se também, nos gráficos 3, 4 e 5, que as concentrações de MP<sub>10</sub> registradas na estação de Santos-Ponta da Praia, principalmente no período do “inverno”, são maiores do que na estação de Santos, o que indica a presença de fontes de emissão específicas na Ponta da Praia.

No período de outubro a março, quando é observada maior pluviosidade e maior ventilação, as concentrações nos dois locais são mais próximas.

Genericamente, as principais fontes de emissão das partículas inaláveis são: processos de combustão (associados principalmente aos veículos e às indústrias), poeira ressuspensa da rua e formação de aerossol secundário.

Partículas de sal marinho, o chamado aerossol marinho, são observadas no mundo e também já identificadas na Região Metropolitana de São Paulo. São provenientes das gotículas que se formam na arrebenção do mar que ao se secarem na atmosfera compõem a massa de material particulado da região. São constituídas

principalmente do sal marinho ou cloreto de sódio. Dada a proximidade do mar, é de se aceitar que o aerossol marinho contribua para o material particulado em Santos.

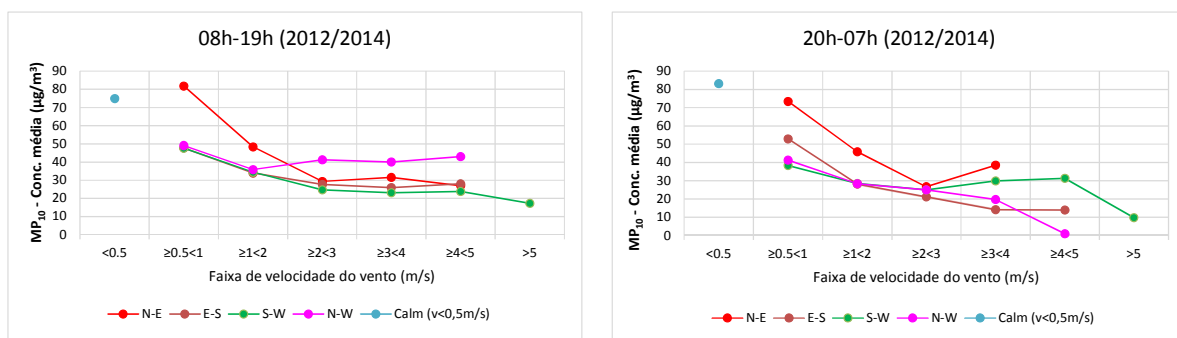
Estudos em 89 locais da Europa verificaram concentrações médias de sal marinho, em terra, variando entre 0,3 e 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Segundo estudos realizados na Holanda, a concentração média anual de sal marinho no  $\text{MP}_{10}$ , variou de 2,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e a concentração máxima diária de sal marinho foi de 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Entretanto, nos dias em que as concentrações de  $\text{MP}_{10}$  estiveram acima de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a contribuição de sal marinho foi menor do que 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A maior contribuição deste tipo de aerossol para o  $\text{MP}_{10}$  ocorre na faixa de tamanho das partículas inaláveis grossas, embora possa haver também contribuição para a faixa de tamanho das partículas inaláveis finas.

Como o aerossol marinho é produzido na superfície do oceano pelo rompimento de bolhas de ar formadas a partir do arrastamento de ar induzido pela força do vento, sua concentração tende a ser maior sob condições de vento forte, quando as condições de dispersão são melhores e as concentrações de  $\text{MP}_{10}$  são geralmente mais baixas, do que em condições de vento mais fraco.

Pelos dados de literatura e considerando-se que, na estação Santos-Ponta da Praia, a maior parte das altas concentrações de material particulado é encontrada quando os ventos são fracos e provenientes de um quadrante específico (direções NE e NNE), conforme descrito no item 5.3.1.2 e mostrado no gráfico 6, a contribuição do aerossol marinho não deve ser significativa em dias de episódios de alta concentração de  $\text{MP}_{10}$ .

**Gráfico 06 –  $\text{MP}_{10}$  – Concentração média nos períodos das 8h às 19h e das 20h às 7h, em função da velocidade e quadrante dos ventos (2012 a 2014) - Santos-Ponta da Praia-EM**



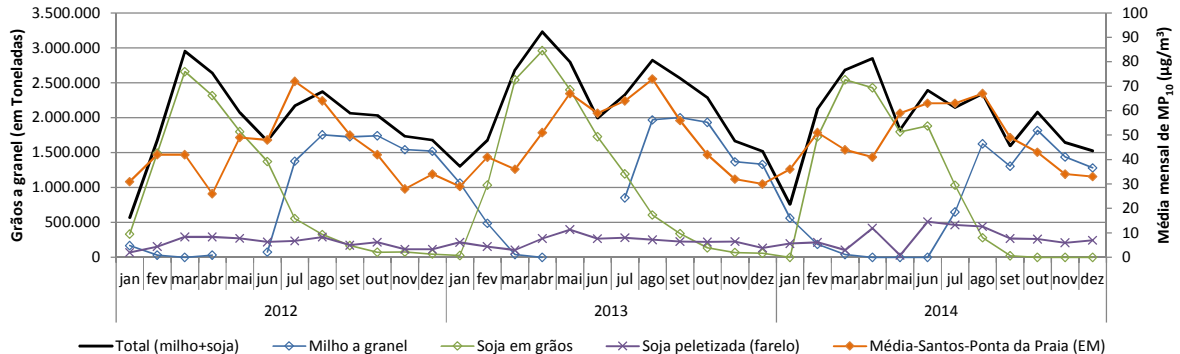
No caso da região da Ponta da Praia em estudo, deve-se acrescentar também as emissões decorrentes da atividade portuária que incluem principalmente a manipulação e transferência de grãos, a circulação de caminhões nas proximidades do Porto – que além de emitir material particulado pela queima do diesel, podem provocar a fragmentação mecânica de grãos que caem nas vias, sendo este material ressuspenso para atmosfera pela ação dos ventos ou pela própria movimentação dos veículos –, além das atividades típicas do Porto.

Neste sentido, o gráfico 7 mostra o perfil mensal das concentrações médias do material particulado inalável e da movimentação de milho e soja, em grãos e peletizada (farelo), obtidas no relatório “Análise do movimento físico

do Porto de Santos” da Companhia Docas do Estado de São Paulo - CODESP, que são os principais produtos movimentados nos armazéns do Porto próximos à estação. Estas informações da CODESP se referem a todo o Porto e não especificamente ao setor da Ponta da Praia, importante setor de movimentação de milho e soja, responsável por cerca de um terço deste movimento. Na margem esquerda do Porto, há movimentação significativa de milho, soja e açúcar, cujos dados à exceção do açúcar estão considerados no gráfico 7, porém a contribuição destas emissões no monitoramento realizado se dá em grau menor, uma vez que estão mais distantes do local onde está situada a estação.

Ainda no gráfico 7, observa-se que a maior movimentação de milho se dá entre os meses de julho a dezembro, enquanto que a soja tem sua maior movimentação entre os meses de fevereiro até julho. Dessa forma, verifica-se que a movimentação desses dois produtos ocorre ao longo de todo o ano, sendo que durante os meses de maio a setembro (“inverno”), nos quais se concentra o maior número de dias de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes, a atividade de exportação é intensa e são verificadas as maiores concentrações de material particulado na estação Santos-Ponta da Praia. Observa-se também que o período do “inverno” de 2014 teve uma movimentação de milho e soja semelhante ao “inverno” de 2012, e em 2013 a movimentação de milho e soja sofreu um acréscimo neste período, conforme apresentado na tabela 23.

**Gráfico 07 – Perfil mensal de MP<sub>10</sub> e movimentação mensal de milho e soja**



Fonte: CODESP

**Tabela 23 – Movimentação de milho e soja (maio a setembro)**

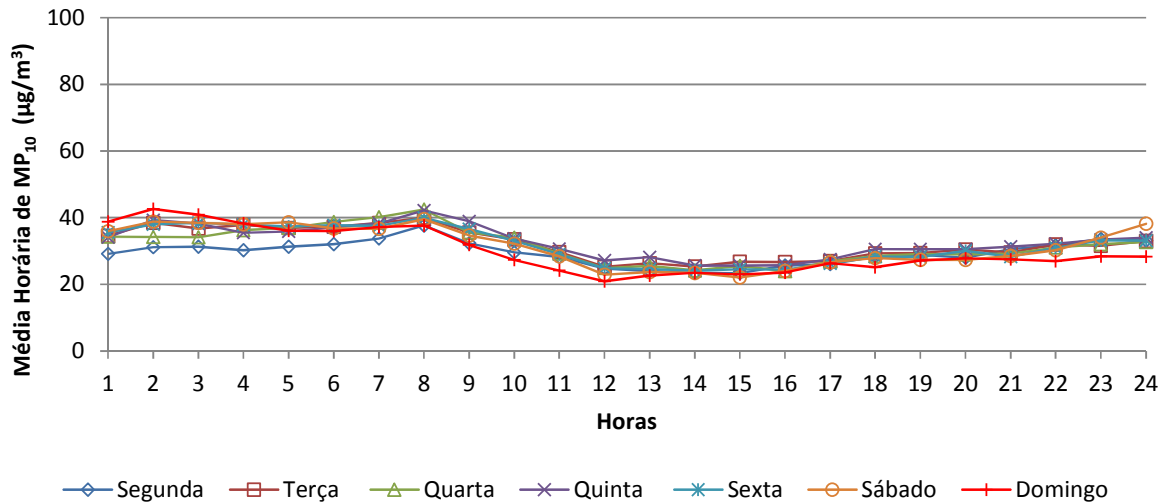
Movimentação de milho e soja (ton) (maio a setembro)	Participação* (em %)
10.341.312	44
12.507.916	47
10.304.336	43

\* participação da movimentação do período de maio a setembro em relação à movimentação anual de milho e soja  
Fonte: CODESP

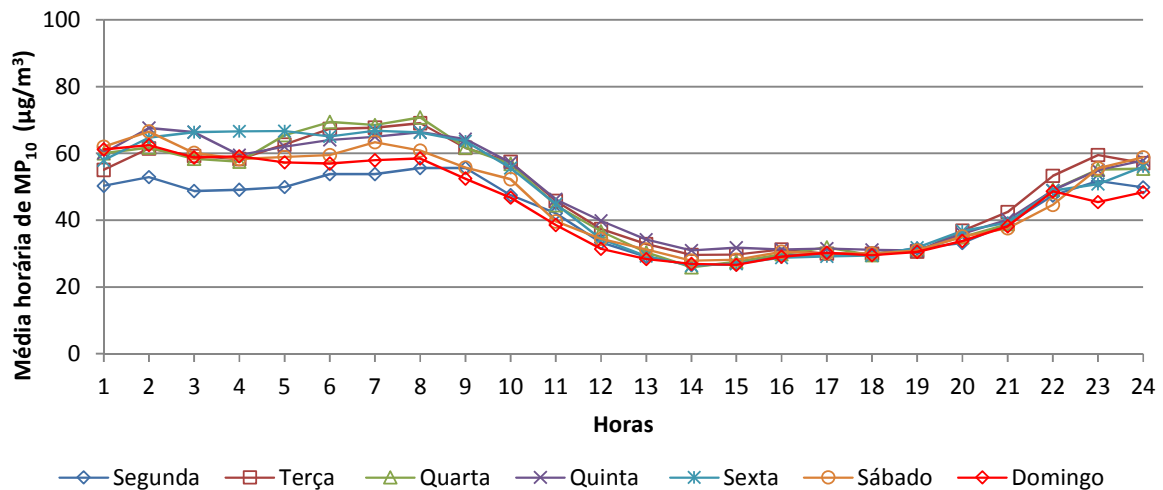
Os gráficos 8 e 9 apresentam, considerando os dados de 2012 a 2014, os perfis médios horários de concentrações das partículas inaláveis por dia da semana, que são influenciadas tanto pelas variações das emissões, quanto pelas condições meteorológicas. Verifica-se uma semelhança no comportamento destes perfis, ou seja, entre o final da noite e início da manhã as concentrações são mais altas e durante o dia, devido ao aquecimento, há

maior convecção e ventos mais fortes e as concentrações são mais baixas. Observa-se também que as concentrações são mais elevadas na estação da Ponta da Praia, onde as variações no perfil horário são de maior magnitude. As duas estações apresentam menores médias horárias no período da madrugada e início da manhã de segunda-feira.

**Gráfico 08 – MP<sub>10</sub> - Perfil médio horário por dia da semana - Santos**



**Gráfico 09 – MP<sub>10</sub> - Perfil médio horário por dia da semana - Santos-Ponta da Praia-EM**



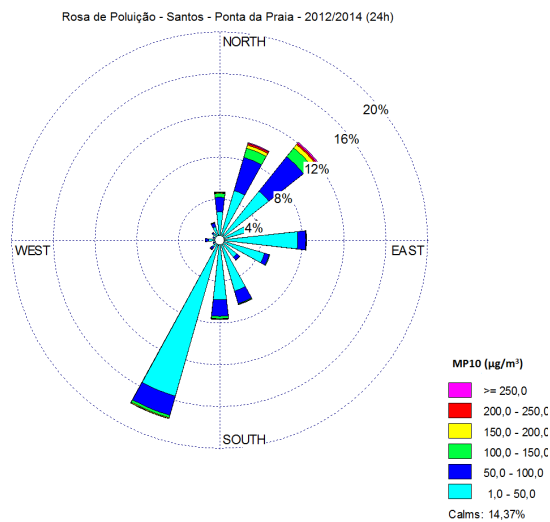
**5.3.1.2 Rosas de poluição de partículas inaláveis - MP<sub>10</sub> na estação Santos-Ponta da Praia-EM**

Tendo em vista que as maiores concentrações das partículas inaláveis, incluindo ultrapassagens dos padrões nacional e estadual para este poluente, ocorrem na estação Santos-Ponta da Praia-EM, foram elaboradas rosas de poluição, que são utilizadas para verificar as contribuições dos ventos para as concentrações de poluentes. As rosas de poluição, apresentadas na sequência, foram elaboradas utilizando-se dados de concentração de



partículas inaláveis -  $MP_{10}$  e de direção do vento agrupados hora a hora, da estação Santos-Ponta da Praia-EM. Na figura 10 é mostrada a rosa de poluição de  $MP_{10}$  durante as 24 horas do dia, durante o período de 01/01/12 a 31/12/14. Pode-se observar que as maiores concentrações horárias (maiores que  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) foram provenientes, em sua grande maioria, das direções nordeste (NE) e norte-nordeste (NNE), ou seja, quando ventava do Porto em direção à estação. Observa-se também um percentual de 14% de ventos variáveis e/ou calmos em todo o período. Durante o período de calmaria, quando a velocidade do vento é menor do que  $0,5 \text{ m/s}$ , foram observadas concentrações horárias acima de  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em 7% do tempo e de  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em 1% do tempo. Os maiores valores de concentração horária foram observados nos dias 06/07/2012 ( $976 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , às 3h), 03/08/2013 ( $581 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , às 2h) e 11/09/14 ( $550 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , às 2h), ou seja, na madrugada, quando a atmosfera está mais estável e, também, a frequência de ocorrência de períodos de calmaria e ventos fracos é maior. Outra observação importante é que esses picos ocorreram em meses de “inverno”.

**Figura 10 – Rosa de poluição de  $MP_{10}$  de Santos-Ponta da Praia-EM - 2012/2014 - 24h**



**Figura 11 – Rosa de poluição de  $MP_{10}$  de Santos-Ponta da Praia-EM - 24h (sobreposição imagem Google)**

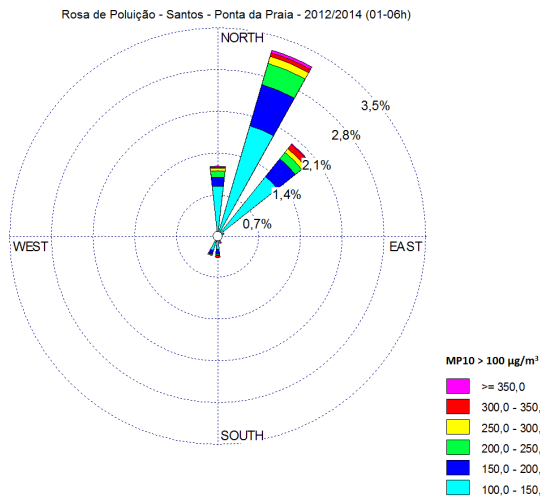




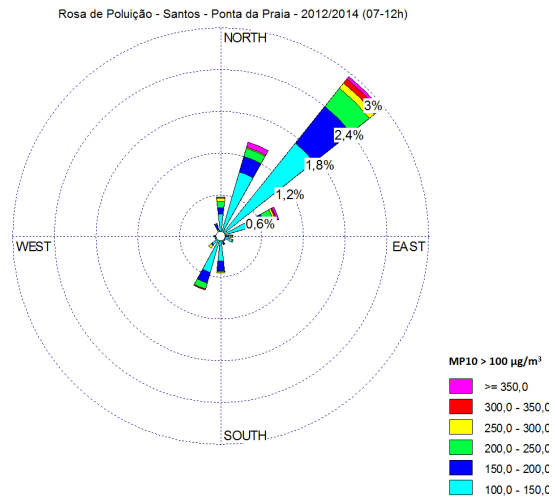
Na figura a seguir são apresentadas as rosas de poluição de MP<sub>10</sub> por período: **a) 1-6h, b) 7-12h, c) 13-18h e d) 19-24h**, considerando as concentrações maiores do que 100 µg/m<sup>3</sup>. Pode-se afirmar que as maiores concentrações, que ocorreram entre o final da noite e o início da manhã, foram provenientes das direções NE e NNE, ou seja, quando ventava do Porto em direção à estação. As concentrações horárias maiores que 300 µg/m<sup>3</sup> ocorreram de madrugada e início da manhã, durante períodos de calmaria ou com ventos provenientes da direção NNE.

**Figura 12 – Rosa de poluição de MP<sub>10</sub> de Santos-Ponta da Praia-EM (>100 µg/m<sup>3</sup>), por período**

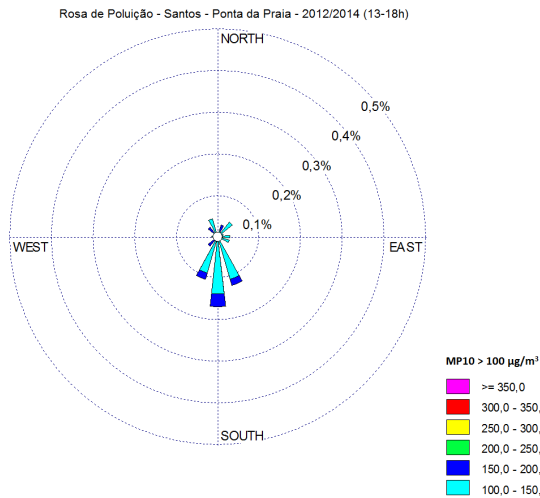
**a) Rosa de poluição (1-6h)**



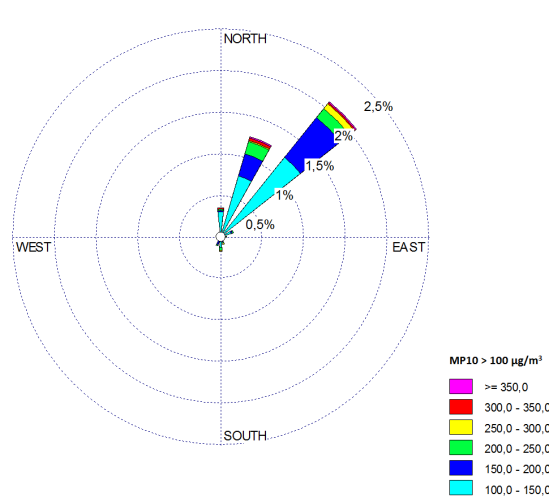
**b) Rosa de poluição (7-12h)**



**c) Rosa de poluição (13-18h)**



**d) Rosa de poluição (19-24h)**



5.3.1.4 Episódios de partículas inaláveis -  $MP_{10}$  em Santos-Ponta da Praia – EM

A tabela 24 apresenta as concentrações diárias de partículas inaláveis medidas nos dias em que os valores diários de  $MP_{10}$  em Santos-Ponta da Praia foram maiores que  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bem como as respectivas concentrações diárias de  $MP_{2,5}$  em Santos-Ponta da Praia e de  $MP_{10}$  em Santos.

 Tabela 24 – Concentrações diárias nos dias de episódios de  $MP_{10}$  em Santos-Ponta da Praia

DATA	Santos - Ponta da Praia		Santos
	$MP_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$MP_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$MP_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
11/05/2012	138	32	52
29/06/2012	133	35	68
30/06/2012	164	51	68
01/07/2012	134	42	52
02/07/2012	162	--	62
03/07/2012	144	--	71
05/07/2012	144	--	88
06/07/2012	204	--	66
21/07/2012	154	--	75
22/07/2012	169	--	76
13/08/2012	143	--	--
14/05/2013	155	34	66
15/05/2013	148	34	52
06/06/2012	137	41	59
18/07/2013	150	51	80
31/07/2013	144	44	79
01/08/2013	152	56	82
02/08/2013	186	57	79
03/08/2013	172	50	73
13/08/2013	174	41	53
22/08/2013	169	54	56
23/08/2013	131	32	51
13/09/2013	167	48	76
14/09/2013	150	47	75
15/09/2013	202	42	100
13/05/2014	134	28	43
31/05/2014	129	27	39
05/06/2014	123	37	67
24/06/2014	204	45	52
25/06/2014	141	45	56
01/08/2014	172	32	51
12/08/2014	134	34	27
25/08/2014	124	41	11
10/09/2014	126	35	60
11/09/2014	166	32	49

Foram feitas análises dos episódios com duração de um ou mais dias em que houve-ultrapassagem dos padrões nacional e estadual de curto prazo (24 horas). Para definir um episódio é verificada a hora na qual a média móvel de 24 horas ultrapassa o padrão e quantos dias essa média móvel continua ultrapassando o padrão de qualidade. Durante o ano de 2012 ocorreram quatro episódios, nos quais foram observados cinco dias de ultrapassagem do padrão nacional ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); em 2013, foram sete episódios, nos quais ocorreram 14 dias de ultrapassagem do padrão estadual ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); e, em 2014, ocorreram 8 episódios, nos quais foram observados 10 dias de ultrapassagem do padrão estadual, conforme apresentado nas tabelas 7 e 8.

Todos os episódios de altas concentrações de partículas inaláveis, medidos na estação Santos-Ponta da Praia-EM, ocorreram quando os ventos foram provenientes de Norte a Este (N a E) com fraca intensidade, durante o período entre o fim da noite até a manhã do dia seguinte e, também, com ventos classificados como calmaria (velocidades menores do que  $0,5 \text{ m/s}$ ). Dessa forma, é possível inferir que esses episódios estão relacionados a emissões provenientes das atividades portuárias referentes à movimentação de grãos (soja e milho), incluindo a circulação de caminhões, ressuspensão de material particulado, quer por veículos, quer pelos ventos, uma vez que este setor se localiza entre nordeste e este (NE e E) da estação.

Ao se comparar o perfil das concentrações das partículas inaláveis da estação Santos com o perfil da estação Santos-Ponta da Praia-EM, verifica-se, de maneira geral, o mesmo comportamento (vide gráfico 5). Ou seja, quando a concentração aumenta em uma estação também aumenta na outra, estando associadas às condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes. O que difere são os valores de concentração, uma vez que no entorno da estação Santos não existem fontes de emissão significativas, ao contrário da estação Santos-Ponta da Praia - EM que sofre os impactos das emissões do setor do Porto, onde a atividade de movimentação de grãos é intensa e está próximo da estação de monitoramento deste local da cidade.

A seguir serão analisadas as concentrações das partículas inaláveis finas, já que as mesmas fazem parte do  $\text{MP}_{10}$  e são mais agressivas à saúde.

### 5.3.2 Partículas Inaláveis Finas – $\text{MP}_{2,5}$

As partículas inaláveis finas são produzidas principalmente nos processos de combustão a partir de emissão direta, como a queima de combustível nos veículos e, também, a partir de gases precursores emitidos, como o dióxido de enxofre -  $\text{SO}_2$ , os óxidos de nitrogênio -  $\text{NO}_x$  e os compostos orgânicos voláteis – COVs, que reagem na atmosfera. Partículas ressuspensas das vias, ou partículas provenientes de processos mecânicos, não são significativas neste tipo de material.

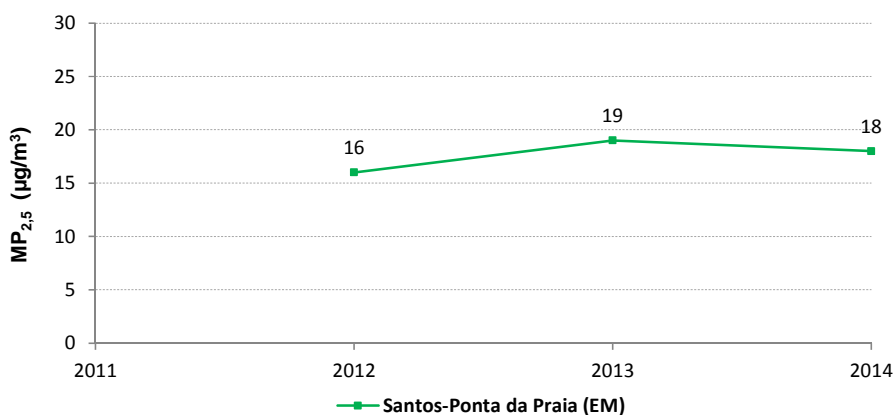
As partículas inaláveis finas ( $\text{MP}_{2,5}$ ) estão contidas nas partículas inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ), sendo a relação média do  $\text{MP}_{2,5}/\text{MP}_{10}$  em Santos – Ponta da Praia de 0,4, o que reflete condições locais diferentes das encontradas na RMSP, cuja relação média  $\text{MP}_{2,5}/\text{MP}_{10}$  é de 0,6, com a fração fina, que é mais nociva à saúde, predominando sobre a fração grossa. Segundo a Organização Mundial de Saúde, a razão de 0,5 é característica de zonas urbanas

de países em desenvolvimento e corresponde ao limite inferior da faixa encontrada em regiões urbanas de países desenvolvidos (0,5-0,8).

5.3.2.1 Avaliação do comportamento do MP<sub>2,5</sub> em Santos-Ponta da Praia (EM)

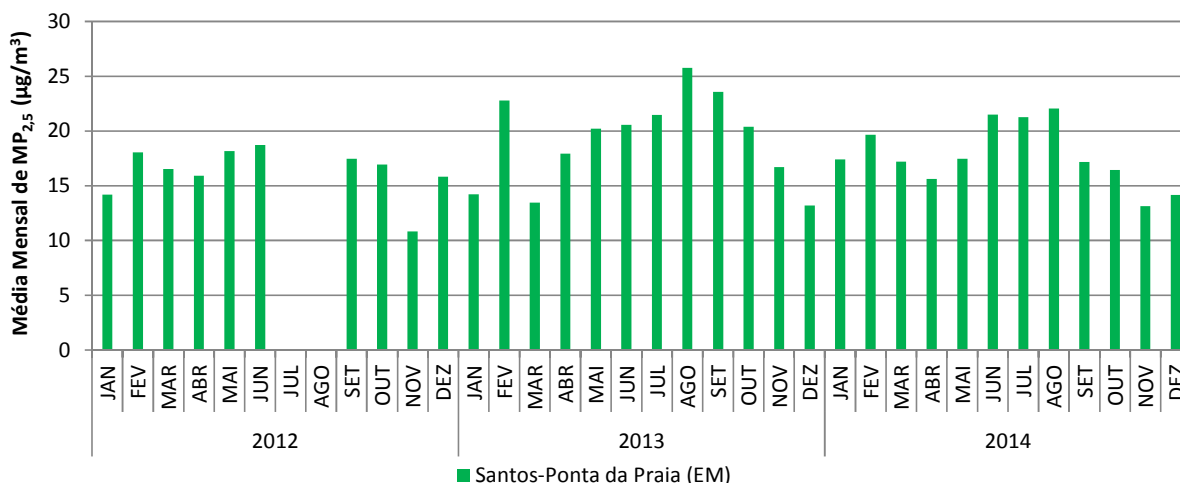
A legislação nacional vigente (tabela 3) não estabelece padrão de qualidade para este poluente, que teve padrão estabelecido pelo Decreto Estadual nº 59113, de 23/04/13 (tabela 2). O gráfico 10 mostra que as médias anuais de 2013 e 2014 estiveram próximas ao PQAr estadual de longo prazo (anual) de 20 µg/m<sup>3</sup>.

Gráfico 10 – MP<sub>2,5</sub> - Evolução das concentrações médias anuais - Santos-Ponta da Praia-EM



O gráfico 11 mostra perfil das médias mensais das concentrações das partículas inaláveis finas. Observa-se um comportamento semelhante ao MP<sub>10</sub>, com aumento das concentrações no período de “inverno”.

Gráfico 11 – Perfil das médias mensais das partículas finas - MP<sub>2,5</sub> - Santos-Ponta da Praia-EM

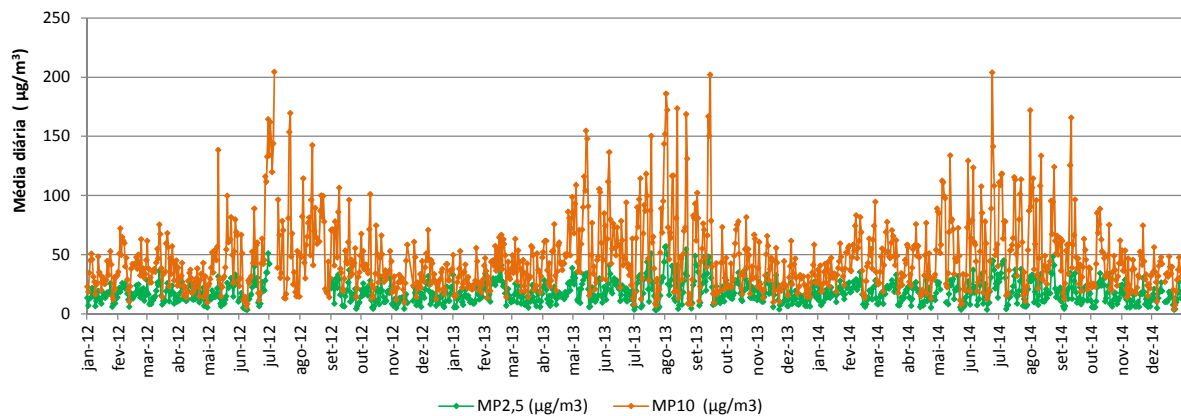


O gráfico 12 mostra o perfil das concentrações médias diárias, onde pode ser observado que os maiores valores diários ocorreram nos meses de “inverno”, com os valores máximos de MP<sub>2,5</sub> registrados no mês de agosto de 2013. O PQAr estadual diário de 60 µg/m<sup>3</sup> não foi ultrapassado, e em 2014, na estação Santos-Ponta da Praia, a

qualidade do ar foi classificada como BOA ou MODERADA para este poluente, não se observando nenhum dia com qualidade RUIM (gráfico 2), ao contrário de 2013, quando quatro dias receberam esta classificação.

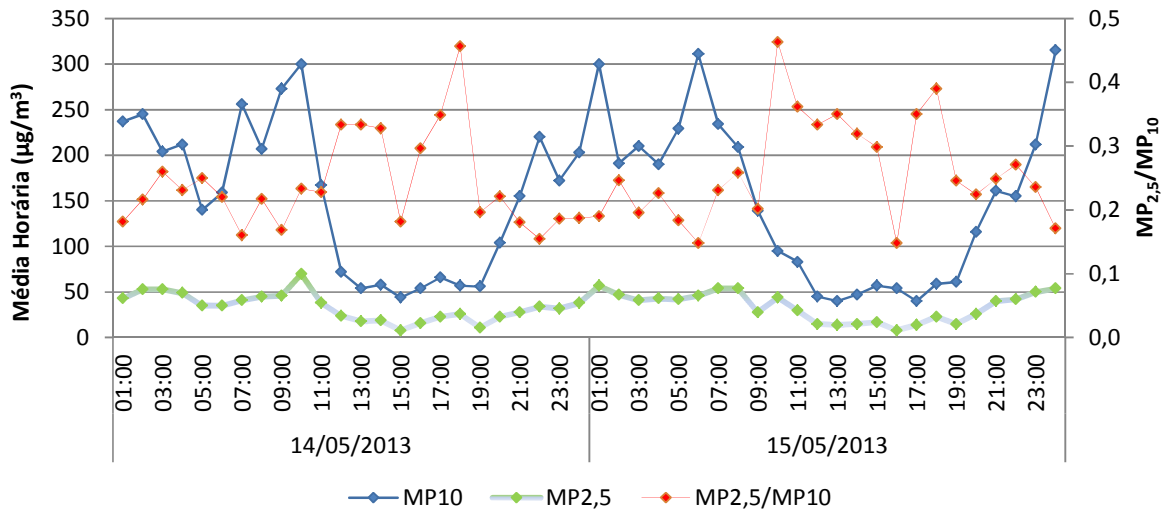
Observa-se também nesse gráfico que o comportamento das concentrações das partículas inaláveis e finas tem um perfil semelhante, ou seja, quando um aumenta o outro tem o mesmo comportamento, uma vez que as partículas finas representam em média 40% das partículas inaláveis. Entretanto, em alguns dias específicos há um maior aumento do MP<sub>10</sub>, que não é acompanhado na mesma proporção pelo MP<sub>2,5</sub>, sendo que nos dias em que a concentração de MP<sub>10</sub> é maior que 120 µg/m<sup>3</sup>, a relação MP<sub>2,5</sub>/MP<sub>10</sub> é sempre menor que 0,4, indicando uma atuação mais significativa de fontes de material particulado de maior tamanho, geralmente associadas a processos mecânicos.

**Gráfico 12 – Perfil das concentrações médias diárias de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> - Santos-Ponta da Praia-EM**



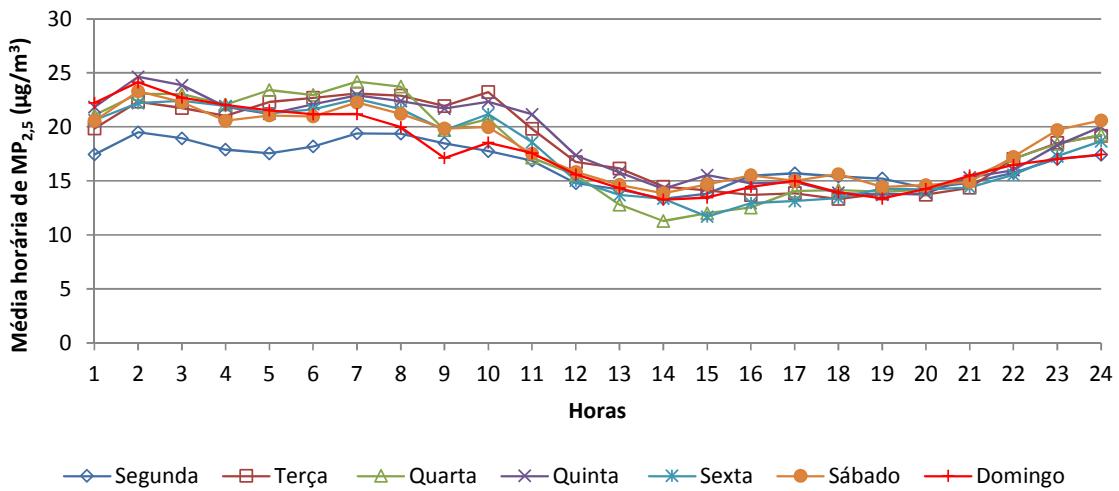
O comportamento descrito acima fica mais evidenciado no gráfico 13, que ilustra o episódio ocorrido entre 14 e 15/05/2013, que mostra as concentrações das partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) e das partículas finas (MP<sub>2,5</sub>) e a razão entre elas (MP<sub>2,5</sub>/MP<sub>10</sub>). Nesse gráfico observa-se que quando ocorrem valores horários de MP<sub>10</sub> superiores a 150 µg/m<sup>3</sup>, a razão MP<sub>2,5</sub>/MP<sub>10</sub> é cerca de 0,2, ou seja, o MP<sub>2,5</sub> representa cerca de 20% do MP<sub>10</sub> e quando os valores das concentrações de MP<sub>10</sub> são inferiores a 100 µg/m<sup>3</sup>, esta razão sobe. Isto indica que o aumento das concentrações de MP<sub>10</sub> está associado a um incremento maior de partículas na faixa de 2,5 a 10 µm, que geralmente são emitidas através de processos mecânicos, como a transferência de grãos, ressuspensão da poeira de rua, etc.

Gráfico 13 – Comportamento do MP<sub>2,5</sub> em relação ao MP<sub>10</sub> em Santos-Ponta da Praia-EM



O gráfico 14 apresenta o perfil médio horário por dia da semana das concentrações de partículas finas, considerando os dados de 2012 a 2014, que de maneira geral guarda semelhança com o gráfico 9 das partículas inaláveis.

Gráfico 14 – MP<sub>2,5</sub> - Perfil médio horário por dia da semana - Santos-Ponta da Praia-EM



## 6 CONCLUSÃO

Os únicos poluentes que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar foram o ozônio e as partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>). Em relação ao primeiro, foram observadas poucas violações do PQAr nacional nas duas estações (Santos e Santos-Ponta da Praia). Já no caso do MP<sub>10</sub>, foram verificadas na estação da Santos-Ponta da Praia, além da ultrapassagem, em 2013 e 2014, do PQAr estadual anual, 14 ultrapassagens do PQAr estadual diário em 2013 e 10 ultrapassagens do PQAr estadual diário em 2014, havendo também violação do PQAr nacional diário. Neste local os valores encontrados de MP<sub>10</sub> são superiores aos observados na estação Santos, situada no Boqueirão.

As análises dos dados das rosas de vento, das rosas de poluição e dos episódios, assim como a comparação com os dados da estação Santos, entre outros, permitem inferir que além da contribuição das fontes de emissão inerentes à cidade e à região, parte significativa das concentrações das partículas inaláveis monitoradas na estação Santos-Ponta da Praia-EM, principalmente nos dias de episódios de altas concentrações, está associada às emissões provenientes das atividades do setor do Porto de Santos localizado nesta região, responsável pela movimentação de grãos sólidos vegetais (grãos de soja e milho e farelo de soja) para exportação.

Dentre as atividades desse setor do Porto que geram a emissão de material particulado para a atmosfera, destaca-se a atividade de manipulação e movimentação de grãos/farelos. Associados à atividade portuária, também podem contribuir os caminhões, que além de emitir material particulado pela queima do diesel, podem provocar a fragmentação mecânica de grãos/farelos que caem nas vias e são ressuspensos para a atmosfera pela ação dos ventos, entre outros.

Embora as atividades portuárias ocorram praticamente o ano todo, é no período de “inverno” (maio a setembro) que as concentrações de material particulado são mais elevadas, uma vez que nesse período ocorrem condições mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes na atmosfera.

## 7 REFERÊNCIAS

AEA. *Measurement of sea salt aerosol in Gibraltar - Quantification of the contribution of sea salt to the total airborne ambient PM<sub>10</sub> mass concentration*. Report for Gibraltar Environmental Agency, n.1, 2012. 22p.

CETESB. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2012*. São Paulo: CETESB, 2013. 123p. *Séries Relatórios*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.

\_\_\_\_\_. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2013*. São Paulo: CETESB, 2014. 110p. *Séries Relatórios*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.

\_\_\_\_\_. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2014*. São Paulo: CETESB, 2015. 134p. *Séries Relatórios*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.



CETESB. *Avaliação da qualidade do ar no município de Santos 2011 a 2013*. São Paulo, 2014. 45p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.

CODESP - Companhia das Docas do Estado de São Paulo. *Análise do movimento físico do Porto de Santos*. Diretoria de Desenvolvimento Comercial-SCM/GCE. Edições de Janeiro/2011 a Dezembro/2014. Santos. <http://www.portodesantos.com.br/estatisticas.php>. Acesso em: 04/12/2013, 03/02/2014 e 19/01/2015.

\_\_\_\_\_. *Mensário Estatístico do Porto de Santos*. Edições de 12/2012, 12/2013 e 12/2014. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/estatisticas.php>.

IBGE. *Estimativa da população residente no Brasil*. Diretoria de Pesquisas-DPE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 27/01/2015.

EEA. *Particulate matter from natural sources and related reporting under the EU Air Quality Directive in 2008 and 2009*. EEA Technical Report, n.10, 2012. 48p.

MANDERS, A.M.M.; SCHAAP, M; JOZWICKA, M.;VAN ARKEL, F.; WEIJERS, E.P.; MATTHIJSEN, J. *The contribution of sea salt to PM10 and PM2.5 in the Netherlands*. Netherland Environmental Assessment Agency, *BOP Report*, Netherlands Research Program on Particulate Matter. Report 500099004. Holanda, 2009.

## 8 EQUIPE DE TRABALHO

EQQM – Setor de Meteorologia

EQQT – Setor de Telemetria

CMN - Agência Ambiental de Santos

## 9 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Met. Clarice Aico Muramoto

Met. Dirce Maria P. Franco

Quim. Maria Helena R. B. Martins

Met. Ricardo Anazia

Tec. Adm. Roseli Sachi Arroio

Fís. Thiago De Russi Colella

Est. Yoshio Yanagi