



RELATÓRIO DA
QUALIDADE DO AR
GRANDE VITÓRIA

2016



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO





GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

RELATÓRIO DA
QUALIDADE DO AR
GRANDE VITÓRIA

2016



Cariacica
2018



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

Paulo Cesar Hartung Gomes
Governador

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - SEAMA

Aladim Fernando Cerqueira
Secretário



**INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS**

Sérgio Fantini de Oliveira
Diretor Presidente

Graciele Petarli Venturoti
Diretora Técnica

Ficha técnica

Coordenação de Qualidade do Ar, Áreas Contaminadas e Informações Ambientais - CQAI

Takahiko Hashimoto Junior

Engenheiro Ambiental
Coordenador

Elaboração

Douglas Rios Lougon

Engenheiro Eletricista

Iris Teixeira Bortolotti Cola

Estatística

Pedro Ronchi

Geógrafo

Vanessa Cezario Felix

Engenheira Ambiental

Raiane Gomes Santana

Estagiária em Engenharia Ambiental

Rafaela Sabino Ribeiro

Estagiária em Engenharia Ambiental

Fotografia da capa

Vanessa Cezario Felix

Apresentação

A Constituição do Estado do Espírito Santo estabelece no art. 186 que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado, e que compete ao poder público garantir o monitoramento ambiental com a finalidade de acompanhar a situação real e as tendências de alteração dos recursos naturais e da qualidade ambiental. A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA), em conjunto com o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), visa orientar as ações da sociedade espírito-santense para o uso sustentável dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida.

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) é uma região urbana altamente industrializada em processo de expansão, sendo a qualidade do ar afetada pela emissão de poluentes provenientes de veículos automotores e de grandes empreendimentos industriais, além do setor de logística devido à existência de um grande complexo portuário e de aeroporto na região. A qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das emissões de poluentes atmosféricos de origem veicular e industrial, mas as condições meteorológicas e de topografia são determinantes para a dispersão desses poluentes na atmosfera.

O monitoramento dos poluentes atmosféricos, de forma sistemática, a fim de diagnosticar a qualidade do ar se faz necessária para a elaboração de estratégias em qualquer tipo de planejamento de alterações ambientais onde existe a possibilidade de ocorrência de impacto ao meio ambiente e, com o intuito de garantir a qualidade de vida das populações.

Em 2000, a SEAMA exigiu, através do licenciamento da VALE (antiga CVRD) e da ArcelorMittal Tubarão (antiga CST), a implantação de uma Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar totalmente automatizada, capaz de informar continuamente 24 horas por dia, os níveis de Poluição Atmosférica da Região Metropolitana da Grande Vitória. Atualmente, a Rede Automática de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar (RAMQAr) é de propriedade de IEMA e tem como objetivo medir a exposição da população aos principais poluentes atmosféricos. Em 2009, o IEMA adotou como método de medição para a Rede Manual de monitoramento de Partículas Sedimentadas (RMPS) a norma Americana ASTM D1739-98, tornando-se o método utilizado desde então.

Apesar do número e a distribuição das estações de monitoramento em operação não cobrir todo o território da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), as estações instaladas foram posicionadas em localizações consideradas estratégicas para o direcionamento de políticas de gestão e de controle considerando fatores como densidade populacional, frota veicular e atividades industriais.

O IEMA divulga diariamente os índices de qualidade do ar na RMGV na sua página eletrônica, porém a divulgação do relatório anual é uma oportunidade para caracterizar o estado da qualidade do ar na RMGV, além de analisar a sua evolução e causas, identificar e discutir necessidades estratégicas de controle de responsabilidade do governo, do setor industrial e da sociedade espírito-santense.

Em 2013 o Decreto Estadual nº 3463-R estabeleceu metas e novos padrões de qualidade do ar que permitem, de forma estratégica, avançar no controle da qualidade do ar por meio do cumprimento das metas que resultarão no alcance dos padrões finais que foram baseados, para a maioria dos poluentes, nas diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS). Além disso, foram incluídos valores referenciais para partículas sedimentadas (Poeira Sedimentada - PS) e Partículas Respiráveis (PM_{2,5}). Esse mesmo decreto estabeleceu, que a SEAMA em conjunto com o IEMA, a elaboração do Plano Estratégico de Qualidade do Ar com o objetivo de definir instrumentos, diretrizes e ações visando o atendimento dos padrões de qualidade do ar. O Decreto representa um avanço em relação à legislação nacional vigente e um passo significativo na melhoria da qualidade de vida da população capixaba.

Desse modo, o presente relatório apresenta o diagnóstico da qualidade do ar na RMGV para o ano de 2016, garantindo a divulgação das informações sobre a qualidade ambiental relativa à exposição da população à poluição atmosférica na Região Metropolitana.

Aladim Fernando Cerqueira

Secretário Estadual de Meio Ambiente
SEAMA

Sergio Fantini de Oliveira

Diretor Presidente
IEMA

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Densidade demográfica – RMGV.	14
Tabela 2.2 - Normais climatológicas da estação Vitória (Direção do Vento) – 1961-1991 (INMET, 2018).	17
Tabela 3.1 - Fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos.	20
Tabela 3.2 - Padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar e diretrizes da OMS.	24
Tabela 3.3 - Concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação dos níveis de atenção, alerta e emergência.	26
Tabela 3.4 - Descrição das classes, índices e valores limites de concentração (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação do IQA.	28
Tabela 4.1 - Dados de localização das estações da RAMQAr.	29
Tabela 4.2 - Descrição da área de influência das estações da RAMQAr.	31
Tabela 4.3 - Parâmetros monitorados pelas estações da RAMQAr.	32
Tabela 4.4 - Dados das estações de monitoramento de partículas sedimentadas.	36
Tabela 4.5 - Descrição dos critérios de representatividade dos parâmetros monitorados utilizados neste relatório.	39
Tabela 6.1 - Valores das máximas médias de 24h e da MAA de concentração de $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	68
Tabela 6.2 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram dos valores limites de concentração de $\text{PM}_{2.5}$	70
Tabela 6.3 - Valores das máximas médias de 24h e da MAA de concentração de PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	71
Tabela 6.4 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de PM_{10}	74
Tabela 6.5 - Valores das máximas médias de 24h e da MGA de concentração de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	77
Tabela 6.6 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de PTS.	79
Tabela 6.7 - Valores das máximas diárias e da MAA de concentração de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	91
Tabela 6.8 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de SO_2	94
Tabela 6.9 - Valores das máximas horárias e da MAA de concentração de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	97
Tabela 6.10- Valores das máximas horárias e média de 8h e da MAA de concentração de O_3 em ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	101
Tabela 6.11 - Número de médias móveis de 1 hora e de 8 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de O_3	103
Tabela 6.11 - Valores das máximas horárias e de 8h e da MAA de concentração de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	107
Tabela 6.13- Valores das máximas de 8h e da MAA de concentração de HCNM (ppm).	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Normais climatológicas da estação Vitória (Temperatura e Precipitação) – 1981 - 2010 (INMET, 2018).	17
Gráfico 5.1 - Precipitação acumulada mensal na estação RAMQAr 2 - Carapina.....	43
Gráfico 5.2 - Temperatura média mensal, máxima e mínima nas estações da RAMQAr.	45
Gráfico 5.3 - Temperatura média horária por estações do ano nas estações da RAMQAr.....	45
Gráfico 5.4 - Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação RAMQAr 2 - Carapina.....	46
Gráfico 5.5 - Radiação solar média horária nos período de solstício e equinócio do ano na estação RAMQAr 2 - Carapina.	47
Gráfico 5.6 - Radiação solar média mensal e máxima na estação RAMQAr 2 - Carapina.	47
Gráfico 5.7 - Umidade relativa média horária nos períodos de solstício e equinócio nas estações da RAMQAr.	49
Gráfico 5.8 - Umidade relativa média mensal, máxima e mínima nas estações RAMQAr.	50
Gráfico 5.9 - Distribuição de frequência de ocorrência das classes de vento nas estações avaliadas da RMGV.	52
Gráfico 5.10 - Rosa dos ventos anual da RMGV.	53
Gráfico 5.11 - Rosa dos ventos para o mês de Janeiro na RMGV.....	55
Gráfico 5.12 - Rosa dos ventos para o mês de Fevereiro na RMGV.	56
Gráfico 5.13 - Rosa dos ventos para o mês de Março na RMGV.....	57
Gráfico 5.14 - Rosa dos ventos para o mês de Abril na RMGV.	58
Gráfico 5.15 - Rosa dos ventos para o mês de Maio na RMGV.....	59
Gráfico 5.16 - Rosa dos ventos para o mês de Junho na RMGV.....	60
Gráfico 5.17 - Rosa dos ventos para o mês de Julho na RMGV.	61
Gráfico 5.18 - Rosa dos ventos para o mês de Agosto na RMGV.	62
Gráfico 5.19 - Rosa dos ventos para o mês de Setembro na RMGV.	63
Gráfico 5.20 - Rosa dos ventos para o mês de Outubro na RMGV.....	64
Gráfico 5.21 - Rosa dos ventos para o mês de Novembro na RMGV.	65
Gráfico 5.22 - Rosa dos ventos para o mês de Dezembro na RMGV.	66
Gráfico 5.23 - Número de horas desfavoráveis à dispersão de poluentes – estação Aeroporto...67	
Gráfico 6.1 - Concentração máxima média de 24h de PM _{2,5} nas estações da RAMQAr.....	69
Gráfico 6.2 - Concentração média anual de PM _{2,5} nas estações da RAMQAr.	69
Gráfico 6.3- Perfil de concentração de PM _{2,5} nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico rosa de poluentes).	71
Gráfico 6.4 - Concentração máxima média de 24h de PM ₁₀ nas estações da RAMQAr.....	72
Gráfico 6.5 - Concentração média anual de PM ₁₀ nas estações da RAMQAr.	73
Gráfico 6.6- Índice de qualidade do ar com referência ao poluente PM ₁₀ nas estações da RAMQAr.	75
Gráfico 6.7 - Perfil de concentração média de PM ₁₀ nas estações da.....	76
Gráfico 6.8 - Séries temporais das concentrações médias anuais de PM ₁₀ nas estações da RAMQAr.	76

Gráfico 6.9 - Concentração máxima média de 24h de PTS nas estações da RAMQAr.....	78
Gráfico 6.10 - Concentração média anual de PTS nas estações da RAMQAr.	78
Gráfico 6.11 - Índice de qualidade do ar com base no poluente PTS nas estações da RAMQAr.	80
Gráfico 6.12 - Perfil de concentração média horária de PTS nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).	81
Gráfico 6.13 - Séries temporais das concentrações médias anuais de PTS nas estações da RAMQAr.	81
Gráfico 6.14 - Taxa de deposição de partículas (g/m ² /30 dias) nas estações de monitoramento de PS.	85
Gráfico 6.15 - Série temporal da taxa de deposição de partículas para o período abril de 2009 a junho de 2016 para as estações da RMPS.	90
Gráfico 6.16 - Concentração diária máxima de SO ₂ nas estações da RAMQAr.	92
Gráfico 6.17 - Concentração média anual de SO ₂ nas estações da RAMQAr.	93
Gráfico 6.18 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente SO ₂ nas estações da RAMQAr.	95
Gráfico 6.19 - Perfil de concentração média horária de SO ₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).	96
Gráfico 6.20 - Séries temporais das concentrações médias anuais de SO ₂ nas estações da RAMQAr.	96
Gráfico 6.21 - Concentrações horária máximas de NO ₂ nas estações da RAMQAr.	98
Gráfico 6.22 - Concentrações médias anuais de NO ₂ nas estações da RAMQAr.	98
Gráfico 6.23 - Índice de qualidade do ar referente ao poluente NO ₂ nas estações da RAMQAr.	99
Gráfico 6.24 - Perfil de concentração média horária de NO ₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).	100
Gráfico 6.25 - Séries temporais das concentrações médias anuais de NO ₂ nas estações da RAMQAr.	100
Gráfico 6.26 - Concentração média 8h máxima de O ₃ nas estações da RAMQAr.	102
Gráfico 6.27 - Concentração horária máxima de O ₃ nas estações da RAMQAr.	102
Gráfico 6.28 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente O ₃ nas estações da RAMQAr.	103
Gráfico 6.29 - Perfil de concentração média horária de O ₃ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).	104
Gráfico 6.30 - Evolução horária dos poluentes NO, NO ₂ e O ₃ na estação Enseada do Suá.	105
Gráfico 6.31 - Séries temporais das concentrações médias anuais do O ₃ nas estações da RAMQAr.	106
Gráfico 6.32 - Concentração média de 8h máxima de CO nas estações da RAMQAr.	107
Gráfico 6.33 - Concentração horária máxima de CO nas estações da RAMQAr.	108
Gráfico 6.34 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente CO nas estações da RAMQAr.	108
Gráfico 6.35 - Perfil de concentração média horária de CO nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).	109

Gráfico 6.36 - Séries temporais das concentrações médias anuais de CO nas estações da RAMQAr.	110
Gráfico 6.37 - Concentração média 8h máxima de HCNM nas estações da RAMQAr.....	111
Gráfico 6.38 - Perfil de concentração média horária de HCNM nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).	112
Gráfico 6.39 - Séries temporais das concentrações médias anuais de HCNM nas estações da RAMQAr.	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Coletor de partículas sedimentadas de acordo com a norma ASTM D1739.....	37
---	----

LISTA DE MAPAS

Mapa 2.1- Localização da Região Metropolitana da Grande Vitória.	13
Mapa 4.1 - Distribuição das estações da RAMQAr no Espírito Santo.	30
Mapa 4.2 - Distribuição das estações da RAMQAr na RMGV.....	30
Mapa 4.3 - Distribuição espacial dos pontos de coleta de PS no Espírito Santo.....	35
Mapa 4.4 - Distribuição espacial dos pontos de coleta de PS na RMGV.....	35

Sumário

Apresentação	5
Listas	7
Sumário	11
1. Introdução	10
2. Caracterização da RMGV	13
2.1. Aspectos sócios demográficos.....	14
2.2. Aspectos socioeconômicos.....	15
2.3. Clima Local.....	16
3. Poluição Atmosférica	19
3.1 Poluentes Atmosféricos.....	19
3.2 Regulamentação Sobre Qualidade do Ar.....	21
3.3 Padrões da Qualidade do Ar.....	23
3.4 Índice de Qualidade do Ar.....	26
4. Monitoramento na RMGV	29
4.1 Rede Automática de Qualidade do Ar (RAMQAr).....	29
4.1.1. Monitor de Particulado.....	33
4.1.2. Monitor de Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	33
4.1.3. Monitor de Óxidos de Nitrogênio (NO _x , NO, NO ₂).....	33
4.1.4. Monitor de Monóxido de Carbono (CO).....	34
4.1.5. Monitor de Ozônio (O ₃).....	34
4.2 Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentadas.....	34
4.3 Métodos de Tratamento de dados.....	38
4.3.1. Representatividade dos dados.....	39
5. Condições Meteorológicas na RMGV	41
5.1. Precipitação.....	42
5.2. Temperatura.....	43
5.3. Pressão Atmosférica.....	45
5.4. Radiação Solar.....	46
5.5. Umidade.....	48
5.6. Vento.....	50
5.6.1. Rosa dos Ventos.....	52
6. Qualidade do Ar na RMGV	68
6.1. Material Particulado (MP).....	68
6.1.1. Partículas Respiráveis (PM _{2,5}).....	68
6.1.2. Partículas Inaláveis (PM ₁₀).....	71
6.1.3. Partículas Totais em Suspensão (PTS).....	77
6.1.4. Partículas Sedimentadas (PS).....	82
6.2. Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	91
6.3. Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	97
6.4. Ozônio (O ₃).....	101
6.5. Monóxido de carbono (CO).....	106
6.6. Hidrocarbonetos não metano (HCNM).....	110
7. Considerações Finais	113
8. Referências	116

1. Introdução

A Organização Mundial de Saúde – OMS (OMS, 2016) divulgou em 27 de setembro de 2016 um novo modelo de qualidade do ar o qual confirma que 92% da população mundial vive em locais onde os níveis de qualidade do ar excedem os limites estabelecidos pela OMS. De acordo com a OMS, o novo modelo de qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde (OMS) confirma que 92% da população mundial vive em locais onde os níveis de qualidade do ar excedem os valores guias estabelecidos pela organização. O modelo é baseado em dados provenientes de medições por satélite, modelos de transporte aéreo e estações terrestres de monitoramento para mais de 3 mil localidades rurais e urbanas. Ainda de acordo com a OMS, cerca de três milhões de mortes por ano estão relacionadas à exposição à poluição do ar em ambientes externos (*outdoor*).

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento.

Segundo definição na Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990, poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Desta forma, o monitoramento dos poluentes atmosféricos, de forma sistemática, a fim de diagnosticar a qualidade do ar se faz necessária para a elaboração de estratégias em qualquer tipo de planejamento de alterações ambientais onde existe a possibilidade de ocorrência de impacto ao meio ambiente e, com o intuito de garantir a qualidade de vida das populações.

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) é uma região urbana altamente industrializada em processo de expansão, sendo a qualidade do ar afetada pela emissão de poluentes provenientes de veículos automotores e de grandes empreendimentos industriais, além do setor de logística devido à existência de um

grande complexo portuário e de aeroporto na região. A qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das emissões de poluentes atmosféricos de origem veicular e industrial, mas as condições meteorológicas e de topografia são determinantes para a distribuição espacial e temporal dos contaminantes na região.

O clima e as condições meteorológicas de uma região são fortemente condicionados pela localização geográfica (latitude) e relevo que, em ação conjunta com os grandes sistemas atmosféricos, controlam a distribuição pluviométrica, evaporação, temperatura, umidade do ar e regime de ventos da região (VIANELLO e ALVES, 1991). A RMGV está localizada entre os paralelos de 10° e 23°26'S, ou seja, na zona tropical, sofrendo influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. Essa região possui uma característica climática diversificada devido a sua topografia, sua posição geográfica e aspectos dinâmicos da atmosfera que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e macro escalas e que atuam direta ou indiretamente no regime pluvial (MINUZZI *et al.*, 2007).

O monitoramento da qualidade do ar e das condições meteorológicas na RMGV é efetuado pela rede automática de monitoramento da qualidade do ar (RAMQAr) e pela rede manual de monitoramento de partículas sedimentadas. As estações da RAMQAr e da rede manual de monitoramento de partículas sedimentadas estão localizadas em quatro dentre os sete municípios da RMGV.

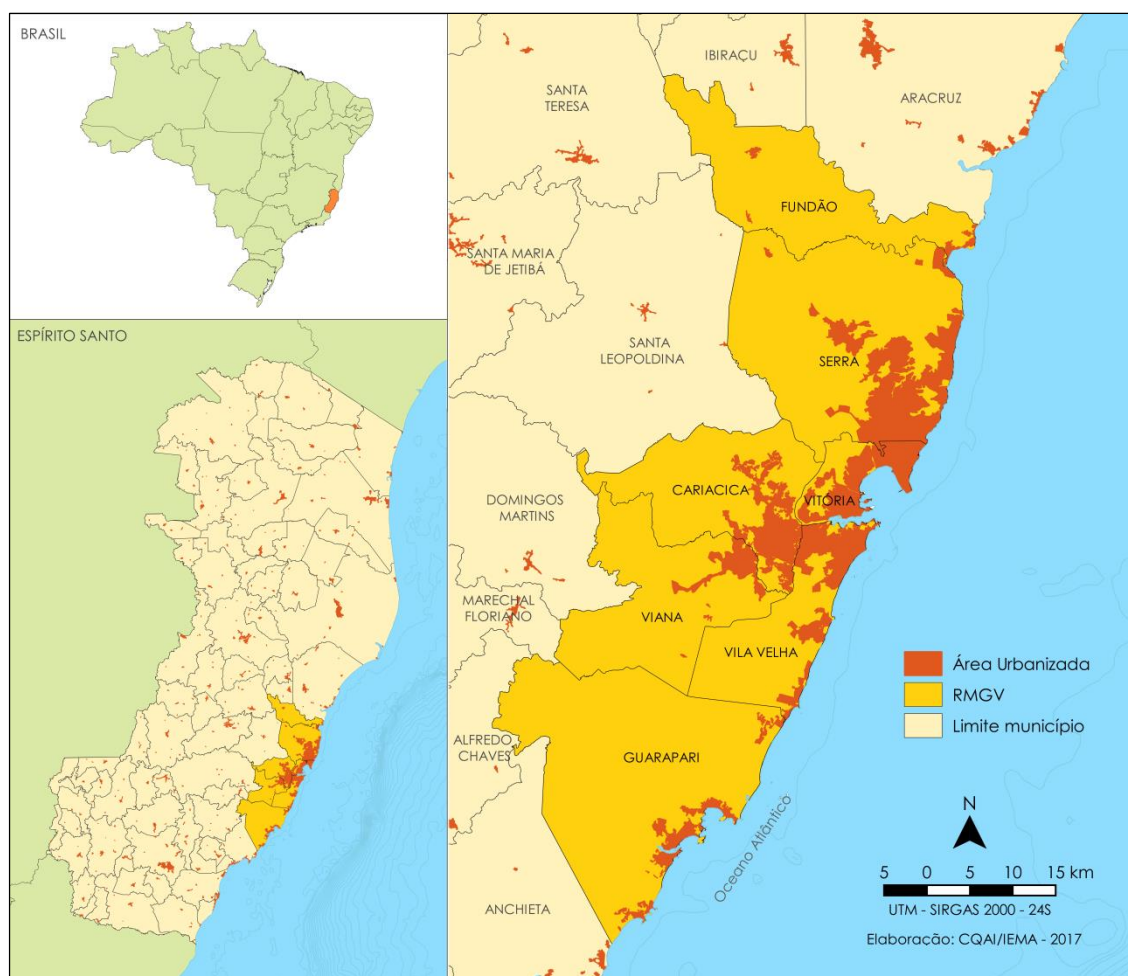
A RAMQAr é composta por 9 estações de monitoramento da qualidade do ar localizadas nos bairros Jardim Camburi, Enseada do Suá e Centro (Vitória), Vila Capixaba (Cariacica), Ibes e Centro (Vila Velha), Laranjeiras, Carapina e Cidade Continental (Serra). Essa rede monitora os poluentes regulamentados no Decreto Estadual nº 3463-R: partículas totais em suspensão (PTS), partículas com diâmetro menores que 10 µm e 2,5 µm (PM₁₀ e PM_{2,5}), Dióxido de Enxofre (SO₂), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃) incluindo poluentes não regulamentados pelo decreto Hidrocarbonetos Totais e não metano (HCT e HCNM). É importante salientar que o monitoramento de PM_{2,5} iniciou-se em 2014, no mês de junho na estação Enseada do Suá e, em julho na estação Ibes. Além dos dados de qualidade do ar são monitorados parâmetros meteorológicos, como direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação.

Este documento faz parte da série de relatórios sobre a qualidade do ar na RMGV. O objetivo deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar na RMGV para o ano de 2016, incluindo as principais tendências da poluição do ar e meteorologia na região.

Este relatório foi baseado no relatório de Qualidade do Ar para o ano de 2013 deste Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, o qual foi elaborado pela Universidade Federal do Espírito Santo (IEMA, 2013), tendo inclusive sido transcritos trechos deste documento.

2. Caracterização da RMGV

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) foi constituída pela Lei Complementar nº 58 de 21/02/1995, sendo composta pelos municípios de Cariacica, Fundão, Guarapari, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória. Possui território de 2.316,49 km² e área urbana de 672,57 km² (IJSN, 2011). Localiza-se na parte mais ao sul do Estado, sendo a Leste banhado pelo Oceano Atlântico (Mapa 2.1).



Mapa 2.1- Localização da Região Metropolitana da Grande Vitória.

O relevo da RMGV é caracterizado por maciços rochosos, localizados nas porções oeste e sudoeste, correspondendo aos municípios de Cariacica, Guarapari e Viana, além de baixadas e planícies que se distribuem irregularmente por toda zona costeira da RMGV. O uso e ocupação do solo são diversificados, sendo grandes extensões constituídas por pastagens, além de fragmentos de mata atlântica, restingas, várzeas, manguezais e áreas urbanizadas que corresponde a 13% da área total da Região Metropolitana, mas que representa 55% da área urbanizada do Estado (IJSN, 2011).

2.1. Aspectos sócios demográficos

A RMGV possui uma população de 1.687.704 habitantes que representam 48,01% da população do Espírito Santo, sendo que 98,3% dessa população vivem em área urbana. O município de Vila Velha é o mais populoso da Região Metropolitana 24,57%, seguido por Serra 24,25%, Cariacica 20,66% e Vitória 19,42%. Guarapari, Viana e Fundão representam 11,10% (Tabela 2.1). A densidade demográfica metropolitana é de 669,49 hab/km², sendo que Vitória possui maior densidade demográfica 3.338,30 hab/km² e Fundão a menor densidade 58,97 hab/km² (IBGE/Censo, 2010).

Tabela 2.1 - Densidade demográfica – RMGV.

Local	População					Área (km ²)	Densidade Demográfica (hab/km ²)
	Total	(%) RMGV	(%) ES	Urbana	Rural		
Vila Velha	414.586	24,57%	11,79%	412.575	2.011	209,965	1.973,59
Serra	409.267	24,25%	11,64%	406.450	2.817	741,850	547,64
Cariacica	348.738	20,66%	9,92%	337.643	11.095	279,718	1.246,12
Vitória	327.801	19,42%	9,33%	327.801	0	96,536	3.338,30
Guarapari	105.286	6,24%	3,00%	100.528	4.758	591,815	177,10
Viana	65.001	3,85%	1,85%	59.632	5.369	312,279	207,84
Fundão	17.025	1,01%	0,48%	14.378	2.647	288,724	58,97
RMGV	1.687.704	100,00%	48,01%	1.659.007	28.697	2.520,89	669,49
Espírito Santo	3.514.952	-	-	2.931.472	483.480	46.086,907	76,25

Fonte: IBGE (Censo, 2010).

A Região Metropolitana tem aproximadamente 67% de cobertura de esgoto, sendo que a capital Vitória conta com maior índice de cobertura 89% e o município de Cariacica o menor índice 45% (CESAN, 2017). Cerca de 90% da população reside em áreas onde o lixo urbano é coletado regularmente. A taxa de analfabetismo das pessoas de 15 anos ou mais de idade era de 4,7% (DATASUS, 2010), sendo 24,4% dessa população identificada como analfabeta ou analfabeto funcional.

2.2. Aspectos socioeconômicos

Em 2016 o Produto Interno Bruto (PIB) do Espírito Santo recuou -5,3% em relação a 2015 com um valor total de R\$ 109,2 bilhões. O PIB per capita do Espírito Santo foi de R\$ 27.487,45, sendo o nono entre os Estados. A participação do Espírito Santo na economia nacional retraiu de 2,0% a 1,7% entre os anos de 2015 e 2016, sendo a décima quarta economia do país em termos de participação no PIB (IJSN, 2018).

Em 2016, relativamente a 2015, destaca-se o recuo, em volume, das principais atividades produtivas no Estado. No setor primário, houve queda nas atividades Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita (-8,9%) e Pecuária, inclusive apoio a pecuária (-10,8%), impactadas pela crise hídrica no estado. No secundário, destaca-se a queda do setor extrativo em razão da paralisação das atividades da Samarco S.A no estado devido ao acidente em Mariana/MG, somado a queda de preços do petróleo. No setor terciário, destaca-se a queda da atividade de Comércio, manutenção e reparação de veículos automotores e motocicletas (-10,1%) (IJSN, 2018).

A distribuição espacial da produção da economia capixaba entre as Microrregiões caracteriza-se por forte concentração na região Metropolitana, com 53,4% de participação e expansão de +6,8%, na passagem de 2014 para 2015. Os dados indicam que apenas 2 dos 7 municípios que compõem a região produziram 33,9% do PIB Estadual (IJSN 2017).

Os municípios das duas maiores faixas de participação (Vitória, Serra, Vila Velha e Cariacica), todos pertencentes à microrregião Metropolitana, agregaram quase metade do PIB estadual (49,9%) e 43,2% da população (IJSN 2017).

Apesar de sua representatividade econômica a Região Metropolitana apresenta acentuado quadro de desigualdades sociais, que se manifestam a partir de sua distribuição territorial, com áreas de alto nível de concentração de renda e de infraestrutura adequada enquanto há outras áreas com condições urbanas precárias.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) da RMGV em 2010 foi de 0,772. Em comparação o IDH do Espírito Santo foi 0,740 e do Brasil 0,699. Entre os municípios metropolitanos os melhores índices são de Vitória 0,845 e Vila Velha 0,800. Na outra extremidade estão os municípios de Cariacica 0,718, Fundão 0,718 e Viana 0,686 (Atlas, 2013).

2.3. Clima Local

O clima e as condições meteorológicas de uma região são fortemente condicionados pela localização geográfica (latitude) e relevo que, em ação conjunta com os grandes sistemas atmosféricos, controlam a distribuição pluviométrica, evaporação, temperatura, umidade do ar e regime de ventos da região (VIANELLO e ALVES, 1991).

A RMGV está localizada entre os paralelos de 10° e 23°26'S, ou seja, na zona tropical, sofrendo influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. Essa região possui uma característica climática diversificada devido a sua topografia, sua posição geográfica e aspectos dinâmicos da atmosfera que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e macro escalas e que atuam direta ou indiretamente no regime pluvial (MINUZZI *et al.*, 2007).

Os sistemas de classificações climáticas (SCC) foram elaborados com o intuito de analisar e definir os climas de diferentes regiões levando em consideração elementos climáticos diferentes ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos. De acordo com a classificação climática de Köppen (Köppen, 1936), o Espírito Santo possui duas tipologias climáticas que variam também de acordo com o relevo local. Na baixada litorânea do Espírito Santo predomina o clima tropical quente com estação seca no inverno (Aw) e na região serrana o clima é tropical de altitude (Cwb). A classificação dos tipos climáticos de Köppen considera a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais de temperatura do ar e de precipitação.

Por estar situada na região litorânea, a RMGV apresenta clima tropical quente (Aw), possuindo inverno ameno e seco, e verão chuvoso e quente. O período quente se estende aproximadamente de outubro a abril, com maior intensidade em dezembro e janeiro. No inverno, a temperatura média mensal mais baixa ocorre em julho, sendo a sensação de frio verificada esporadicamente quando há ocorrência de frentes frias.

O Gráfico 2.1 apresenta as normais climatológicas (1981 a 2010) das variáveis meteorológicas, precipitação acumulada, temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima, monitoradas pela estação climatológica Vitória (Código 83648 – Lat 20°19'S/ Lon 40°19'W) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - (INMET, 2018). Igualmente, a Tabela 2.2 apresenta as normais climatológicas (1961 a 1991) das distribuições predominantes das direções do vento monitorados pela mesma estação. Portanto os valores apresentados representam a média histórica de cada variável para a região.

Vale ressaltar que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) define o termo normal climatológica como valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas (WMO, 1984).

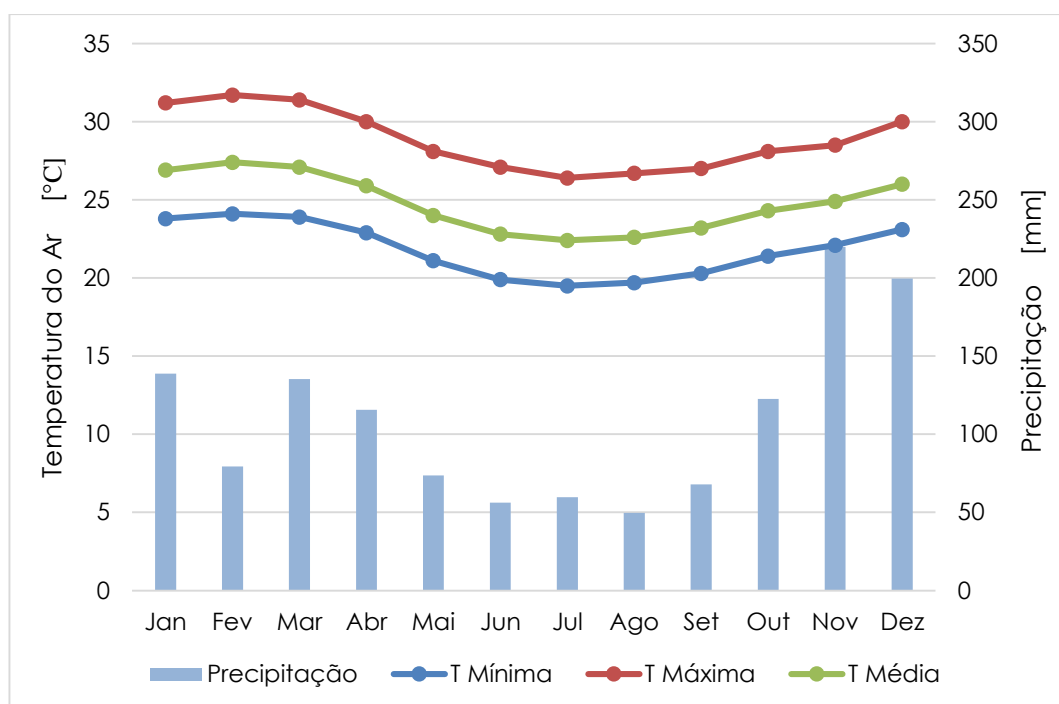


Gráfico 2.1- Normais climatológicas da estação Vitória (Temperatura e Precipitação) – 1981 - 2010 (INMET, 2018).

Tabela 2.2 - Normais climatológicas da estação Vitória (Direção do Vento) – 1961-1991 (INMET, 2018).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Direção	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Observa-se que, historicamente, a temperatura média na cidade de Vitória não varia consideravelmente ao longo do ano, sendo a temperatura média anual igual a 24,8°C, com leve queda nos meses do inverno e suave aumento durante o verão. Avaliando os valores extremos da temperatura do ar, observa-se que o mês de julho é, climatologicamente, o mês mais frio, alcançando a temperatura média mínima de 19,50°C, e o mês de fevereiro é o mês, historicamente, mais quente com média das temperaturas máximas igual a 31,7°C.

Em relação à precipitação, nota-se que o inverno é o período mais seco, sendo que no mês de agosto ocorre a menor incidência de precipitação (49,6 mm). Essa característica climatológica da região durante o inverno ocorre devido a influência dos sistemas de alta pressão subtropical, localizados climatologicamente em torno da latitude de 30°C nos

principais oceanos do planeta. No Atlântico Sul, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é de grande importância para o clima da América do Sul e afeta o clima do Brasil tanto no inverno quanto no verão. Durante o período de inverno, a ASAS inibe a entrada de frentes e favorece a formação de inversão térmica, concentrando os poluentes nas camadas mais próximas à superfície dos principais centros urbanos das regiões sul e sudeste (Bastos e Ferreira, 2008). A dinâmica desse sistema também favorece a formação de nevoeiros e geadas nas regiões sul e sudeste. O total anual climatológico de precipitação é de 1.318,6 mm em Vitória.

A partir do mês de outubro, inicia-se o período chuvoso na região, o qual se estende até meados de abril. Nessa época do ano, a atuação dos sistemas frontais e de zonas de convergência de umidade favorece o aumento de precipitação. O mês de novembro é o que possui maior ocorrência de eventos de chuva, com média de precipitação acumulada mensal de 219,9 mm. Esse comportamento médio da precipitação durante o final da primavera e verão ocorre porque o sistema de alta pressão encontra-se mais ao sul e deslocado zonalmente mais para leste (sobre a região central do oceano Atlântico). Nessa época do ano, uma banda de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste desenvolve-se periodicamente sobre o sudeste do Brasil, coincidindo com a estação chuvosa da região. A permanência dessa banda convectiva por vários dias caracteriza a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS e os sistemas frontais que se deslocam sobre a região sudeste e em seguida sobre o oceano atingem a porção oeste da alta subtropical e, como resultado, esse sistema de alta pressão é frequentemente dividido, ficando em média, enfraquecido quando comparado à situação do inverno (CAVALCANTI *et al.*, 2009)

Ao longo do litoral dos estados da região sudeste os ventos são predominantemente de NE (Tabela 2.2) favorecendo o transporte de umidade do oceano Atlântico Equatorial para o ramo oceânico da ZCAS. As características do regime de vento na RMGV são influenciadas também por circulações de vento locais bastante distintos, como as brisas marinhas e terrestres (devido à proximidade com o oceano) e brisas de vale e montanha (devido à topografia acidentada), configurando variações significativas na meso e microescala, enquanto os principais fenômenos meteorológicos em escala sinótica que influenciam a variabilidade do tempo na RMGV são: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais (SF) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (SANT'ANNA NETO, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2006; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

3. Poluição Atmosférica

A Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990, vigente à época, define como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia que tornem o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. Essa definição é bastante ampla, pois considera não somente os efeitos deletérios sobre a saúde, fauna, flora e bens materiais, mas também o conceito mais subjetivo de bem-estar público. Assim, são importantes para o estudo da qualidade do ar as substâncias que geram danos à saúde, fauna e flora e as substâncias que estão relacionadas ao incômodo da população, tais como compostos odorantes, por exemplo.

Este capítulo tem o objetivo de fornecer as informações básicas sobre os parâmetros de controle ligados à qualidade do ar, descrevendo principais poluentes atmosféricos e a legislação sobre a poluição do ar.

3.1 Poluentes Atmosféricos

Esta seção apresenta descrição dos principais poluentes atmosféricos, suas fontes e efeitos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos.

Poluente	Características	Fontes principais	Efeitos gerais sobre a saúde	Efeitos gerais ao meio ambiente
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido	Combustão incompleta de combustíveis fósseis (veículos automotores principalmente) e outros materiais que contenham carbono na sua composição	Combina-se rapidamente com a hemoglobina ocupando o lugar do oxigênio, podendo levar a morte por asfixia. A exposição crônica pode causar prejuízos ao sistema nervoso central, cardiovascular, pulmonar e outros. Também pode afetar fetos causando peso reduzido no nascimento e desenvolvimento pós-natal retardado	-
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor com forte odor (semelhante ao produzido na queima de palitos de fósforo)	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel	A inalação, mesmo em concentrações muito baixas, provoca espasmos passageiros dos músculos lisos dos bronquíolos pulmonares. Em concentrações progressivamente maiores, causam o aumento da secreção mucosa nas vias respiratórias superiores, inflamações graves da mucosa e redução do movimento ciliar do trato respiratório. Pode, ainda, aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite	Em certas condições, o SO ₂ pode transformar-se em trióxido de enxofre (SO ₃) e, com a umidade atmosférica, transformar-se em ácido sulfúrico, sendo assim um dos componentes da chuva ácida
Hidrocarbonetos (HC)	Gases e vapores com odor desagradável (similar à gasolina ou diesel)	Combustão incompleta e evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis	Causa irritação aos olhos, nariz, pele e trato respiratório superior. Além disso, vários hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos	Participam da formação de oxidantes fotoquímicos na atmosfera, juntamente com os óxidos de nitrogênio (NO _x)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Gases	Combustões em veículos automotores, indústrias, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás e incineradores	O NO ₂ é altamente tóxico ao homem, pois aumenta sua susceptibilidade aos problemas respiratórios em geral. Além disso, é irritante às mucosas e pode nos pulmões ser transformado em nitrosaminas (algumas das quais são carcinogênicas)	Pode levar a formação da chuva ácida e consequentemente danos à vegetação e agricultura. Além disso, contribui para formação do ozônio na troposfera; para o aquecimento global; formação de compostos quimiotóxicos e alteração da visibilidade
Ozônio (O ₃)	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais, sendo o principal componente do "smog" fotoquímico	Formação, na troposfera, a partir da reação dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na presença de luz solar	Provoca danos na estrutura pulmonar, reduzindo sua capacidade e diminuindo a resistência às infecções. Causa ainda, o agravamento de doenças respiratórias, aumentando a incidência de tosse, asma, irritações no trato respiratório superior e nos olhos	É agressivo às plantas, agindo como inibidor da fotossíntese e produzindo lesões características nas folhas
Material Particulado (PS, PTS e PM ₁₀)	Pode ser sólido ou líquido, de granulometria, forma e composição química variada de acordo com sua fonte de origem e os processos físicos e químicos de transformação aos quais foi submetido durante seu transporte na atmosfera	Pilhas de estocagem de material granulado, processos de pelotização e siderurgia, cimenteiras e atividades da construção civil, resuspensão de partículas depositadas ou constituintes de vias pavimentadas e não pavimentadas, veículos (escapamentos e frenagem) e fontes naturais como o mar que emite partículas de sais, além das queimadas, por exemplo	Para as partículas mais finas os efeitos estão predominantemente relacionados aos sistemas respiratórios e cardiovasculares e a sensibilidade está associada às condições individuais de saúde e faixa etária, embora toda a população seja afetada. De acordo com a OMS (WHO, 2006), não existem evidências suficientes que indiquem um limite abaixo do qual não ocorram efeitos à saúde humana. Os efeitos à saúde podem ser causados por exposição de longo ou curto prazo ao poluente. No caso das partículas mais grossas as reações mais comuns dizem respeito à impossibilidade de gozo pleno da propriedade e ao desconforto causado pelo incômodo da sujidade gerada pela deposição de material sobre as superfícies de uso cotidiano	Alteração da visibilidade; alteração no balanço de nutrientes de lagos, rios e do solo; danificação da vegetação e alteração na diversidade do ecossistema. Além disso, pode causar danos estéticos (manchas e danificações de rochas e outros materiais)

3.2 Regulamentação Sobre Qualidade do Ar

No âmbito internacional, dentro do sistema da Organização das Nações Unidas (ONU), a Organização Mundial de Saúde (OMS) representa o organismo diretor e coordenador nos assuntos relacionados à saúde entre os países participantes do sistema das Nações Unidas com objetivo de promover a agenda da pesquisa científica na área da saúde, diagnosticar as tendências mundiais e auxiliar o estabelecimento de normas e diretrizes, entre outros. A OMS publicou pela primeira vez em 1987, um relatório contendo diretrizes para qualidade do ar relativas às Partículas em Suspensão, Ozônio, Dióxido de Enxofre e Dióxido de Nitrogênio baseadas na compilação de estudos científicos realizados no mundo. As diretrizes de qualidade do ar foram projetadas para oferecer orientações aos líderes políticos visando reduzir os impactos da poluição atmosférica sobre a saúde. Essas diretrizes foram revisadas em 1997 e 2005 com base no conhecimento científico vigente.

No âmbito nacional, a Resolução CONAMA nº 03/1990 estabeleceu os padrões primários de qualidade do ar definidos como as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população e os padrões secundários de qualidade do ar como as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral, sendo que esses padrões serão o objetivo a ser atingido mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de planos regionais de controle de poluição do ar. A Resolução CONAMA nº 03/1990 previa ainda a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários de acordo com o uso pretendido do território. Além dos padrões, foram estabelecidos também os níveis de atenção, alerta e emergência. Foram contemplados nessa resolução apenas sete poluentes: material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte igual a 10 µm, Partículas Totais em Suspensão, Ozônio, Dióxido de Nitrogênio, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono e Fumaça¹. As condições de medição e os equipamentos referenciais a serem utilizados para o monitoramento também foram definidos com a ressalva de que podem ser adotados métodos equivalentes, desde que aprovados pelo IBAMA, visto que o monitoramento do ar é atribuição dos Estados.

Recentemente, em novembro de 2018, foi publicada a Resolução CONAMA 491/2018, em substituição à Resolução CONAMA 03/1990. Contudo, considerando que este

¹ Fumaça é definida como o aerossol formado por partículas oriundas de processos de combustão incompleta, consistindo principalmente de carbono e outros materiais combustíveis, sendo presente em quantidade suficiente para ser observável, independentemente da presença de outras partículas sólidas (SEINFELD e PANDIS, 2006).

relatório é pertinente ao monitoramento realizado no ano de 2016, todas avaliações e comparações com os padrões legais federais foram feitos utilizando-se a Resolução CONAMA 03/1990, legislação essa vigente à época.

O Governo do Estado do Espírito Santo, por meio do Decreto nº 3463-R, de 16/12/2013, estabeleceu os padrões estaduais de qualidade do ar. Foram incluídos, além daqueles poluentes já previstos pela Resolução CONAMA nº 03/1990, com exceção da fumaça, o material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte igual a $2,5\ \mu\text{m}$ e as partículas sedimentadas (poeira sedimentada). O Decreto introduz o conceito de Metas Intermediárias (MI), que são estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar, e Padrões Finais (PF), que representam os alvos de longo prazo. Foram criadas 3 MI que levam ao gradual atendimento do PF, estabelecido com base nas diretrizes da OMS para os poluentes de interesse investigados por essa Organização. Estratégia semelhante à adotada pelo estado de São Paulo em abril de 2013.

Os padrões e diretrizes citadas são estabelecidos com base nos danos causados à saúde. Entretanto, as partículas sedimentadas (PS) estão associadas ao incômodo causado às populações. As reações mais comuns dizem respeito à impossibilidade de gozo pleno da propriedade e ao desconforto que pode gerar tensões psicológicas devido ao sentimento de incômodo causado pela sujidade gerada pela deposição de material sobre as superfícies de uso cotidiano (VALLACK e SHILLITO, 1998; FARFEL *et al.*, 2005). Essas partículas, conforme observado por Conti *et al.* (2009), incluem majoritariamente frações que variaram de 5 a $100\ \mu\text{m}$, mas incluem também partículas menores que $5\ \mu\text{m}$ e, portanto, quando ressuspendidas, podem ocasionar efeitos à saúde humana. Além do incômodo, as partículas podem ainda se depositar sobre a vegetação, os materiais, edificações e monumentos podendo ocasionar modificação das propriedades óticas das folhas e a consequente diminuição da atividade fotossintética das plantas, a descoloração e a decomposição de materiais de construção, entre outros efeitos (HU *et al.*, 2006).

Vários países possuem padrões referenciais para o valor limite da taxa de deposição de PS, que quando ultrapassados, poderão causar incômodo à população, entre outros: Argentina, Estados Unidos, Espanha e Finlândia. Os valores limites adotados para a taxa de deposição de PS variam entre os diferentes países, e muitas vezes entre regiões de um mesmo país; por exemplo, nos EUA e Canadá, existem padrões diferentes para os estados. De maneira geral, os valores limites adotados para a taxa de deposição de PS estão entre $3,0$ e $15\ \text{g/m}^2/30$ dias, variando em áreas residenciais, comerciais ou industriais, sendo a maioria dos padrões empregados entre $5,0$ e $10\ \text{g/m}^2/30$ dias – Argentina, Estados Unidos, Espanha, Finlândia e Austrália (VALLACK e SHILLITO, 1998;

DECNY, 2009; DEQM, 2007). No Brasil, foram encontrados padrão para partículas sedimentadas: (i) no estado de Minas Gerais (médias mensais) cujos valores foram adotados em função do uso do solo: 10 g/m²/30 dias em áreas industriais e 5 g/m²/30 dias nas demais áreas inclusive residenciais e comerciais (Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 26 de maio de 1981); (ii) no estado do Amapá cujos valores são idênticos aos do estado de Minas Gerais (Lei Ambiental do Município de Macapá nº 948/98, Capítulo V, Seção III, Art. 89) e (iii) no estado do Rio de Janeiro (NT 603.R-4 de 15 de março de 1978).

É importante notar que outros poluentes também estão presentes na atmosfera, entretanto, não constam das listas de poluentes com padrões legislados devido a: (i) não existirem evidências científicas significativas sobre a relação entre a concentração do poluente numa dada exposição com o efeito à saúde que permitam a elaboração de um padrão de qualidade do ar; (ii) haver dentre os poluentes com padrões legislados um poluente que sejam indicador de outro poluente por fazer parte das suas transformações na atmosfera ou por ser emitido pelo mesmo tipo de fonte; ou ainda a (iii) dificuldades técnicas na amostragem ou medição do poluente.

Por exemplo, os hidrocarbonetos totais (HCT) e os hidrocarbonetos não metano (HCNM) não possuem padrão de qualidade do ar estadual ou federal, mas são monitorados pela maioria dos órgãos de controle ambientais, inclusive pelo IEMA. As fontes de hidrocarbonetos incluem vegetação, veículos automotores, tanques de estocagem de combustíveis e postos de abastecimento de combustíveis, lavagem de tecidos a seco, aviões e fontes difusas em plantas industriais, entre outras. O metano contribui para o efeito estufa, enquanto os HCNM participam da formação do ozônio na atmosfera e causam efeito à saúde dependendo da sua especiação. Assim, devem ser constantemente monitorados, mesmo não havendo um padrão de qualidade do ar associado a esse poluente.

3.3 Padrões da Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar CONAMA nº 03/1990 são divididos em primários e secundários. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes e devem ser considerados como metas a serem alcançadas em longo prazo. Entretanto, devem ser adotados apenas os padrões primários enquanto cada Estado não deferir o enquadramento das áreas de acordo com seu uso pretendido conforme Resolução CONAMA nº 5 de 15/06/1989. A Tabela 3.2 apresenta os padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar e diretrizes da OMS para os poluentes atmosféricos regulados.

Tabela 3.2 - Padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar e diretrizes da OMS.

					PM _{2,5} [µg/m³]	PM ₁₀ [µg/m³]	PTS [µg/m³]	PS [g/m². 30 dias]	SO ₂ [µg/m³]	NO ₂ [µg/m³]	O ₃ [µg/m³]	CO [µg/m³]	Fumaça [µg/m³]			
Padrão Nacional (CONAMA nº 03/1990)					Padrão	Curta		Longa								
Exposição	Curta	Longa	Primário	-		150 ¹ 24h	240 ¹ 24h	-	365 ¹ 24h	320 1h	160 ¹ 1h	10.000 ¹ 8h 40.000 ¹ 1h	150 ¹ 24h			
			Secundário	-		150 ¹ 24h	150 ¹ 24h	-	100 ¹ 24h	190 1h	160 ¹ 1h	10.000 ¹ 8h 40.000 ¹ 1h	100 ¹ 24h			
			Primário	-		50 Ano²	80 Ano³	-	80 Ano²	100 Ano²	-	-	60 Ano²			
Secundário			-	50 Ano²	60 Ano³	-	40 Ano²	100 Ano²	-	-	40 Ano²					
Metas e Padrão Estadual (Decreto nº 3463-R 2013)					Padrão	Curta		Longa								
Exposição	Curta	MI1-ES	-	120 24h		180 24h	14	60 24h	240 1h	140 8h	-	-				
		MI2-ES	50 24h	80 24h		170 24h	-	40 24h	220 1h	120 8h	-	-				
		MI3-ES	37 24h	60 24h		160 24h	-	30 24h	210 1h	110 8h	-	-				
		PF-ES	25 24h	50 24h		150 24h	-	20 24h	200 1h	100 8h	10.000 8h 30.000 1h	-				
	Longa	MI1-ES	-	45 Ano²		65 Ano³	-	40 Ano²	50 Ano²	-	-	-				
		MI2-ES	20 Ano²	33 Ano²		63 Ano³	-	30 Ano²	45 Ano²	-	-	-				
		MI3-ES	15 Ano²	25 Ano²		62 Ano³	-	20 Ano²	42 Ano²	-	-	-				
		PF-ES	10 Ano²	20 Ano²	60 Ano³	-	-	40 Ano²	-	-	-					
Diretriz OMS					Exposição	Curta		25 24h	50 24h	-	-	20 24h 500 10min	200 1h	100 8h	10.000 8h 30.000 1h	-
Longa		10 Ano²	20 Ano²	-		-	-	40 Ano²	-	-	-					

¹Não pode ser excedido mais que uma vez por ano. ²Média Aritmética Anual - MAA. ³Média Geometria Anual - MGA

É possível observar a grande diferença entre os valores previstos pelos padrões CONAMA e as diretrizes da OMS. Essa discrepância se deve principalmente ao fato que os padrões CONAMA foram estabelecidos em 1990 com base no conhecimento vigente à época. As diretrizes da OMS, revisadas em 2005, já refletem o conhecimento acumulado nos diversos estudos científicos realizados mais recentemente, que indicam que os efeitos deletérios dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana são percebidos em concentrações muito menores que aquelas previstas anteriormente. Por exemplo, o padrão CONAMA apresenta valor limite para PM_{10} três vezes superior a diretriz da OMS.

Conforme citado anteriormente, o Governo do Estado do Espírito Santo estabeleceu novos padrões de qualidade do ar por meio do Decreto nº 3463-R de 16/12/2013. Esses padrões estaduais incluem dois poluentes que não possuíam padrões específicos na Resolução CONAMA nº 03/1990, estes são: material particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a $2,5\ \mu m$ ($PM_{2,5}$) e partículas sedimentadas (PS). Além disso, foram estabelecidas metas intermediárias (MI1, MI2 e MI3) como valores temporários a serem cumpridos em etapas visando a melhoria gradativa da qualidade do ar e a implementação de um padrão final (PF), para que seja preservada ao máximo a saúde da população em relação ao danos causados pela poluição atmosférica. Esse decreto indica também que o valor referencial que deve ser respeitado a partir da sua publicação é a meta intermediária MI1.

Tanto as diretrizes da OMS, quanto os padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar, apresentam valores referenciais associados aos efeitos à saúde causados pela curta e longa exposição a cada poluente a fim de prevenir efeitos agudos e crônicos, respectivamente. Entretanto, para os poluentes SO_2 , O_3 e CO a OMS estabelece diretriz apenas para valores referenciais para curta exposição.

De acordo com a OMS, não é necessário estabelecer uma diretriz para valores de concentração de SO_2 relacionados aos efeitos causados por longa exposição, pois valores suficientemente baixos de concentração de média diária garantiriam um baixo valor da média anual (OMS, 2005). Igualmente, apesar de existirem evidências científicas sobre os efeitos à saúde devido à longa exposição ao O_3 , essas evidências ainda não são suficientes para sustentar a indicação de uma diretriz ou padrão associado à média anual (OMS, 2005).

Quanto ao CO, estudos científicos indicam que durante exposição a concentrações invariáveis de CO, a concentração de carboxihemoglobina no sangue aumenta rapidamente e atinge regime permanente após 6 a 8 horas de exposição sendo que qualquer valor calculado com tempo de média igual a 8 horas seria representativo de exposições mais longas (OMS, 2000).

Além dos padrões de qualidade do ar, a Resolução CONAMA nº 03/1990 estabeleceu níveis de qualidade do ar para que estados e municípios pudessem elaborar um plano de emergência para episódios críticos de poluição do ar com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população. Um episódio crítico de poluição do ar está definido como a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos. São três, estes níveis: atenção, alerta e emergência. O estabelecimento dos desses níveis estão também previstos no Decreto Estadual nº 3463-R de 16/12/2013.

Para a definição desses três níveis são considerados os seguintes parâmetros: concentrações de Dióxido de Enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre a concentração de partículas totais em suspensão e a concentração de Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio, Partículas Inaláveis, fumaça, Dióxido de Nitrogênio, bem como as condições meteorológicas. Os níveis de atenção, alerta ou emergência são declarados quando, prevendo-se a manutenção das emissões bem como as condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas vinte e quatro horas subsequentes for atingida, respectivamente, uma ou mais das condições apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação dos níveis de atenção, alerta e emergência.

Níveis	PM ₁₀ 24h	PTS 24h	SO ₂ 24h	SO ₂ × PTS 24h	NO ₂ 1h	O ₃ 1h	CO 8h	Fumaça 24h
ATENÇÃO	250	375	800	65.000	1.130	400	17.000 (15ppm)	250
ALERTA	420	625	1.600	261.000	2.260	800	34.000 (30ppm)	420
EMERGÊNCIA	500	875	2.100	393.000	3.000	1.000	46.000 (40ppm)	500

Fonte: Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990.

3.4 Índice de Qualidade do Ar

O IEMA divulga diariamente (dias úteis) informações sobre a qualidade do ar na RMGV. Essas informações são apresentadas por meio do índice e da classificação de qualidade do ar. O objetivo do índice e da classificação da qualidade do ar é indicar o atendimento aos padrões ou metas vigentes.

A divulgação do índice é efetuada utilizando o índice mais elevado dentre todos os poluentes medidos em cada estação. Portanto, a qualidade do ar em uma dada estação é indicada a partir do pior resultado dentre os poluentes monitorados naquela

estação. A classificação da qualidade do ar varia desde boa e regular a inadequada, ruim, péssima e crítica (seis classes) sendo também representada segundo uma escala de cores a fim de facilitar a compreensão.

A Tabela 3.4 apresenta as faixas de concentração e de Índice de Qualidade do ar (IQA) para cada poluente para definição da classificação (boa, regular, inadequada, ruim, péssima ou crítica). As faixas de concentração, associadas às faixas dos índices, apresentam limites inferiores e superiores baseados em valores referenciais de qualidade do ar para longa e curta exposição, seguidos pelos níveis de atenção, alerta e emergência. Neste relatório foram considerados como valores de referência para longa e curta exposição, as metas intermediárias MI1 para longa e curta exposição, de acordo com o Decreto Estadual nº 3463-R de 16/12/2013. Os níveis de atenção, alerta e emergência foram considerados idênticos aqueles da Resolução CONAMA nº 03/1990, pois ainda não foram definidos novos valores na legislação estadual.

O índice de qualidade do ar é representado por um valor numérico que varia de zero a 500, sendo 100 o índice associado a MI1 para curta exposição ao poluente. O índice de valor 50 está associado a MI1 para longa exposição ao poluente (PM_{10} , PTS , SO_2 e NO_2) ou à metade do valor de MI1 para curta exposição ao poluente (CO e O_3). Assim, esse índice pode ser calculado a partir de funções lineares descontínuas em seis faixas de valores sendo os pontos de inflexão associados as MI1 (curta e longa exposição) e níveis de atenção alerta e emergência. Para cada uma destas seis faixas do índice está associada uma classificação da qualidade do ar.

Exemplificando para melhor compreensão da construção da Tabela 3.4, considere o poluente PM_{10} , o limite inferior da faixa de classificação boa corresponde a $45 \mu g/m^3$ que representa a MI1 para longa exposição ao poluente PM_{10} e o limite superior da mesma faixa, corresponde a $120 \mu g/m^3$ que representa a MI1 para curta exposição ao poluente PM_{10} . Isso significa que, caso mantida a média de 24 horas de PM_{10} abaixo de $45 \mu g/m^3$, a MI1 para curta exposição estará sendo obedecida e a MI1 para longa exposição também será garantida. Assim, a qualidade do ar pode ser classificada como boa. Por outro lado, se a média de 24 horas de PM_{10} estiver acima de $45 \mu g/m^3$, mas ainda abaixo de $120 \mu g/m^3$, a MI1 para curta exposição está sendo obedecida, mas a MI1 para longa exposição não será garantida. Assim, a qualidade do ar é classificada como regular, mas ainda adequada. A qualidade do ar somente será classificada como inadequada, se a MI1 para curta exposição for ultrapassada.

Para o poluente O_3 que não possui meta ou padrão para longa exposição, o limite inferior da faixa de classificação boa corresponde a $70 \mu g/m^3$ que representa a metade do valor de MI1 para curta exposição (8 horas) ao poluente O_3 e o limite superior da

mesma faixa, corresponde a $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que representa a MI1 para curta exposição (8 horas) ao poluente.

Para o poluente CO que também não possui meta ou padrão para longa exposição, mas que possui MI1 para médias de 1 hora e 8 horas, o limite inferior da faixa de classificação boa corresponde à média horária igual a $5.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que representa a metade do valor de MI1 para exposição de 8 horas ao poluente CO e o limite superior da mesma faixa, corresponde a $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que representa a MI1 para exposição de 8 horas ao poluente. Nesses casos, se a média horária for inferior ao valor de MI1 para exposição de 8 horas, então essa MI1 não será ultrapassada e a qualidade do ar pode ser considerada adequada (boa ou regular).

Tabela 3.4 - Descrição das classes, índices e valores limites de concentração (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação do IQA.

Classificação	Índice	PM ₁₀ 24h	PTS 24h	SO ₂ 24h	NO ₂ 1h	O ₃ 8h	CO 1h
BOM	0-50	0-45	0-65	0-40	0-50	0-70	0-5.000
REGULAR	51-100	46-120	66-180	41-60	51-240	71-140	5.001-10.000
INADEQUADA	101-199	121-250	181-375	61-800	241-1.130	141-200	10.001-17.000
RUIM	200-299	251-420	376-625	801-1.600	1.131-2.260	201-800	17.001-34.000
PÉSSIMA	300-399	421-500	626-875	1.601-2.100	2.261-3.000	801-1.000	34.001-46.000
CRÍTICA	>400	501-600	876-1.000	2.101-2.620	3.001-3.750	1.001-1.200	46.001-50.000

4. Monitoramento na RMGV

O monitoramento da qualidade do ar e das condições meteorológicas na RMGV é efetuado por 2 conjuntos complementares de estações de monitoramento: (i) Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr), (ii) rede manual de monitoramento de partículas sedimentadas. As estações da RAMQAr e da rede manual de monitoramento de partículas sedimentadas estão localizadas em 4 dos 7 municípios da RMGV, em locais estratégicos para o direcionamento de políticas de gestão e de controle.

4.1 Rede Automática de Qualidade do Ar (RAMQAr)

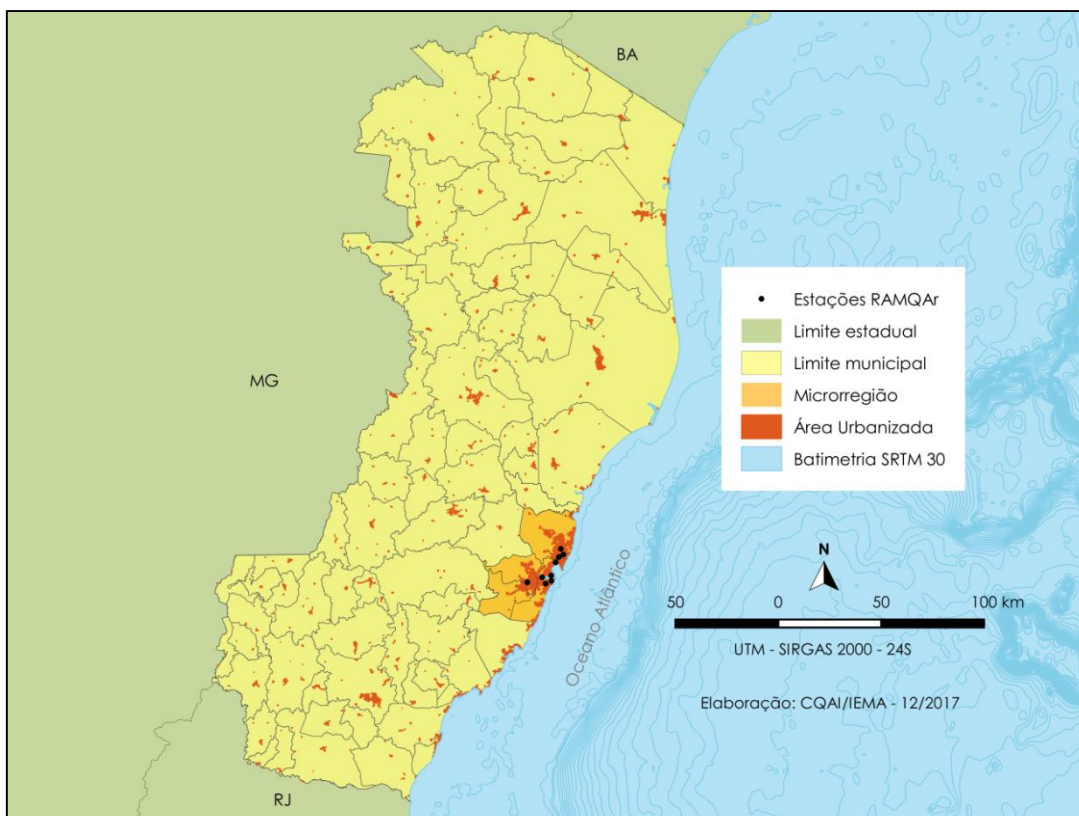
A RAMQAr tornou-se operacional em 2000, e foi viabilizada por meio de condicionantes das Licenças de Instalação da Usina VII da CVRD (LI-198/98) e Alto Forno II da CST (LI-192/98), sendo composta, originalmente, por 8 estações de monitoramento. Atualmente, a RAMQAr possui 9 estações de monitoramento, sendo que a nona estação (Cidade Continental) foi instalada por meio da condicionante da Sol Coqueria (LO-007/07), contudo os dados foram integrados a RAMQAr somente a partir de 2011, Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Dados de localização das estações da RAMQAr.

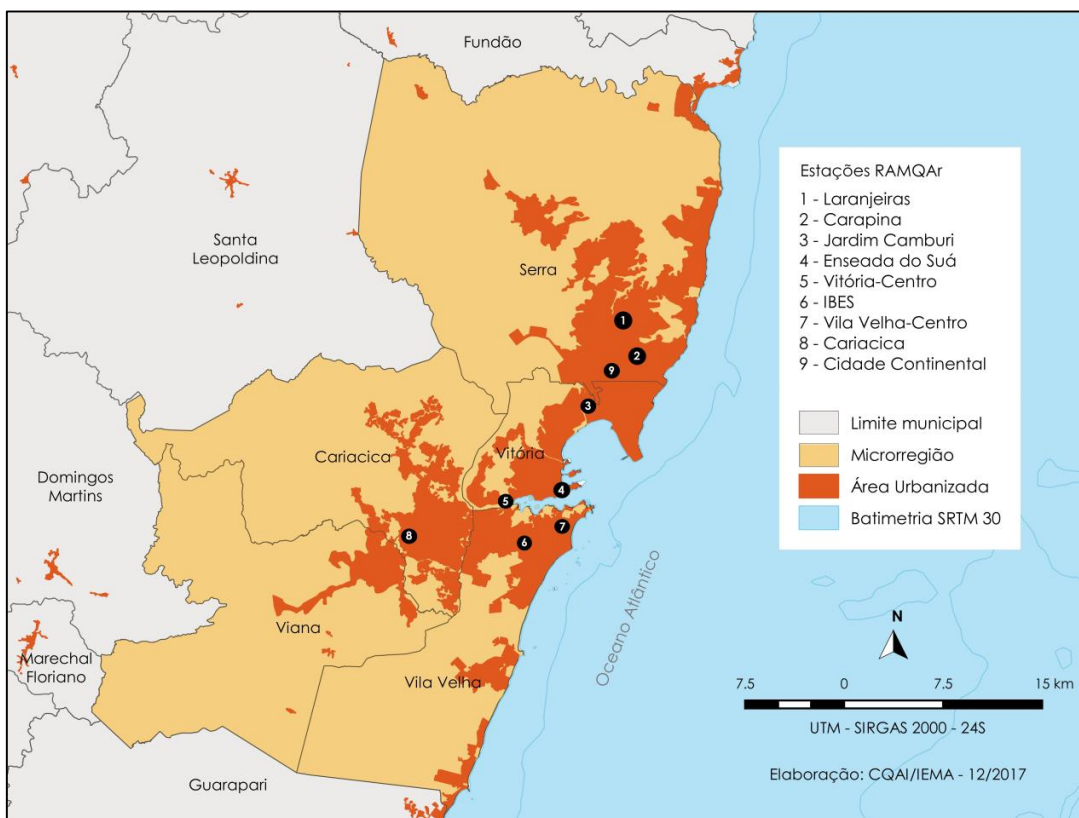
Estação	Localização	Bairro	Município	Início da Operação	Coordenadas	
					X	Y
RAMQAr 1	Hospital Dório Silva	Laranjeiras	Serra	2000	369917	7766305
RAMQAr 2	ArcelorMittal Tubarão	Carapina	Serra	2000	368945	7762315
RAMQAr 3	Unidade de Saúde	Jardim Camburi	Vitória	2000	367429	7760371
RAMQAr 4	Corpo de Bombeiros	Enseada do Suá	Vitória	2000	365266	7753279
RAMQAr 5	Ministério da Fazenda	Centro	Vitória	2005	360857	7752450
RAMQAr 6	4º Batalhão da Polícia Militar	Ibes	Vila Velha	2000	362532	7749346
RAMQAr 7	Ao lado do Colégio Marista	Centro	Vila Velha	2000	365354	7750721
RAMQAr 8	CEASA	Vila Capixaba	Cariacica	2000	353697	7749998
RAMQAr 9	ArcelorMittal Tubarão	Cidade Continental	Serra	2011	371218	7763588

Nota: Sistema de Coordenadas UTM – SIRGAS 2000.

A RAMQAr está localizada nos municípios integrantes da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), conforme demonstrado no Mapa 4.1 e Mapa 4.2.



Mapa 4.1 - Distribuição das estações da RAMQAr no Espírito Santo.



Mapa 4.2 - Distribuição das estações da RAMQAr na RMGV.

A RAMQAr é de propriedade do IEMA, que gerencia sua operação e manutenção que tem como objetivos:

- Verificar o cumprimento de normas e padrões no controle da qualidade do ar;
- Verificar a efetividade das medidas de controle ambiental;
- Verificar a influência das atividades produtivas urbanas na qualidade do ar;
- Vigilância da qualidade do ar no entorno de fontes específicas;
- Avaliar as tendências urbanas;
- Avaliar inventário de emissões e modelos de dispersão;
- Consolidação das informações para subsidiar estudos de riscos para a saúde;
- Prognósticos de episódios de altas concentrações;
- Apoio a pesquisas acadêmicas.

A Tabela 4.2 apresenta uma descrição da abrangência esperada e fontes de influência por cada estação da RAMQAr em sua concepção original.

Tabela 4.2 - Descrição da área de influência das estações da RAMQAr.

Estação	Localização	Descrição de abrangência e fontes de influência
RAMQAr 1	Laranjeiras	Influências diretas das indústrias da Ponta de Tubarão quando da ocorrência de ventos sul e demais indústrias do CIVIT quando a concorrência de ventos Nordeste.
RAMQAr 2	Carapina	Esta estação capta influências das indústrias da Ponta de Tubarão em determinadas condições de vento, podendo registrar influência. No que diz respeito ao monitoramento meteorológico, essa é a estação mais completa.
RAMQAr 3	Jardim Camburi	Cobre áreas diretamente influenciadas pelas emissões de indústrias da Ponta de Tubarão, Serra e Vitória. A mesma, ainda, sofre influência de fontes móveis circulando em áreas nos seus arredores.
RAMQAr 4	Enseada do Suá	É apresentada como a principal estação na rede de medição instalada, pois se localiza em um ponto estratégico da Região Metropolitana da Grande Vitória e proporciona grande área de cobertura espacial. Além disso, ela é diretamente influenciada pelas emissões de origem industrial da Ponta de Tubarão e pelas fontes móveis que convergem para aquela área de passagem natural da região.
RAMQAr 5	Centro-Vitória	A estação proporciona cobertura espacial de áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos, recebendo ainda contribuições de atividades portuárias e fontes industriais dos municípios de Vitória e Vila Velha.
RAMQAr 6	Ibes	Cobre áreas diretamente influenciadas pelas emissões veiculares e industriais dos municípios de Vitória, Vila Velha e Cariacica. A estação reúne todas as condições físicas para medição adequada dos parâmetros meteorológicos.
RAMQAr 7	Centro-Vila Velha	Proporciona cobertura espacial de áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos e industriais dos municípios de Vitória e Vila Velha.
RAMQAr 8	Vila Capixaba	A estação apresenta uma alta cobertura na parte sudoeste da região, com baixa redundância entre outras estações da rede. Ela cobre ainda áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos e indústrias de Cariacica, além de reunir todas as condições físicas para medição adequada dos parâmetros meteorológicos.
RAMQAr 9	Cidade Continental	É influenciada diretamente pelas indústrias da Ponta de Tubarão, e registra emissões relativas de veículos e outras fontes da Serra.

É importante ressaltar o crescimento da RMGV e as alterações relacionadas às principais fontes da região requerem revisões do desenho original. Por exemplo, as estações que atualmente monitoram os níveis de O_3 encontram-se muito próximas de regiões de tráfego intenso, que são caracterizadas pelas significativas emissões de NO_x , que reduzem as concentrações atmosféricas locais de O_3 . Um monitoramento mais adequado das concentrações de O_3 deveria considerar a presença de estações mais afastadas de vias de tráfego intenso, visto que a dinâmica de formação desse poluente conduz a níveis mais elevados de concentração em regiões mais afastadas das fontes de emissão de NO_x .

Outro fator relevante que leva a necessidade de revisão é a construção de edificações próximas às estações que prejudicam não apenas o monitoramento da qualidade do ar, mas principalmente, o monitoramento das variáveis meteorológicas.

A Tabela 4.3 apresenta os parâmetros meteorológicos e de qualidade do ar monitorados por cada estação da RAMQAr.

Tabela 4.3 - Parâmetros monitorados pelas estações da RAMQAr.

Estação	Localização	PM _{2,5}	PM ₁₀	PTS	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	CH ₄	HCnM	HCT	Parâmetros Meteorológicos
RAMQAr 1	Laranjeiras		X	X	X	X	X	X	X	X				
RAMQAr 2	Carapina		X	X										DV,P,PP,RS,SIGT,T,UR,VV
RAMQAr 3	Jardim Camburi		X	X	X	X	X	X						
RAMQAr 4	Enseada do Suá	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	DV,SIGT,VV
RAMQAr 5	Centro-Vitória		X	X	X	X	X	X	X		x	X	X	
RAMQAr 6	Ibes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	DV,SIGT,T,UR,VV
RAMQAr 7	Centro-Vila Velha		X		X									
RAMQAr 8	Vila Capixaba		X	X	X	X	X	X	X	X				DV,SIGT,T,UR,VV
RAMQAr 9	Cidade Continental		X	X	X		X							DV,VV

Nota: Sistema de Coordenadas UTM – SIRGAS 2000.

Legenda

Poluentes		Meteorologia	
CH ₄	Metano	DV	Direção do Vento
CO	Monóxido de Carbono	P	Pressão Atmosférica
HCnM	Hidrocarbonetos não metano	PP	Precipitação Pluviométrica
HCT	Hidrocarbonetos Totais	RS	Radiação Solar
NO	Monóxido de Nitrogênio	SIGT	Desvio Padrão da Direção do Vento
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio	T	Temperatura
NO _x	Óxidos de Nitrogênio	UR	Umidade Relativa
O ₃	Ozônio	VV	Velocidade do Vento
PM ₁₀	Partículas Inaláveis (<10 µm)		
PM _{2,5}	Partículas Respiráveis (<2,5 µm)		
PTS	Partículas Totais em Suspensão		
SO ₂	Dióxido de Enxofre		

As estações automáticas coletam e analisam continuamente amostras do ar e processam essas informações na forma de médias horárias, no próprio local e em tempo real. As médias horárias são transmitidas para a central de telemetria localizada na Coordenação de Qualidade do Ar do IEMA e armazenadas em servidor exclusivo de banco de dados, onde passam por processo de validação técnica periódica. Todos os monitores usados na RAMQAr atendem aos padrões de qualidade e desempenho mais rigorosos do mercado e possuem a certificação da USEPA. A operação da RAMQAr é realizada por empresa contratada através de licitação pública, com a fiscalização e gerência de servidores do IEMA.

4.1.1. Monitor de Particulado

Os monitores de Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PM_{10}) e Partículas Respiráveis ($PM_{2,5}$), utilizam a metodologia de medição *Tapered Element Oscillating Microbalance* TEOM para a medição contínua da concentração de massa de material particulado contido no ar ambiente. O TEOM consiste na passagem de ar ambiente com fluxo constante através de um filtro que é continuamente pesado, através da medição de diferencial de frequência de oscilação medida deste filtro, calculando-se então, as concentrações de massa em tempo real.

4.1.2. Monitor de Dióxido de Enxofre (SO_2)

O instrumento utiliza o princípio da fluorescência dos raios ultravioleta para medir as concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) no ambiente. A amostra de gás é irradiada com uma luz ultravioleta de grande intensidade produzindo uma reação iônica. Esta reação é opticamente filtrada e detectada por um fotodiodo. O fotodiodo produz um sinal elétrico proporcional à concentração de SO_2 na amostra de gás.

4.1.3. Monitor de Óxidos de Nitrogênio (NO_x , NO, NO_2)

O instrumento utiliza uma combinação do tipo de modulação de fluxo cruzado duplo, com o princípio de quimiluminescência com o método de cálculo diferencial. Quando o Monóxido de Nitrogênio (NO) e o Dióxido de Nitrogênio (NO_2) reagem com o Ozônio, uma parte do NO é oxidada formando NO_2 . Parte do NO_2 gerado está em um estado excitado e emite luz neste estado. Este fenômeno é chamado de quimiluminescência. O analisador separa a amostra em duas partes. Em uma delas o NO_2 é reduzido para NO pelo conversor térmico de NO_x e então é utilizado para medir NO_x ($NO + NO_2$). Na outra parte, a amostra de gás de NO é medida normalmente. Na câmara de reação a amostra reage com o ozônio (formando o NO_2 excitado) e a emissão de luz produzida

é detectada por um fotodiodo. A saída produzida pelo fotodiodo é proporcional às concentrações de NO_x e NO no fluxo da amostra.

4.1.4. Monitor de Monóxido de Carbono (CO)

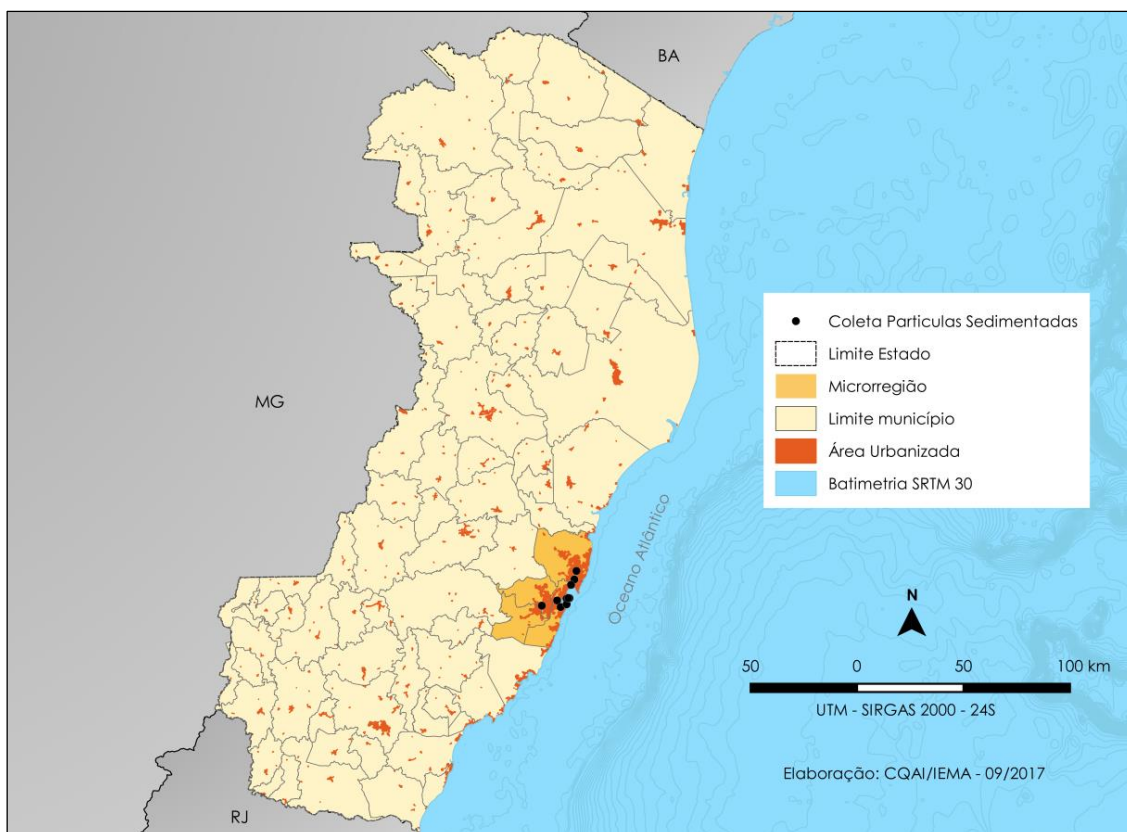
O instrumento utiliza o efeito de modulação que ocorre com a absorção de infravermelho (IR) de uma amostra de gás, quando esta amostra de gás e um gás zero (neutro) são alternadamente injetados, a fluxo constante, em uma célula analisadora. Um detector de IR é utilizado para converter a absorção do gás em um sinal elétrico proporcional à concentração de CO.

4.1.5. Monitor de Ozônio (O_3)

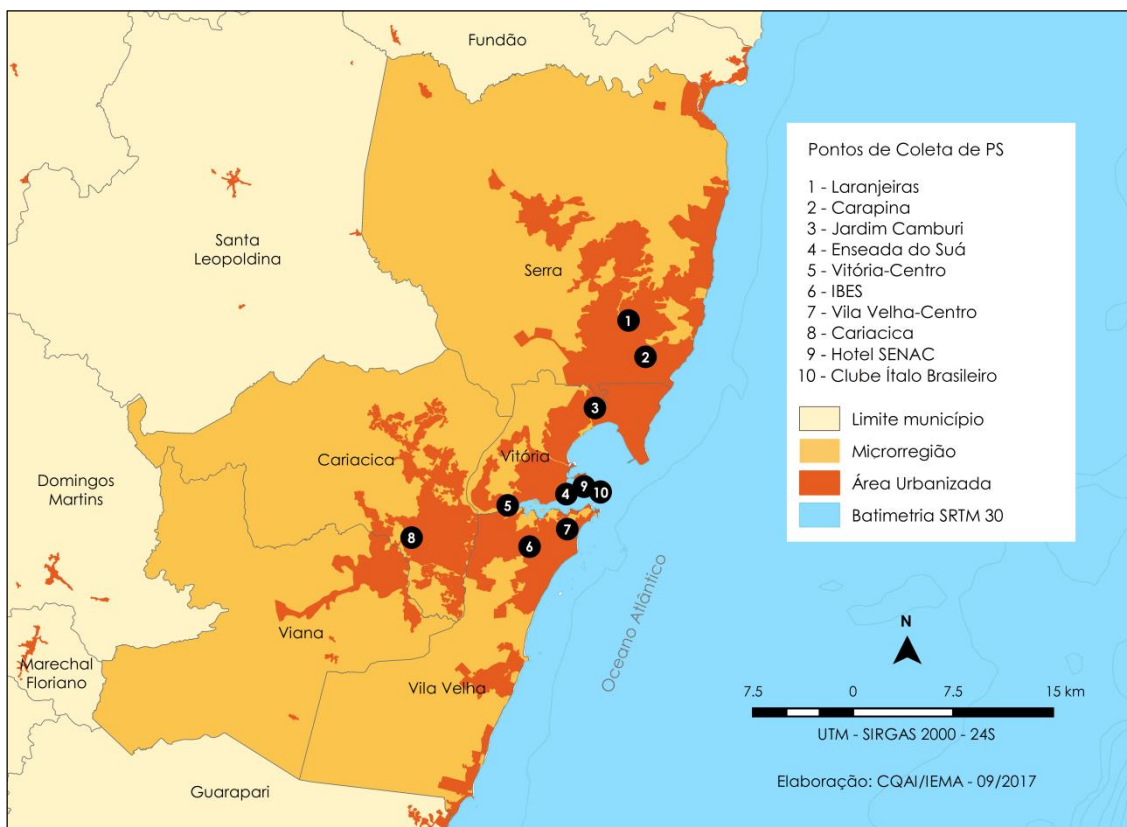
O instrumento utiliza o tipo de modulação de fluxo cruzado, o método de absorção ultravioleta juntamente com o método de cálculo comparativo. A amostra é exposta a uma fonte luminosa de UV com frequência constante. As moléculas de ozônio são absorvidas pela luz UV produzindo um sinal óptico que é convertido em um sinal elétrico. O sinal elétrico é usado para calcular a concentração de ozônio.

4.2 Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentadas

A Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentadas foi implantada em abril de 2009 com 09 pontos de monitoramento. Em dezembro do mesmo ano, a rede foi ampliada para 11 pontos de monitoramento. Atualmente a rede conta com 10 pontos, (Mapa 4.3 e Mapa 4.4), sendo 8 localizados nas estações da RAMQAr e 2 no bairro Ilha do Boi em Vitória (Hotel SENAC e Clube Ítalo Brasileiro). O ponto de monitoramento localizado no Centro de Vitória, na Banca Cultura na esquina da Av. Jerônimo Monteiro com a Rua Governador José Sette foi desativado em fevereiro de 2013 por solicitação do proprietário da Banca.



Mapa 4.3 - Distribuição espacial dos pontos de coleta de PS no Espírito Santo.



Mapa 4.4 - Distribuição espacial dos pontos de coleta de PS na RMGV.

O posicionamento dos pontos de monitoramento de poeira foi determinado com base nas recomendações da norma ASTM D1739-98 (*reapproved*, 2004), que sugere espaçamento entre os pontos de 5 a 8 km e proximidade com estruturas e edificações e presença de árvores. A Tabela 4.4 apresenta a localização dos pontos de monitoramento.

Tabela 4.4 - Dados das estações de monitoramento de partículas sedimentadas.

Estação	Localização	Bairro	Município	Coordenadas	
				X	Y
RAMQAr 1	Hospital Dório Silva	Laranjeiras	Serra	369917	7766305
RAMQAr 2	ArcelorMittal Tubarão	Carapina	Serra	368945	7762315
RAMQAr 3	Unidade de Saúde	Jardim Camburi	Vitória	367429	7760371
RAMQAr 4	Corpo de Bombeiros	Enseada do Suá	Vitória	365266	7753279
RAMQAr 5	Ministério da Fazenda	Centro	Vitória	360857	7752450
RAMQAr 6	4º Batalhão da Polícia Militar	Ibes	Vila Velha	362532	7749346
RAMQAr 7	Ao lado do Colégio Marista	Centro	Vila Velha	365354	7750721
RAMQAr 8	CEASA	Vila Capixaba	Cariacica	353697	7749998
Ponto	Hotel SENAC	Ilha do Boi	Vitória	366107	7753649
Ponto	Clube Ítalo Brasileiro	Ilha do Boi	Vitória	366640	7753590

Nota: Sistema de Coordenadas UTM – SIRGAS 2000.

Cada ponto de monitoramento possui 4 coletores ASTM D1739-98 (2004) que permite mais segurança no caso de rejeição de amostras em algum dos potes, permitindo assim a análise dos dados de quantificação da massa depositada. A Figura 4.1 apresenta o coletor de partículas sedimentadas, que consiste basicamente de um recipiente de coleta de 25 cm de diâmetro e 50 cm de profundidade protegido por uma barreira para minimizar a influência da velocidade do vento sobre as medições. A existência de quatro coletores em cada estação permite, ainda, que a quantidade de massa coletada seja suficiente para uma posterior caracterização química das partículas, visto que são necessários 1 a 2 gramas para a realização das análises químicas.

Para a quantificação da taxa de deposição de poeira sedimentada em cada ponto de monitoramento também são empregados os procedimentos descritos na norma ASTM D1739-98 (2004), que consistem em deixar o recipiente coletor exposto por 30 dias, quantificando pelo princípio gravimétrico seu conteúdo, após a secagem da amostra em estufa. Conhecendo a massa de partículas depositadas e a área do recipiente,

determina-se o fluxo de deposição em $\text{g/m}^2/30$ dias. Os dados divulgados representam a média dos fluxos de deposição calculados entre os 4 coletores instalados em cada ponto de monitoramento.

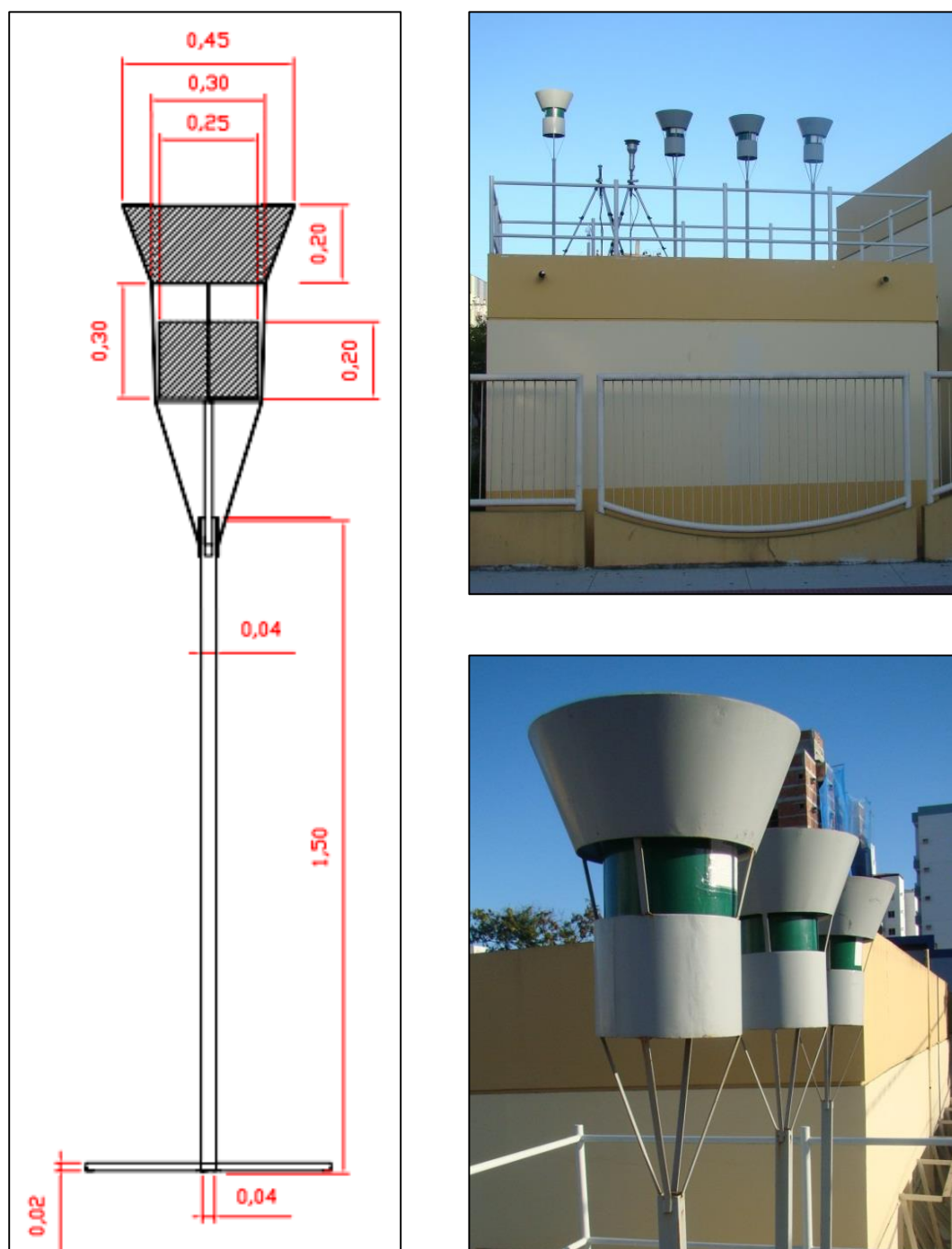


Figura 4.1 - Coletor de partículas sedimentadas de acordo com a norma ASTM D1739.

4.3 Métodos de Tratamento de dados

Os dados brutos utilizados para elaboração deste relatório são as concentrações médias horárias para cada um dos poluentes e variáveis meteorológicas monitoradas. A partir desses dados são calculadas as concentrações médias aritméticas anuais (PM_{10} , NO_2 e SO_2), médias geométricas anuais (PTS), médias móveis de 24 horas (PTS, PM_{10} e SO_2), médias móveis de 8 horas (CO e O_3) e médias horárias (CO , O_3 e NO_2).

As médias móveis das concentrações para tempos de média de 8 horas e 24 horas são utilizadas para a realização das comparações com os padrões previstos na Resolução CONAMA nº 03/1990, com as diretrizes da OMS e com os limites previstos pelo Decreto nº 3463-R de 16/12/2013, que estabelece novos padrões de qualidade do ar para o estado do Espírito Santo.

As médias móveis representam a melhor estratégia para a verificação da exposição ao poluente monitorado em estações automáticas, pois a exposição ocorre em horas consecutivas e não de acordo com as horas do relógio em um dia. Por exemplo, a exposição de 24 horas, não corresponde necessariamente a exposição ocorrida entre 00:00 horas de um determinado dia e 23:59 horas do dia posterior, mas a exposição de 24 horas consecutivas, seja entre 01:00 hora e 00:59 hora do dia posterior ou entre 02:00 horas e 01:59 horas do dia posterior, e assim, consecutivamente. Desse modo, nesta dinâmica existem 23 médias móveis de 24 horas em 1 dia e 8.760 em 1 ano onde a exposição ao poluente pode ser verificada continuamente. Outro modo interessante de avaliar a importância do uso da média móvel, consiste em perceber que a média de 24 horas entre 00:00 horas e 23:59 horas pode ser menor que a média de 24 horas calculada entre 12:00 horas e 11:59 do dia posterior, entretanto, a exposição de 24 horas ao poluente ocorreu tanto entre 00:00 horas e 23:59 horas como entre 12:00 horas e 11:59 horas.

As comparações com os limites previstos pelo Decreto nº 3463-R de 16/12/2013 são de vital importância para o gerenciamento da qualidade do ar na RMGV, pois o decreto estabelece metas intermediárias que devem ser alcançadas em 3 etapas até o atingir os padrões finais de qualidade esperados, que estão alinhados com as diretrizes de qualidade do ar preconizadas pela OMS.

Adicionalmente, são apresentados os IQA's para o período analisado e número de dias com excedência de limites dos padrões de qualidade CONAMA nº 03/1990, Decreto Estadual nº 3463-R e das diretrizes da OMS.

4.3.1. Representatividade dos dados

A análise da representatividade dos dados de monitoramento é muito importante para garantir a validade das comparações entre os dados de monitoramento e os padrões de qualidade do ar. Por exemplo, se uma estação de monitoramento possui dados válidos de medição somente em metade dos meses de um ano, a média anual da concentração de poluentes calculada com os dados dessa estação pode não ser representativa da qualidade do ar daquela região. Esse problema pode ser mais grave se os dados excluírem períodos críticos ou de condições meteorológicas desfavoráveis, como os meses de inverno, por exemplo. Nesse caso, a concentração média anual calculada seria significativamente diferente da concentração média anual real, pois poderia excluir diversos dados com elevados valores de concentração. Nesse contexto, a definição de critérios de representatividade de dados é de extrema importância para assegurar a confiabilidade das análises efetuadas.

A representatividade de um parâmetro de monitoramento calculado (tais como médias anuais, mensais ou de 24 horas) é avaliada com base no percentual de dados brutos válidos que foi utilizado em seu cálculo. Ao processar os dados brutos, são considerados como dados disponíveis/válidos os dados que não são invalidados pelo sistema de captura/armazenamento de dados ou pelo gestor do sistema.

Com o objetivo de uniformizar os critérios de representatividade utilizados por órgãos ambientais estaduais no Brasil, o presente relatório utiliza os mesmos critérios empregados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2013) e Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA-RJ, 2013). A representatividade dos dados é testada com base no número de dados brutos disponíveis/ válidos para o cálculo de médias horárias, diárias, mensais e anuais. A Tabela 4.5 apresenta os critérios de representatividade dos parâmetros monitorados utilizados neste relatório.

Tabela 4.5 - Descrição dos critérios de representatividade dos parâmetros monitorados utilizados neste relatório.

Parâmetro a ser calculado	Critério de representatividade
Médias horárias	75% de dados válidos durante a hora
Médias de 24 horas	2/3 das medias horárias válidas durante as 24 horas
Media Mensal	2/3 das medias diárias válidas no mês
Media anual	1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro

Somente os resultados considerados representativos serão considerados nas análises neste relatório. Os resultados que não atendem aos critérios de representatividade não foram levados em consideração para as análises efetuadas, mas são apresentados nos gráficos e tabelas com a indicação “não representativos”.

5. Dados Meteorológicos na RMGV

Os poluentes atmosféricos estão sujeitos a processos de transporte e transformação afetados pelas condições meteorológicas que desempenham papel importante na caracterização dos eventos de poluição do ar, podendo influenciar o aumento ou diminuição das concentrações dos poluentes na atmosfera.

Por estar situada na região litorânea, a RMGV apresenta clima tropical quente (Aw), possuindo inverno ameno e seco, e verão chuvoso e quente, além disso, na região sudeste os ventos são predominantemente na direção nordeste (NE), favorecendo o transporte de umidade do oceano Atlântico Equatorial. Igualmente, as características do regime de vento na RMGV são influenciadas também por circulações de vento locais bastante distintos, como as brisas marinhas e terrestres (devido à proximidade com o oceano) e brisas de vale e montanha (devido à topografia acidentada), configurando variações significativas na meso e microescala.

Para a caracterização meteorológica da RMGV durante o ano de 2016, foram utilizados os dados medidos nas estações meteorológicas da RAMQAr. A estação Carapina (RAMQAr 2) possui estação meteorológica completa que possibilita a medição das seguintes variáveis: temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, radiação solar, precipitação, direção e velocidade do vento. As estações Vila Capixaba, Ibes e Enseada do Suá monitoram a direção e velocidade do vento e a estação Vila Capixaba monitora também temperatura e umidade relativa do ar.

A análise estatística descritiva dos dados meteorológicos medidos pela rede RAMQAr durante o ano de 2016 indicou elevado percentual de dados faltantes, principalmente dos dados medidos na estação Carapina. De acordo com os critérios de representatividade dos dados monitorados apresentados na Tabela 4.5 as médias calculadas para precipitação, radiação solar, pressão atmosférica e direção e velocidade do vento foram consideradas não representativas nesta estação. Da mesma maneira, os dados de temperatura e umidade relativa também foram consideradas não representativas na estação Vila Capixaba. Ressalta-se que não houve medição de vento nas estações Vila Capixaba e Cidade continental.

Dessa forma, optou-se por incluir a estação meteorológica de superfície (EMS) do Aeroporto de Vitória (SBVT 83649, Lat 20,25°S; Lon 40,28°W) na presente análise para avaliação quanto à direção e velocidade do vento, que além de apresentar 96,6% dos dados de direção do vento e 98,9% dos dados velocidade do vento válidos em 2016,

possui sua localização de acordo com os padrões e normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Isso implica que essa estação pode ser considerada isenta de qualquer alteração na direção e velocidade do vento devido à ausência de barreiras ou edificações nas suas vizinhanças, servindo de comparativo com os dados de vento monitorados pelas estações da RAMQAr.

5.1. Precipitação

O Gráfico 5.1 apresenta a evolução mensal de chuva acumulada na estação Carapina em 2016, o qual apresenta 65,65% de dados medidos válidos. Desta forma, de acordo com o critério de representatividade, onde 75% dos dados horários tem que ser considerados válidos para ser representativo da região, os dados de precipitação não são representativos. Os meses que não apresentaram dados representativos foram março, junho e setembro, sendo registrados 38,8 %, 42,9 % e 41,8 % dos dados válidos, respectivamente. Igualmente, nos meses de abril e maio não houve monitoramento da precipitação. Os meses restantes apresentaram, no mínimo, 85% dos dados válidos, sendo estes representativos dos dados de precipitação mensais.

Observa-se que nos meses em que os dados foram representativos o índice pluviométrico ficou abaixo do esperado, com exceção do mês de janeiro que registrou uma precipitação 23% superior ao da normal climatológica para este mês. A partir do mês de outubro, inicia-se, normalmente, o período chuvoso na região que se estende até dezembro. Nessa época do ano, a atuação dos sistemas sinóticos favorece o aumento de precipitação, porém no ano de 2016 a ocorrência de chuva nesse período foi abaixo do esperado pela normal climatológica da região.

Durante o mês de janeiro registrou-se um alto índice de precipitação devido a formação de uma longa ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), além disso, evidencia-se que durante esse mês ocorreu o declínio do fenômeno El Niño, influenciando o regime de chuvas da região. Entretanto, devido ao posicionamento de vórtices ciclônicos em altos níveis da atmosfera, favorecidos pela entrada de um pulso desfavorável da oscilação intrassazonal Madden-Julian (OMJ), contribuíram para o retorno às condições de déficit pluviométrico no mês de fevereiro (CPTEC, 2016).

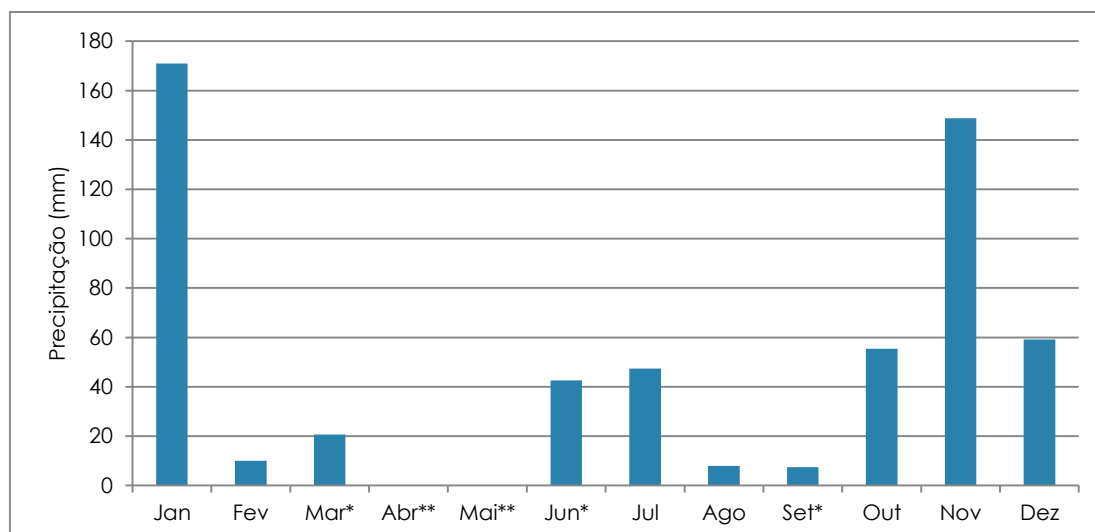


Gráfico 5.1 - Precipitação acumulada mensal na estação RAMQAr 2 - Carapina.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

5.2. Temperatura

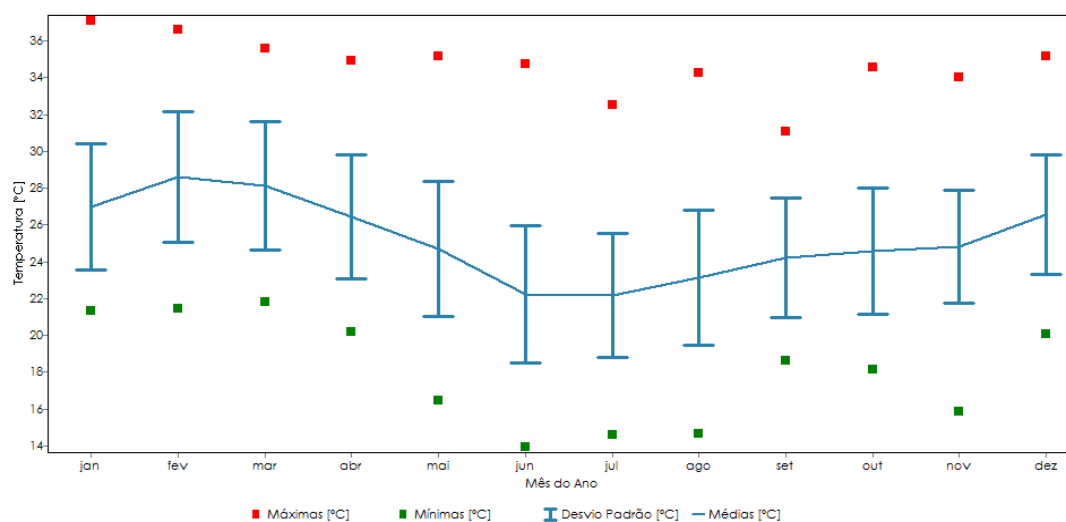
O Gráfico 5.2 (a) e (b) apresentam os valores médios mensais de temperatura média, máxima e mínima horária em 2016 para as estações Carapina e Vila Capixaba, respectivamente. Ressalta-se que apenas a estação Carapina é representativa, pois apresentou 81,39% dos dados válidos. Destaca-se que na estação Carapina os meses de março, abril e setembro apresentaram 38,79%, 40,50% e 41,75%, respectivamente, de dados válidos. A estação Vila Capixaba apresentou 62,12% dos dados válidos, sendo que os meses de abril e agosto apresentaram 14,56% e 63,89%, de dados válidos respectivamente e não houve o monitoramento nos meses de janeiro, fevereiro e março. Os outros meses apresentaram, no mínimo, 75% dos dados válidos.

As médias mensais da temperatura do ar ao longo de 2016 não apresentaram grandes variações. A temperatura média anual em Carapina foi 25,05°C e em Vila Capixaba foi 24,5°C, sendo a temperatura em carapina superior à normal climatológica (24,8°C). Essa variação de temperaturas observada entre as duas estações pode ser explicada devido à posição geográfica das estações que são afetadas de forma diferente pelas circulações meteorológicas locais. A estação Carapina está localizada na região litorânea da RMGV, ou seja, sofre influência direta da brisa marítima que atua na região costeira e intensifica a velocidade do vento, traz umidade do oceano e, consequentemente, diminui a temperatura do ar no continente.

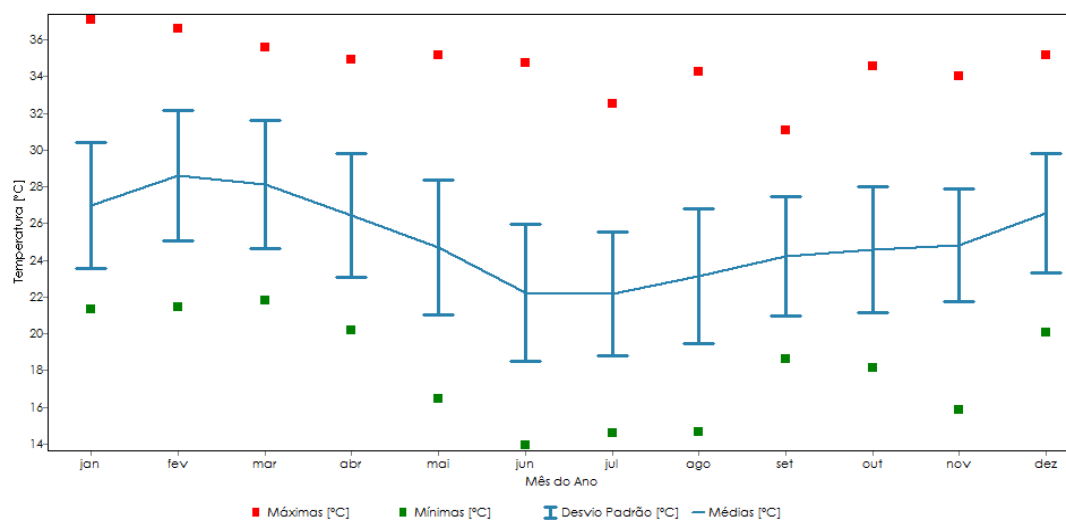
As maiores temperaturas foram registradas no mês de janeiro na estação de Carapina, 37,1°C, e no mês de dezembro na estação Vila Capixaba, 39,9°C. A temperatura

mínima ocorreu no mês de junho na estação Carapina, 13,9°C, e no mês de agosto na estação Vila Capixaba, 15,2°C. É importante ressaltar que esses dois valores extremos de máxima e mínima temperatura extrapolaram os valores médios das normais climatológicas para temperatura máxima (31,7°C no mês de fevereiro) e temperatura mínima (19,5°C no mês julho).

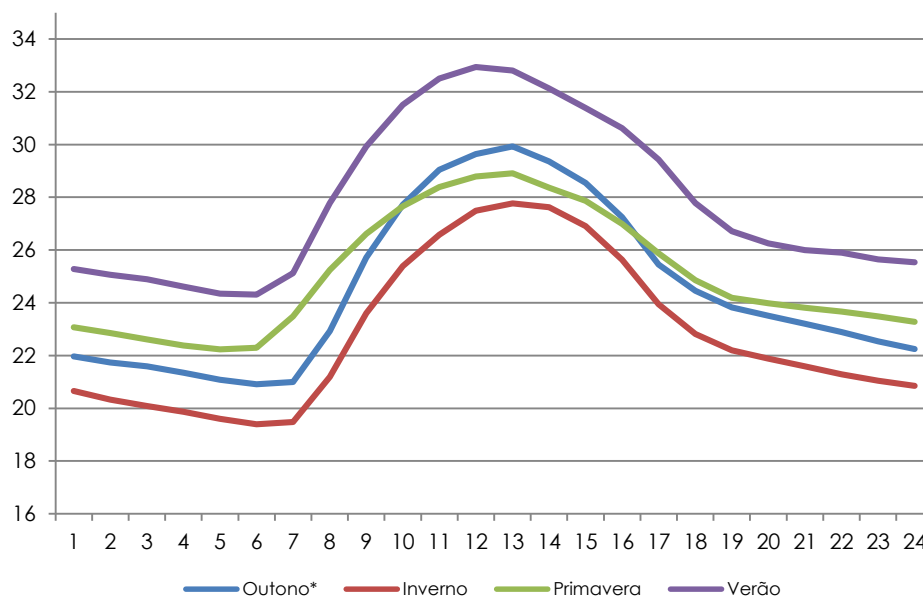
Devido à localização da RMGV em região tropical, as maiores diferenças de temperatura são observadas entre as estações de inverno e verão Gráfico 5.3 (a) e (b). Os valores máximos de temperatura durante todo o ano ocorrem entre 12h e 14h, período que coincide com a maior incidência de radiação solar na superfície. Destaca-se, que não houve monitoramento da temperatura no período correspondente ao verão na estação Vila capixaba (Gráfico 5.3).



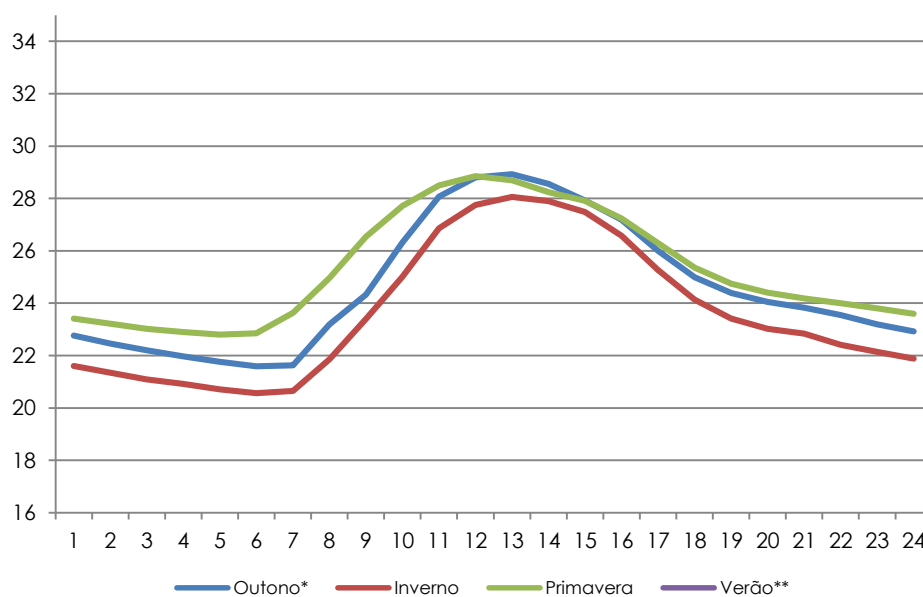
(a) RAMQAr 2 – Carapina



(b) RAMQAr 8 - Vila Capixaba

Gráfico 5.2 - Temperatura média mensal, máxima e mínima nas estações da RAMQAr.

(a) RAMQAr 2 - Carapina



(b) RAMQAr 8 - Vila Capixaba

Gráfico 5.3 - Temperatura média horária por estações do ano nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês

5.3. Pressão Atmosférica

A variação média mensal da pressão atmosférica apresenta comportamento sazonal, sendo que as altas pressões estão presentes sobre a região durante o período de inverno que está relacionado à migração dos centros de alta pressão do oceano para o continente e as pressões mais baixas ocorrem nos meses de verão quando acontece a migração dos centros de alta pressão no sentido inverso (Gráfico 5.4).

As variações de pressão média ao longo do ano são inferiores a 10 mbar. A pressão atmosférica média anual foi 1015,6 mbar. Os dados de pressão atmosférica medidos na estação Carapina não foram representativos no ano de 2016, sendo registrado menos de 75% dos dados horários válidos. Destaca-se que os meses de março, maio e setembro apresentaram 38,79%, 46,71% e 41,75%, respectivamente, de dados válidos, e os meses restantes apresentaram, no mínimo, 85% dos dados válidos. Não houve medição no mês abril.

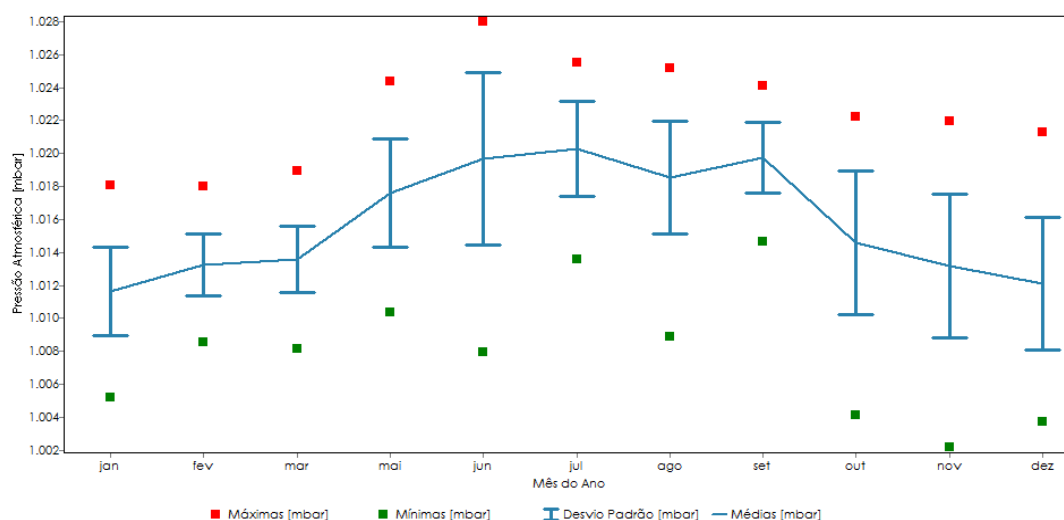


Gráfico 5.4 - Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação RAMQAr 2 - Carapina.

5.4. Radiação Solar

A radiação solar indica o fluxo de energia solar incidente sobre uma determinada área. Os Gráfico 5.5 e Gráfico 5.6 apresentam, respectivamente, as médias horárias e mensais de radiação solar, monitoradas na estação Carapina, com um comportamento típico, com máximos que ocorrem ao meio dia, com fluxo de radiação médio incidente em 200 W/m². É importante salientar que a estação de Carapina não foram representativos, pois apresentou 59,11% dos dados medidos válidos, sendo menor que o mínimo de 75% para serem considerados representativos. Destaca-se que os meses de março, setembro e outubro apresentaram 38,79%, 41,75% e 63,37%, respectivamente, de dados válidos.

Vale ressaltar que na estação Carapina não houve o monitoramento nos meses de abril, novembro e dezembro.

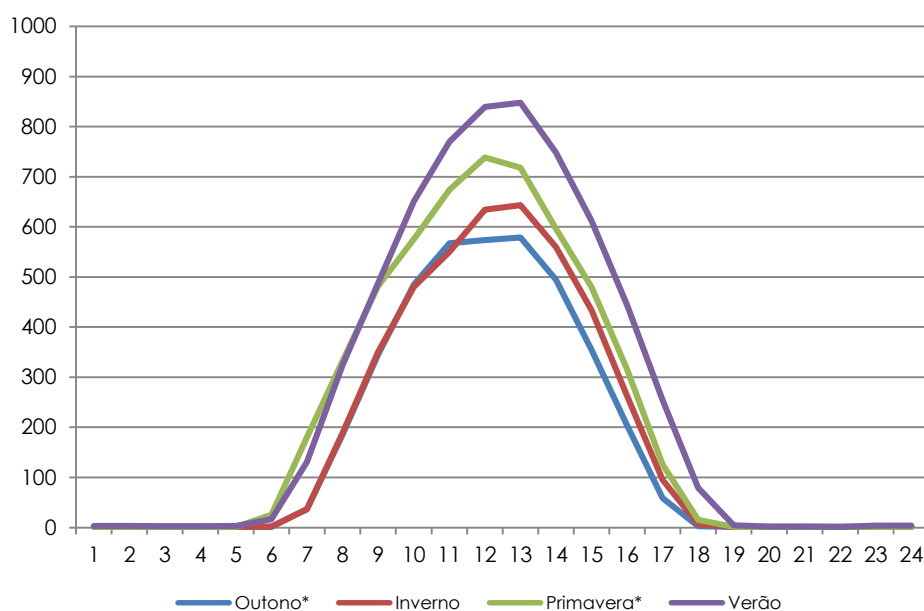


Gráfico 5.5 - Radiação solar média horária nos períodos de solstício e equinócio do ano na estação RAMQAr 2 - Carapina.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês

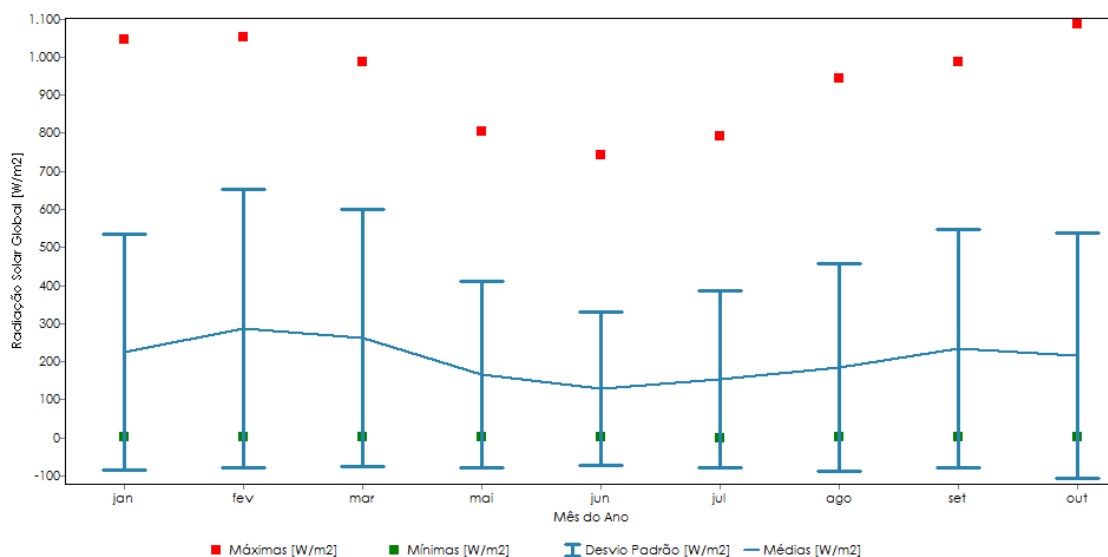


Gráfico 5.6 - Radiação solar média mensal e máxima na estação RAMQAr 2 - Carapina.

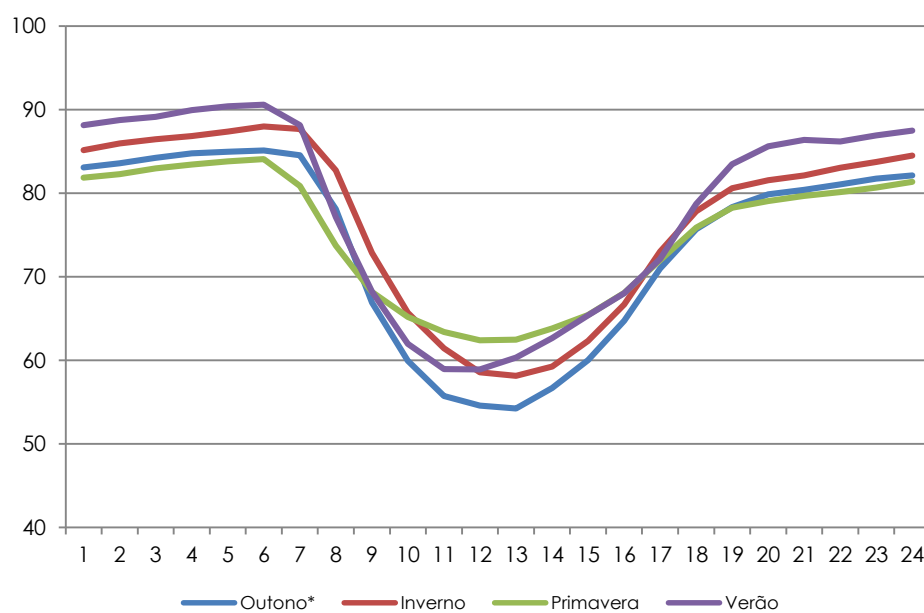
5.5. Umidade

Os Gráfico 5.7 e Gráfico 5.8 apresentam, respectivamente, as análises de umidade média horária nos período de solstício e equinócio do ano e as médias e máximas mensais nas estações Carapina e Vila Capixaba. Ressalta-se que na estação Vila Capixaba os dados não foram representativos, sendo registrado apenas 62,14% dos dados horários válidos.

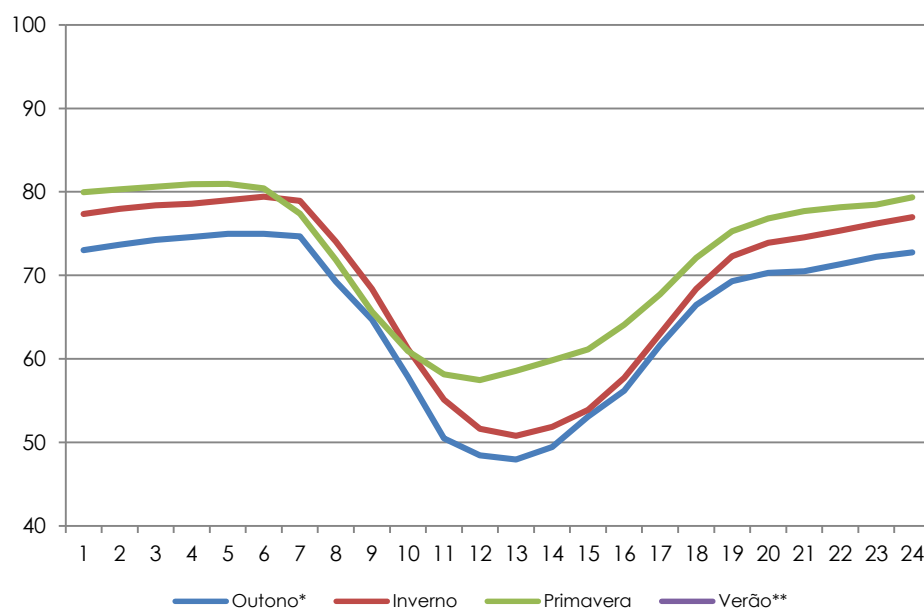
Destaca-se que na estação Carapina os meses de março, abril e setembro apresentaram 38,79%, 40,50% e 41,75%, respectivamente, de dados válidos, enquanto que na estação Vila Capixaba os dados não apresentaram representatividade para os meses de abril e agosto (14,42% e 64,03%, respectivamente) e não houve o monitoramento nos meses de janeiro, fevereiro e março.

A umidade relativa do ar mantém-se elevada durante todo o ano na RMGV, condição típica de região litorânea e tropical, apresentando média anual igual a 75,88% na estação de Carapina e 69,18% em Vila Capixaba. O ciclo horário da umidade relativa do ar varia de forma inversamente proporcional ao ciclo horário de temperatura, com valores mais altos durante o período noturno e valores mínimos durante o período de maior insolação, em torno do meio dia. Diferentemente dos outros parâmetros analisados anteriormente, a umidade relativa do ar não apresenta comportamento sazonal definido nessa região devido a sua posição geográfica.

A diferença de umidade apresentada entre as duas estações ocorre devido à proximidade da estação Carapina ao oceano. A média anual dos valores extremos variou entre 35,31% (UR mínima) e 99,14% (UR máxima) na estação Carapina e 16,04% (UR mínima) de 91,23% (UR máxima) em Vila Capixaba, sendo o mês de maio mais seco em Carapina e abril em Vila Capixaba. Esses meses secos, com baixa umidade relativa do ar e pouca chuva, podem promover piora significativa nos níveis de poluição atmosférica, além de agravar doenças respiratórias e inflamações nos olhos (CGE).



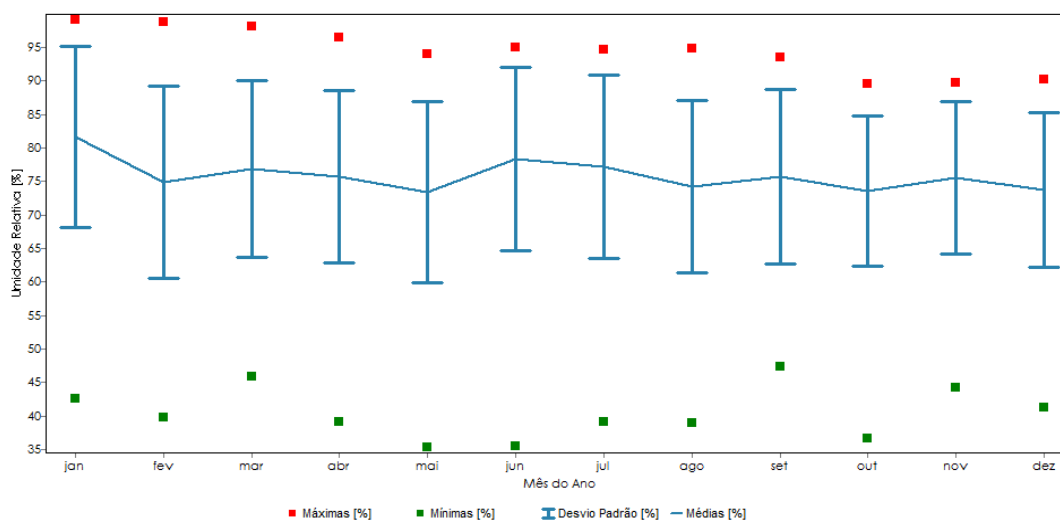
(a) RAMQAr 2 - Carapina



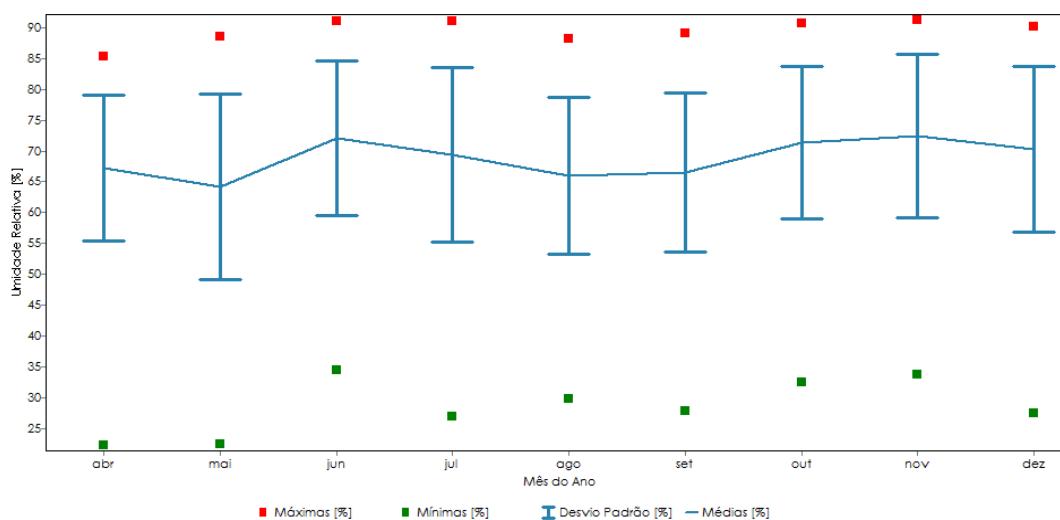
(b) RAMQAr 8 - Vila Capixaba

Gráfico 5.7 - Umidade relativa média horária nos períodos de solstício e equinócio nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês



(a) RAMQAr 2 - Carapina



(b) RAMQAr 8 - Vila Capixaba

Gráfico 5.8 - Umidade relativa média mensal, máxima e mínima nas estações RAMQAr.

5.6. Vento

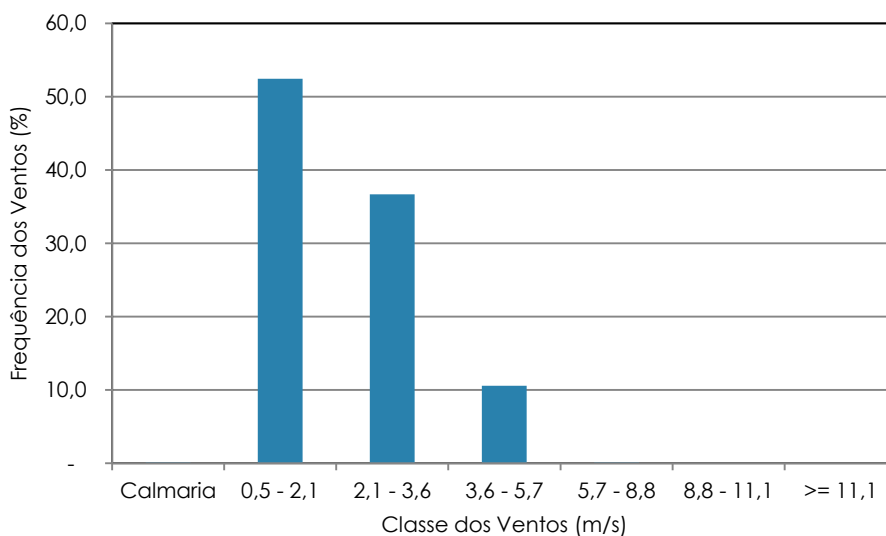
O regime de ventos na RMGV para o ano de 2016 foi analisado considerando os dados medidos nas estações Enseada do Suá, Ibés e do Aeroporto de Vitória (SBVT 83649).

A estação Carapina apresentou somente 39% dos dados válidos e de acordo com os critérios adotados para análise da representatividade dos dados de monitoramento apresentados na Tabela 4.5, esta estação não deve ser considerada nesta análise. Ressalta-se ainda que não houve medição de direção e velocidade do vento nas estações Vila Capixaba e Cidade continental.

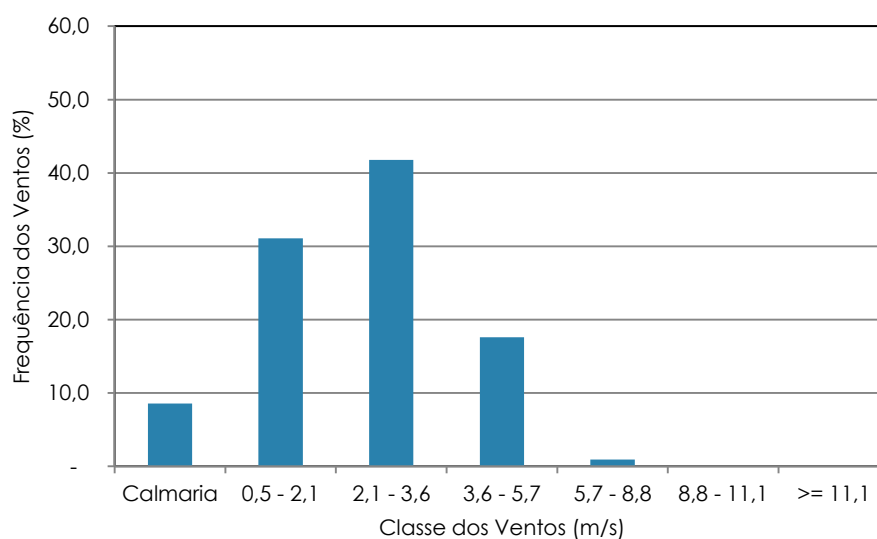
As velocidades médias nas estações Enseada do Suá, Ibes e Aeroporto foram de 2,23 m/s, 2,44 m/s e 3,99 m/s respectivamente. Nota-se que a estação Aeroporto apresenta velocidades maiores que as estações Enseada do Suá e Ibes, isso ocorre devido à posição da estação Aeroporto, que não é influenciada por barreiras físicas e rugosidade urbana. Da mesma maneira, as estações Enseada do Suá e Ibes apresentaram em 2016 índice maior de calmaria que a estação Aeroporto. De acordo com a classificação de intensidade dos ventos de Beaufort (Primault, 1979), a velocidade média do vento das estações Enseada do Suá e Ibes apresentaram grau 2, classificada como Brisa leve, e na estação Aeroporto apresenta grau 3, classificada como brisa suave.

O Gráfico 5.9 (a), (b) e (c) apresentam a frequência de ocorrência de velocidade do vento na RMGV ao longo do ano de 2016 para as estações Enseada do Suá, Ibes e Aeroporto de Vitória.

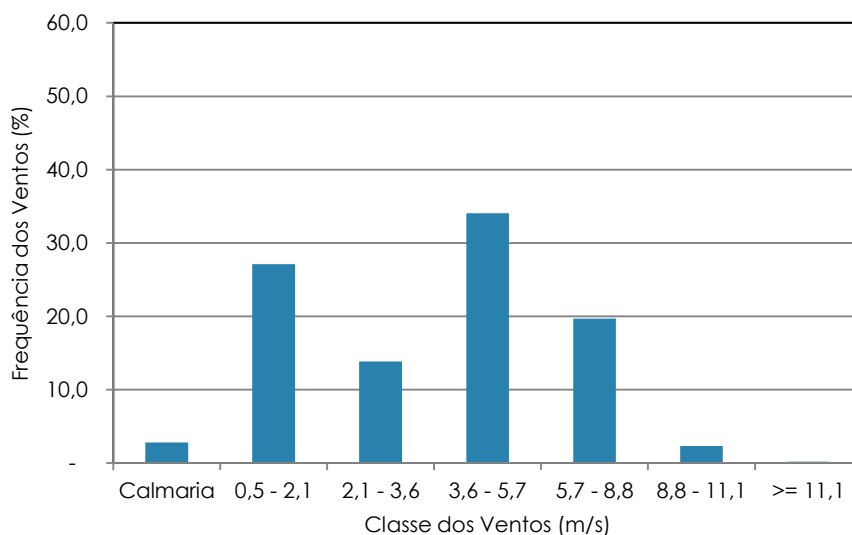
A estação Aeroporto possui menos interferência da área urbana e para esta estação observa-se que mais de 50% do registro dos ventos ocorreram nas faixas acima de 3,6 m/s. Enquanto que nas estações Enseada do Suá e Ibes, mais de 80% do registro dos ventos ocorreram nas faixas abaixo de 3,6 m/s.



(a) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



(b) RAMQAr 6 – Ibes



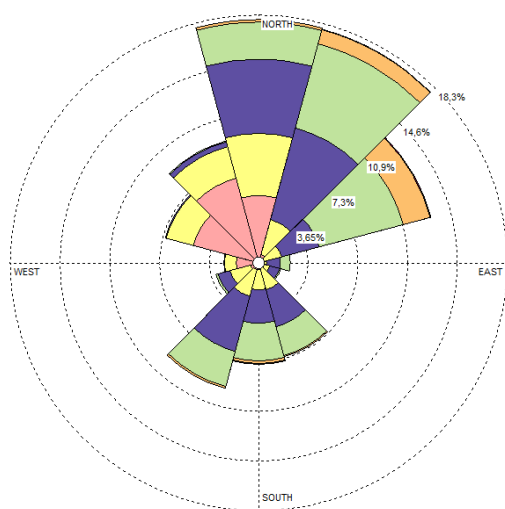
(c) Aeroporto de Vitória – INMET

Gráfico 5.9 - Distribuição de frequência de ocorrência das classes de vento nas estações avaliadas da RMGV.

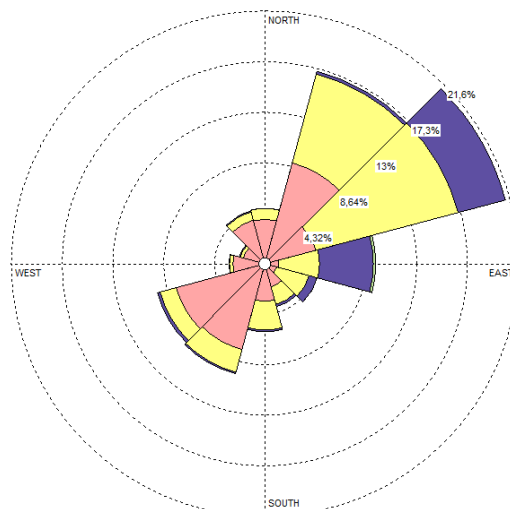
5.6.1. Rosa dos Ventos

O Gráfico 5.10 apresenta as rosas dos ventos anuais obtidas das análises das séries temporais de direção e velocidade do vento medidos nas estações Enseada do Suá, Ibes e do Aeroporto de Vitória. Ressalta-se que as estações Carapina e Vila Capixaba não apresentaram dados válidos medidos suficientes para que sejam considerados representativos, além disso, não houve medição de direção e velocidade do vento na estação Cidade Continental, pois os equipamentos estavam em manutenção.

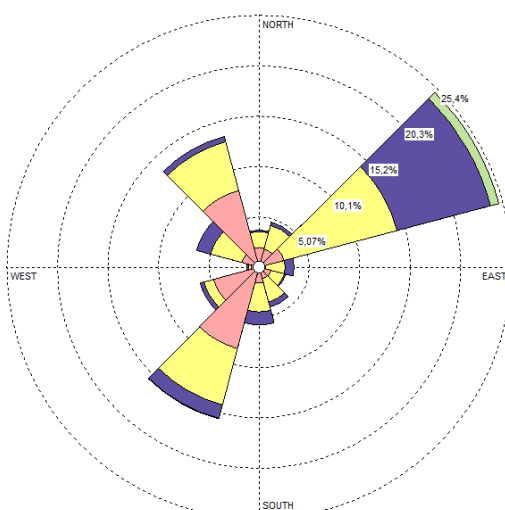
As direções de vento do primeiro quadrante (0 a 90°) apresentaram maior frequência de ocorrência e velocidades mais altas nas três estações. A estação Aeroporto apresentou velocidades superiores à 11,1 m/s, a estação Ibes apresentou velocidades máximas até 8,8 m/s, enquanto que a estação da Enseada do Suá apresentou velocidades inferiores à 5,7 m/s, sendo que as velocidades máximas ocorreram na direção nordeste. É importante salientar nessa análise que a estação Aeroporto, conforme discutido anteriormente, apresenta velocidades maiores, devido à atuação da brisa marítima (ventos de Nordeste-Leste) e ausência de barreiras de vento, e porcentagem de ventos mais calmos predominante de Noroeste (NO), que ocorre durante o período noturno, originados pela atuação da brisa terrestre.



(a) Aeroporto – Vitória



(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)



Gráfico 5.10 - Rosa dos ventos anual da RMGV.

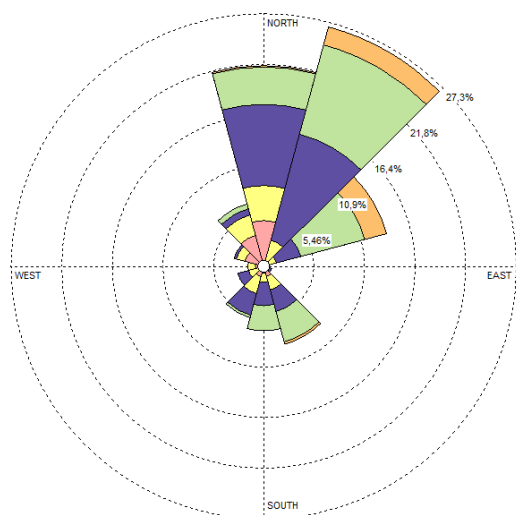
Os Gráfico 5.11 a Gráfico 5.22 apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2016 das estações Aeroporto de Vitória, Enseada do Suá e Ibes.

Pode-se notar a predominância dos ventos nordeste nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, sendo que foi possível observar também a ocorrência de ventos norte e noroeste, principalmente nos meses de março e abril em algumas estações. O início da mudança é observado em maio, quando se iniciam ventos sul e sudoeste, levemente diferente da climatologia local que apresenta ventos de NE entre janeiro e março, e ventos de SW entre abril e julho (Tabela 2.2).

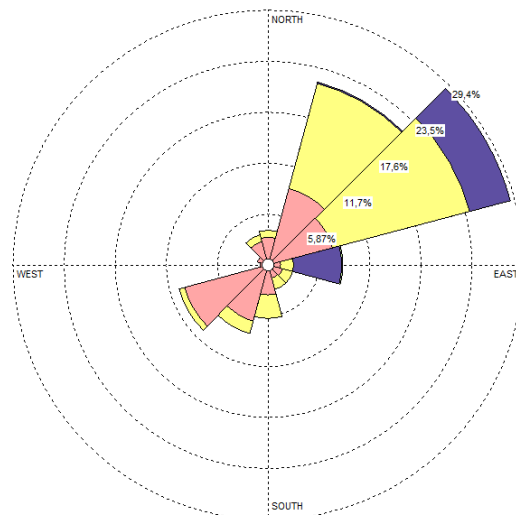
Igualmente, ao longo do ano, observa-se uma variação sazonal da velocidade do vento. Nota-se que durante os meses de inverno, as velocidades são menores, isso decorre da climatologia local, devido à presença da ASAS próximo do continente que favorecem a predominância de ventos calmos, subsidência e inversão térmica. No Espírito Santo, as velocidades médias do vento sobre o estado apresentam uma notável sazonalidade, em geral com ventos mais intensos nos meses de primavera (setembro a novembro), e mais brandos no final de outono e início do inverno (abril a junho) (ATLAS, 2009).

No mês de abril observa-se que o vento teve um padrão anômalo com relação a sua normal, alterando o seu padrão climatológico (ventos de sudoeste), apresentando uma maior frequência de ventos de oeste-norte e também na direção norte-leste no mês de abril (Gráfico 5.14). No mês de julho foi possível notar a transição do vento sudoeste para o vento nordeste e noroeste, sendo que neste mês seu padrão não foi totalmente coerente com a normal climatológica (ventos de sudoeste) (Gráfico 5.17). A partir do mês de agosto, se iniciam novamente a direção predominante do vento nordeste, mantendo-se até dezembro (padrão climatológico da região), com ocorrências mensais pontuais na direção sudoeste.

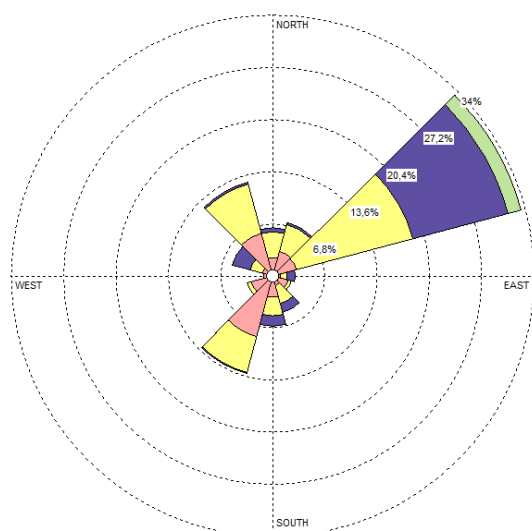
É necessário alguns cuidados ao considerar o uso das estações da RAMQAr para avaliar as condições meteorológicas médias da RMGV, devido ao crescimento urbano dos últimos anos, muitas estações estão situadas em locais que causam interferência no monitoramento das variáveis meteorológicas, como a presença física de edificações e barreiras naturais que alteram a dinâmica local dos ventos. Vale ainda ressaltar que o mês de novembro não apresentou dados válidos nas estações Enseada do Suá e Ibes, tendo apenas 55,48% e 57,98% respectivamente.



(a) Aeroporto – Vitória

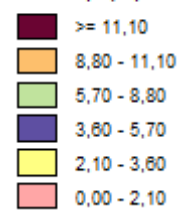


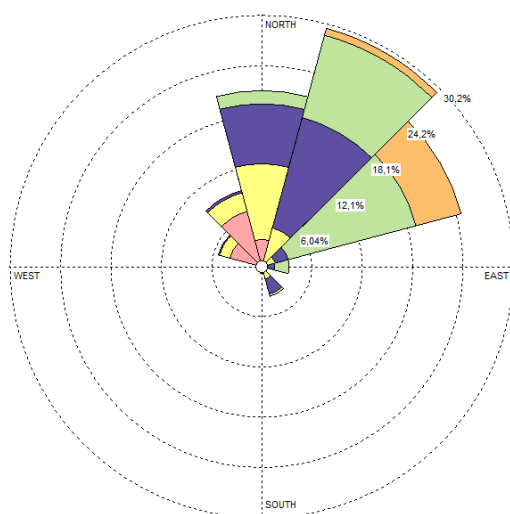
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá

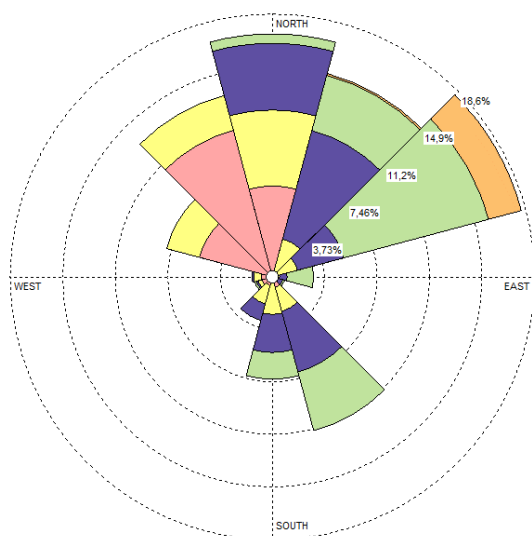


(c) RAMQAr 6 – Ibes

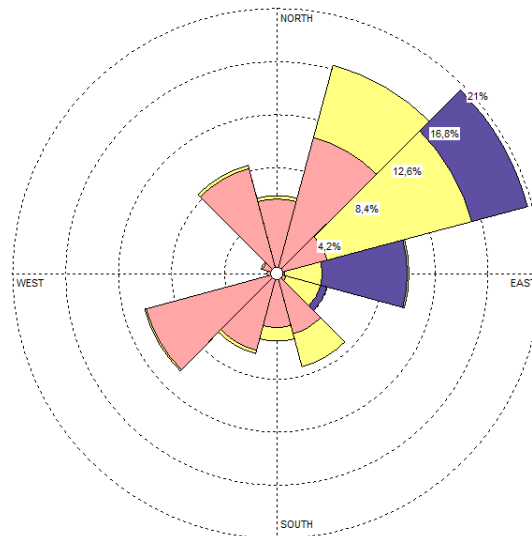
Velocidade do Vento (m/s)

**Gráfico 5.11-** Rosa dos ventos para o mês de Janeiro na RMGV.

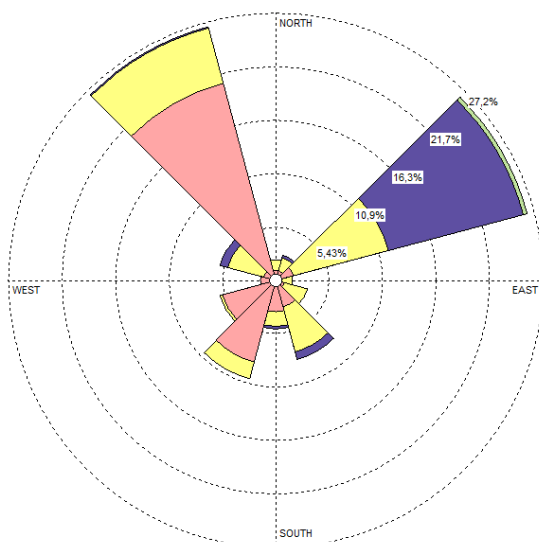




(a) Aeroporto – Vitória

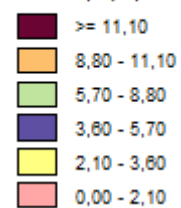


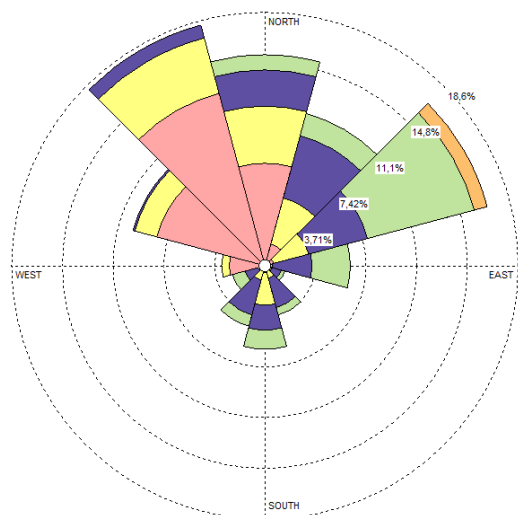
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



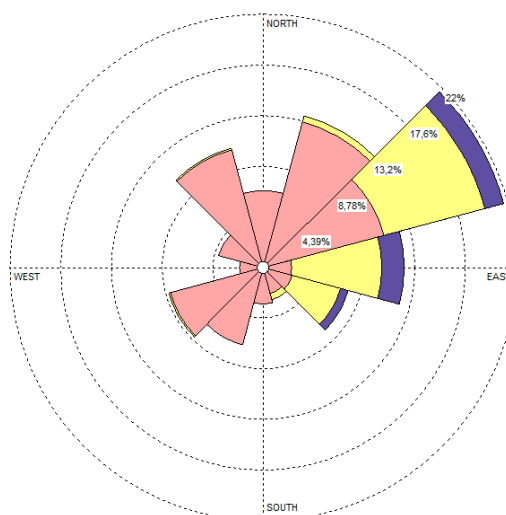
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

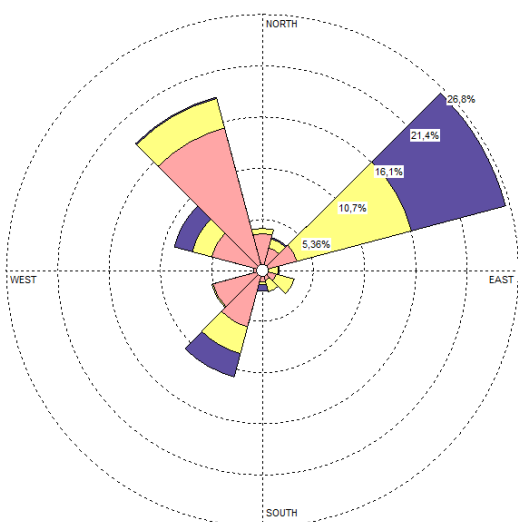
**Gráfico 5.13** - Rosa dos ventos para o mês de Março na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

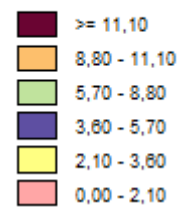


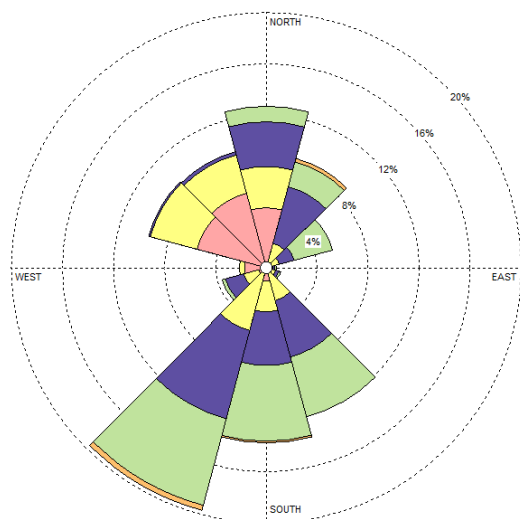
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



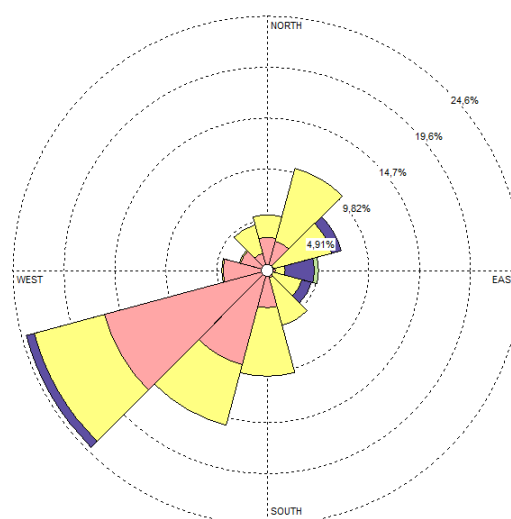
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

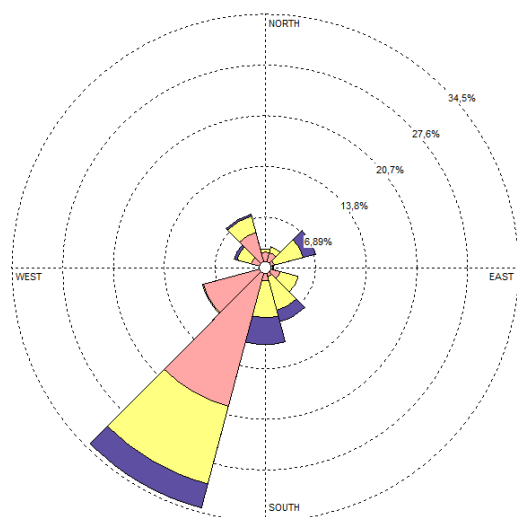
**Gráfico 5.14** - Rosa dos ventos para o mês de Abril na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

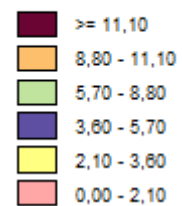


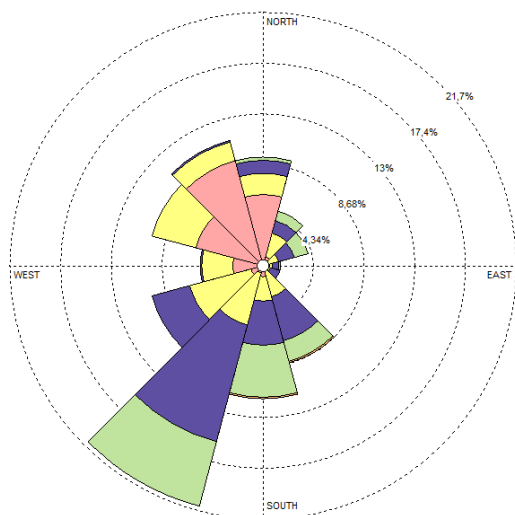
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



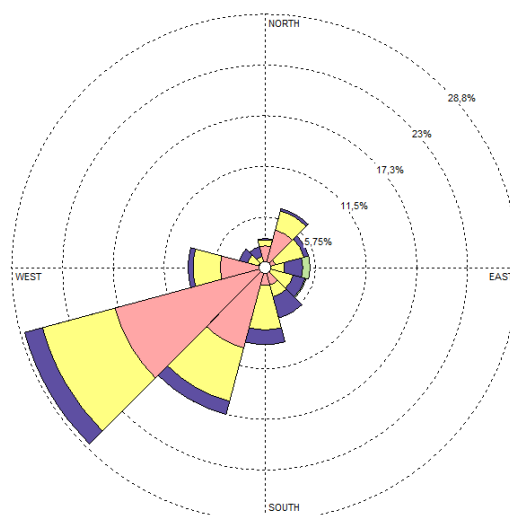
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

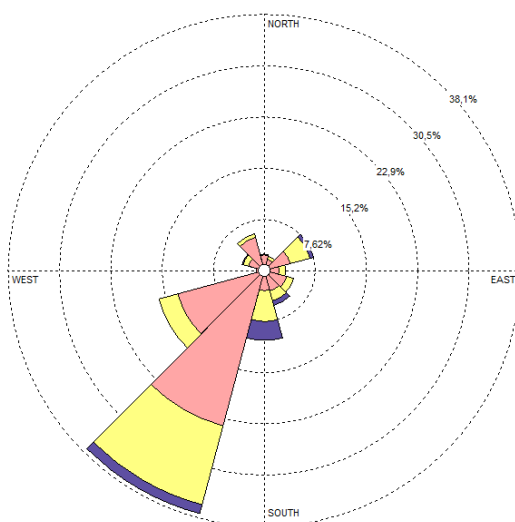
**Gráfico 5.15** - Rosa dos ventos para o mês de Maio na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

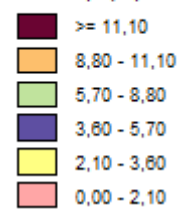


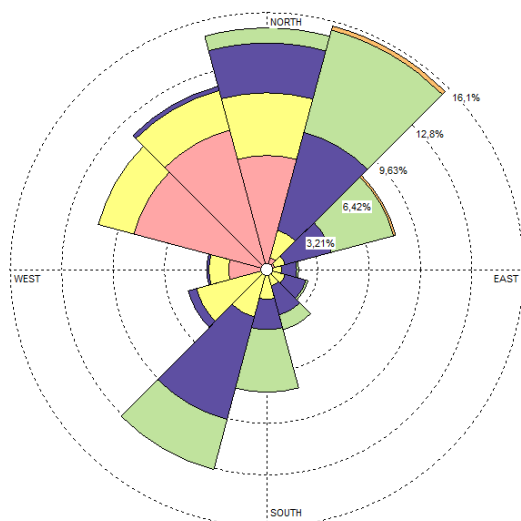
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



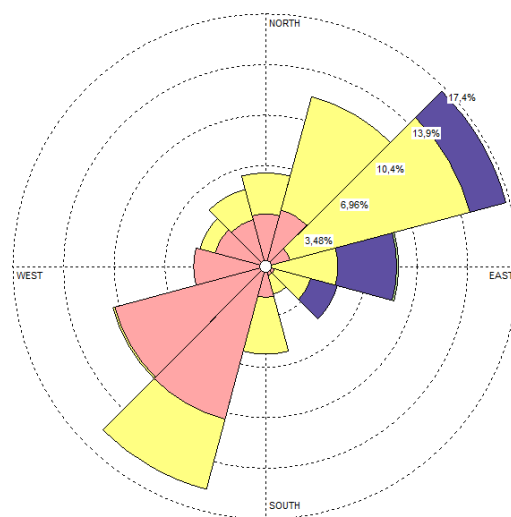
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

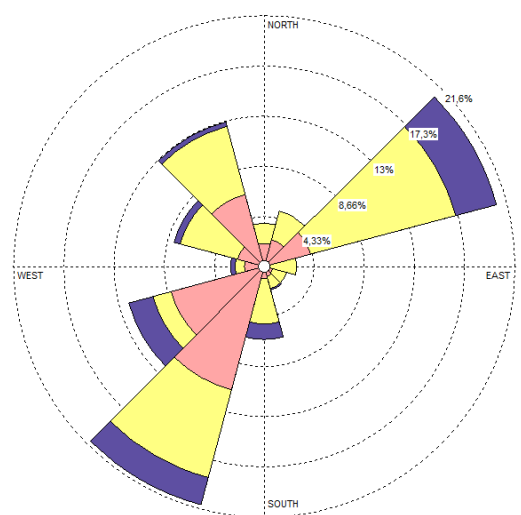
**Gráfico 5.16** - Rosa dos ventos para o mês de Junho na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

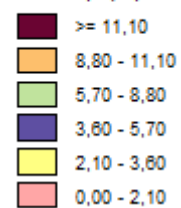


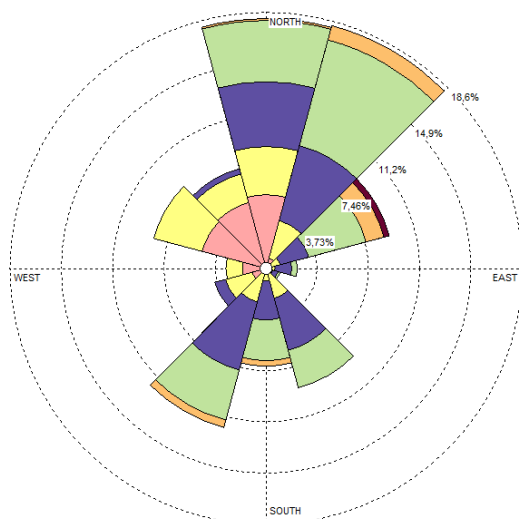
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



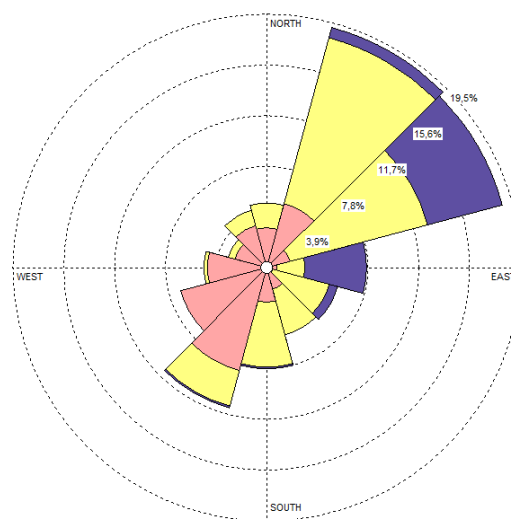
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

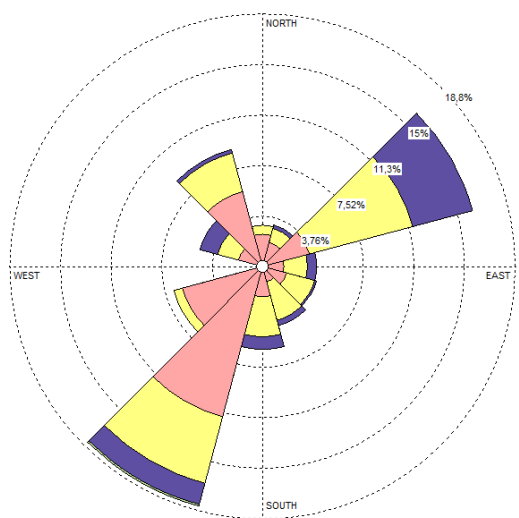
**Gráfico 5.17** - Rosa dos ventos para o mês de Julho na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

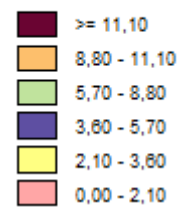


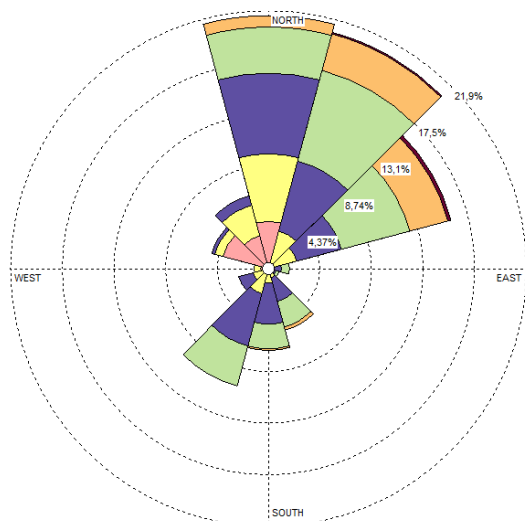
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



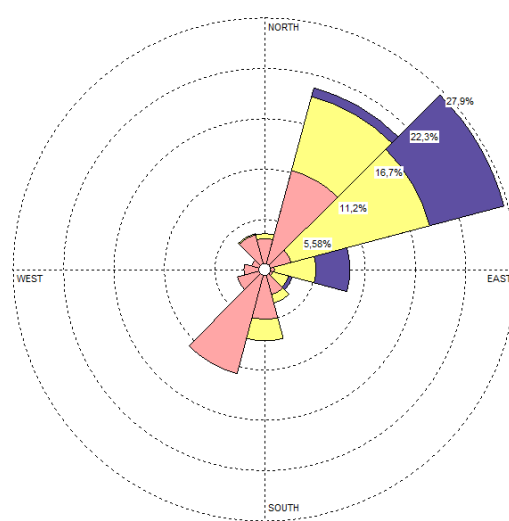
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

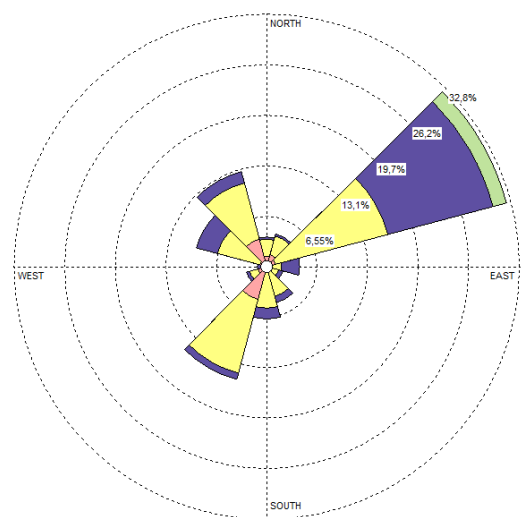
**Gráfico 5.18** - Rosa dos ventos para o mês de Agosto na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

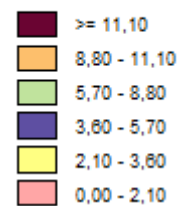


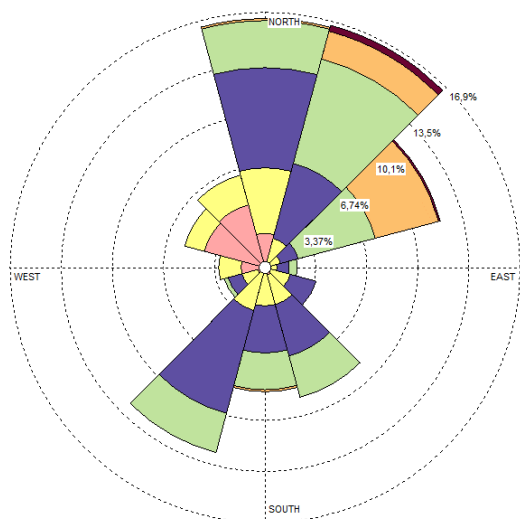
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



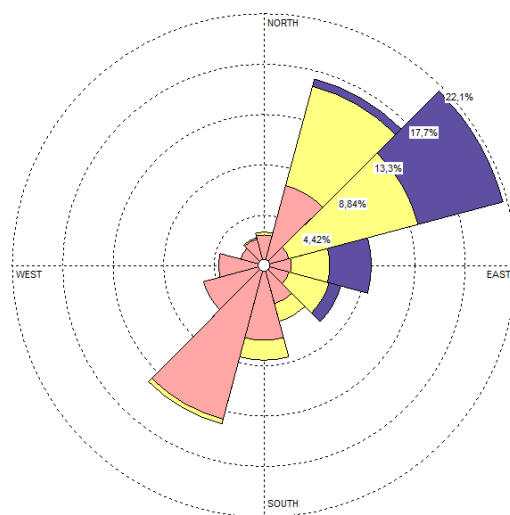
(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

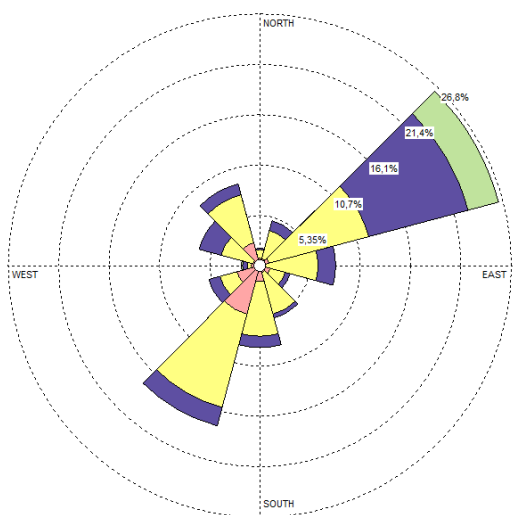
**Gráfico 5.19** - Rosa dos ventos para o mês de Setembro na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

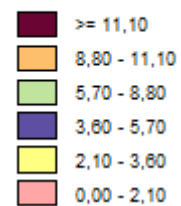


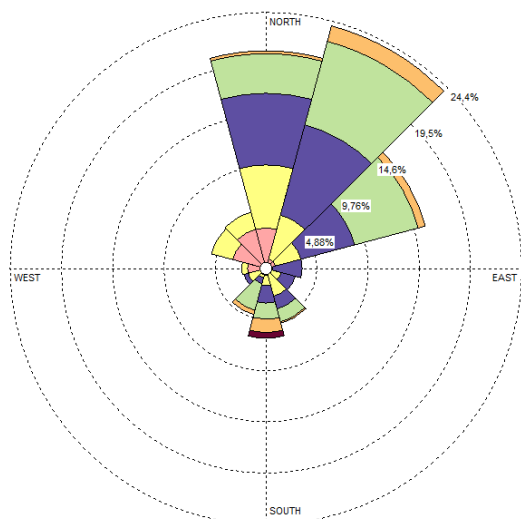
(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



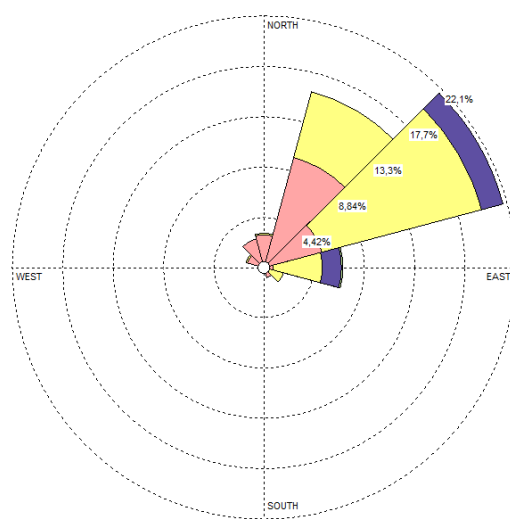
(b) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

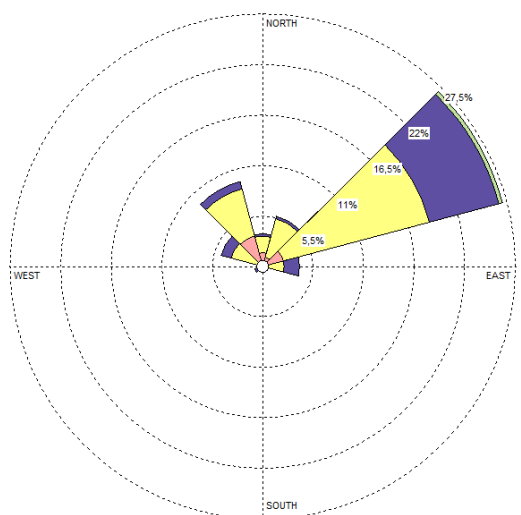
**Gráfico 5.20** - Rosa dos ventos para o mês de Outubro na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória



(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



(b) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

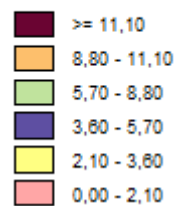
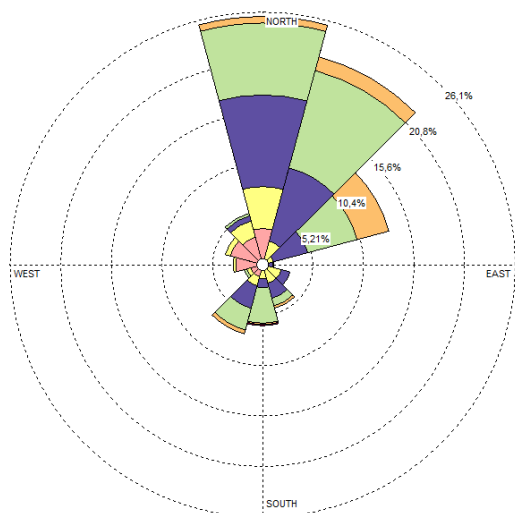
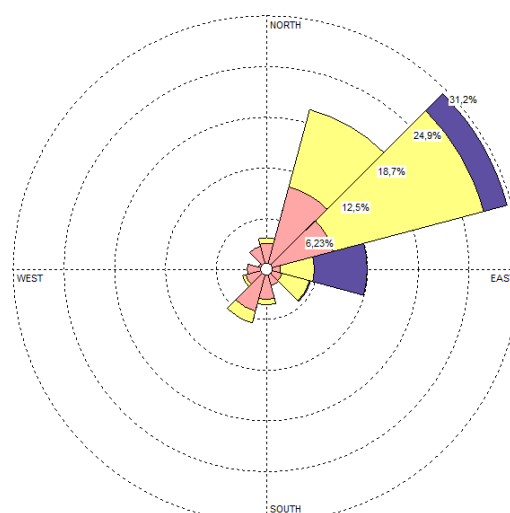


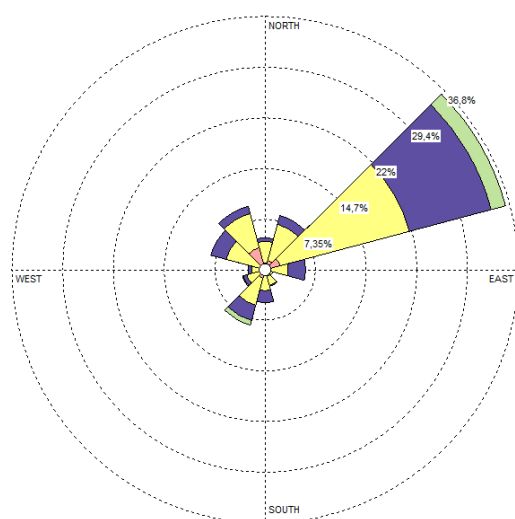
Gráfico 5.21 - Rosa dos ventos para o mês de Novembro na RMGV.



(a) Aeroporto – Vitória

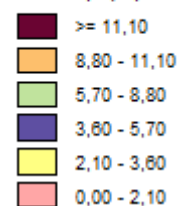


(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá



(c) RAMQAr 6 – Ibes

Velocidade do Vento (m/s)

**Gráfico 5.22** - Rosa dos ventos para o mês de Dezembro na RMGV.

Com o objetivo de identificar as condições de dispersão atmosférica na RMGV em 2016, foi elaborada uma metodologia baseada nos critérios utilizados pela CETESB (2013) para a classificação de dias desfavoráveis, a qual considera apenas as condições meteorológicas para dispersão de poluentes primários. Os critérios para identificar dias desfavoráveis à dispersão adotados neste relatório são: (i) porcentagem de calmaria (velocidade do vento inferior a 0,5 m/s) durante o dia maior ou igual 25% e (ii) ausência de precipitação. Ambos os critérios (i e ii) devem ser atendidos simultaneamente.

Considerando os critérios acima descritos e os dados monitorados de vento na estação Aeroporto, pois esta estação não está influenciada por barreiras físicas e rugosidade urbana, e os dados monitorados de precipitação na estação Carapina, não foram identificados nenhum dia desfavorável à dispersão de poluentes na RMGV durante o

ano de 2016. Como em 2016 a estação Aeroporto não apresentou nenhum dia desfavorável à dispersão de poluentes, foi avaliado o número de horas desfavoráveis à dispersão atmosférica (Gráfico 5.23).

O período de inverno apresentou maior número de horas desfavoráveis à dispersão de poluentes. É importante ressaltar que 2016 foi um ano com déficit de chuva durante todos os meses, com exceção do mês de janeiro. Os meses que apresentaram o maior número de horas desfavoráveis foram junho e julho. Esses meses são considerados secos, apresentando menor quantidade de umidade no solo e, consequentemente, menor taxa de evaporação, que por sua vez irá influenciar na formação de nuvens convectivas, reduzindo, portanto, os movimentos turbulentos e a altura da camada limite, e contribuindo para a deterioração da qualidade do ar.

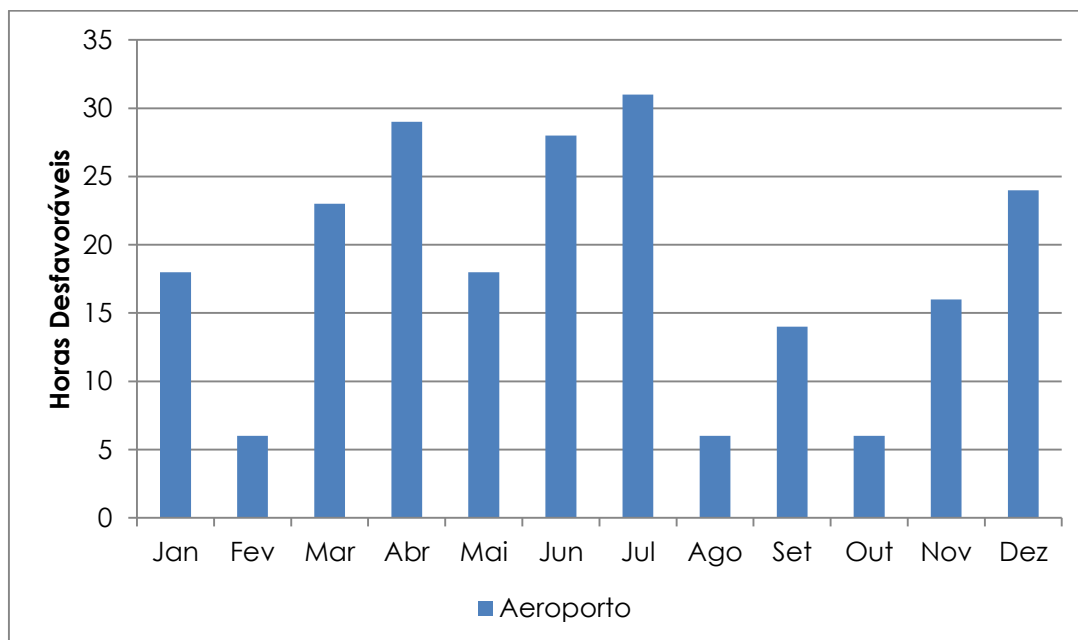


Gráfico 5.23 - Número de horas desfavoráveis à dispersão de poluentes – estação Aeroporto.

6. Qualidade do Ar na RMGV

Este capítulo apresenta e discute os dados de qualidade do ar na RMGV em 2016, estando dividido em 6 seções principais. A Seção 6.1 apresenta os resultados e discussões para Material Particulado, incluindo os resultados para PM_{2,5}, PM₁₀, PTS e PS. A Seção 6.2 apresenta os resultados e discussões para SO₂. A Seção 6.3 apresenta os resultados e discussões para NO₂. A Seção 6.4 apresenta os resultados e discussões para O₃. A Seção 6.5 apresenta os resultados e discussões para CO. Finalmente, a Seção 6.6 apresenta os resultados e discussões para HC.

6.1. Material Particulado (MP)

6.1.1. Partículas Respiráveis (PM_{2,5})

Os monitoramento de PM_{2,5} é feito em duas estações da RAMQAr, Enseada do Suá e Ibes, e os dados de monitoramento de PM_{2,5} para o ano de 2016 foram representativos em ambas (Tabela 6.1). Os valores máximos das médias de 24 h (curta exposição) de concentração de PM_{2,5} foram mais elevados na estação Ibes (57,7 µg/m³) e mais baixos em Enseada do Suá (36,1 µg/m³) (Gráfico 6.1). O valor de média anual (longa exposição) na estação Enseada (12,0 µg/m³) foi superior ao medido na estação Ibes (11,1 µg/m³) (Gráfico 6.2).

Tabela 6.1 - Valores das máximas médias de 24h e da MAA de concentração de PM_{2,5} (µg/m³).

	Enseada do Suá	Ibes
1ª Max.	36,1	57,7
2ª Max.	35,7	57,4
Média Aritmética Anual	12,0	11,1
Representatividade**	98,51%	94,90%

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

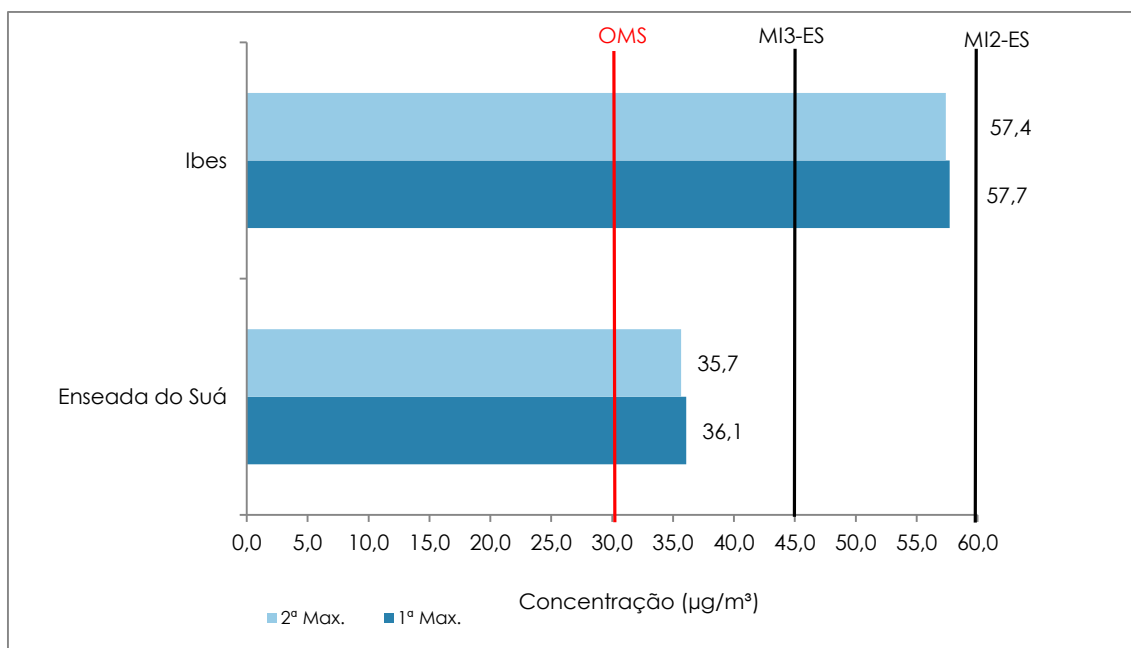


Gráfico 6.1 - Concentração máxima média de 24h de $PM_{2,5}$ nas estações da RAMQAr.

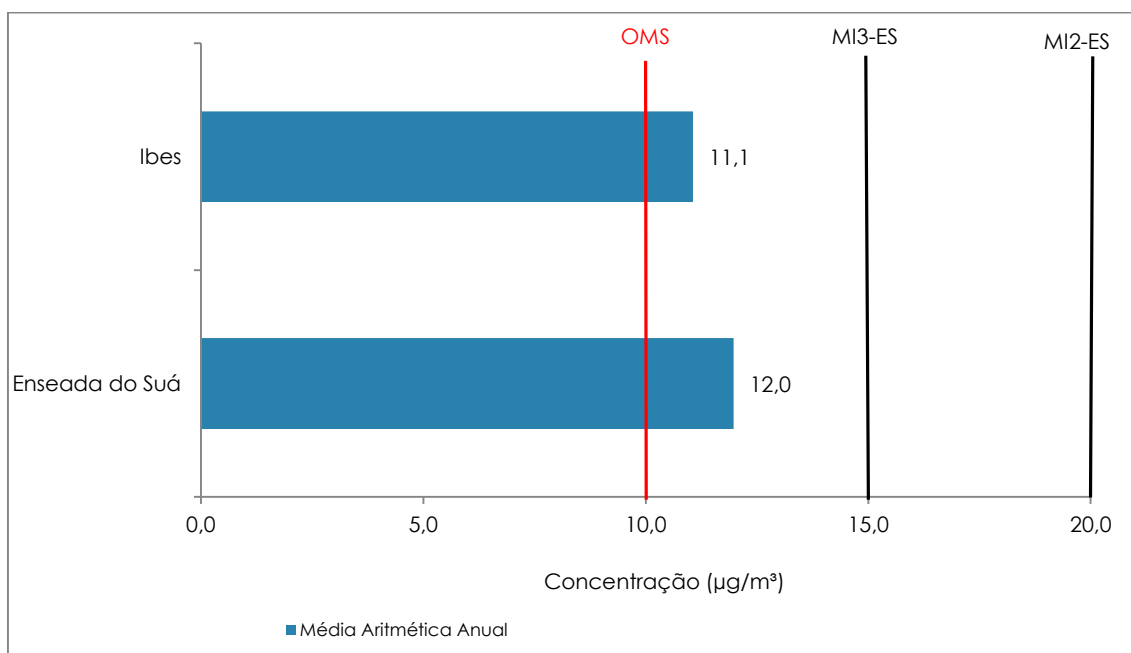


Gráfico 6.2 - Concentração média anual de $PM_{2,5}$ nas estações da RAMQAr.

A Tabela 6.2 apresenta o número de ultrapassagens do poluente $PM_{2,5}$ em relação às metas e ao Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013. É importante salientar que o Decreto Estadual não estabelece um valor para a meta intermediária I para curta e longa exposição para as Partículas Respiráveis ($PM_{2,5}$).

A estação Ibes ultrapassou as metas intermediárias II e III (MI2 e MI3) e o padrão final para curta exposição (24h), enquanto que a estação Enseada do Suá ultrapassou somente padrão final para curta exposição (24h). Na estação Ibes houve 89 ultrapassagens e na estação Enseada do Suá, 52 médias móveis de 24h ultrapassaram a diretriz da OMS (PF).

Para longa exposição, nenhuma das duas estações ultrapassaram as metas intermediárias II e III, no entanto, ambas as estações excederam o padrão da OMS para curta e longa exposição.

Tabela 6.2 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram dos valores limites de concentração de PM_{2,5}.

Referencial	Duração da Exposição	Enseada do Suá	Ibes
		Número de ultrapassagens	
MI1-ES (24h)	Curta	NA	NA
MI2-ES (24h)	Curta	0	13
MI3-ES (24h)	Curta	0	24
PF-ES (24h) OMS (24h)	Curta	52	89
MI1-ES (MAA)	Longa	NA	NA
MI2-ES (MAA)	Longa	Não	Não
MI3-ES (MAA)	Longa	Não	Não
PF-ES (MAA) OMS (anual)	Longa	Sim	Sim

NA: Não se aplica, pois o Decreto Estadual 3463-R não estabelece a Meta Intermediária I para PM_{2,5}.

MAA: Média Anual Aritmética.

O Gráfico 6.3 apresenta o perfil de concentração de PM_{2,5} em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no gráfico representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida naquela estação e foram usados somente os dados das estações que apresentavam monitoramento do poluente e do vento para o cálculo da rosa de poluentes. Além disso, somente os dados de vento representativos foram considerados nesta análise. As estações Enseada do Suá e Ibes apresentaram dados de direção do vento representativos.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de PM_{2,5} monitorados: (i) a estação Enseada do Suá apresentou as maiores concentrações do PM_{2,5} na direção Nordeste, devido a provável influência das atividades do complexo de Tubarão; ii) a estação Ibes apresentou as maiores concentrações de partículas PM_{2,5} associadas à direção do vento Sudoeste e Nordeste, provavelmente devido a influência

de outras fontes, como por exemplo, pedreiras (Santos et Reis, 2011), industriais locais e veiculares.

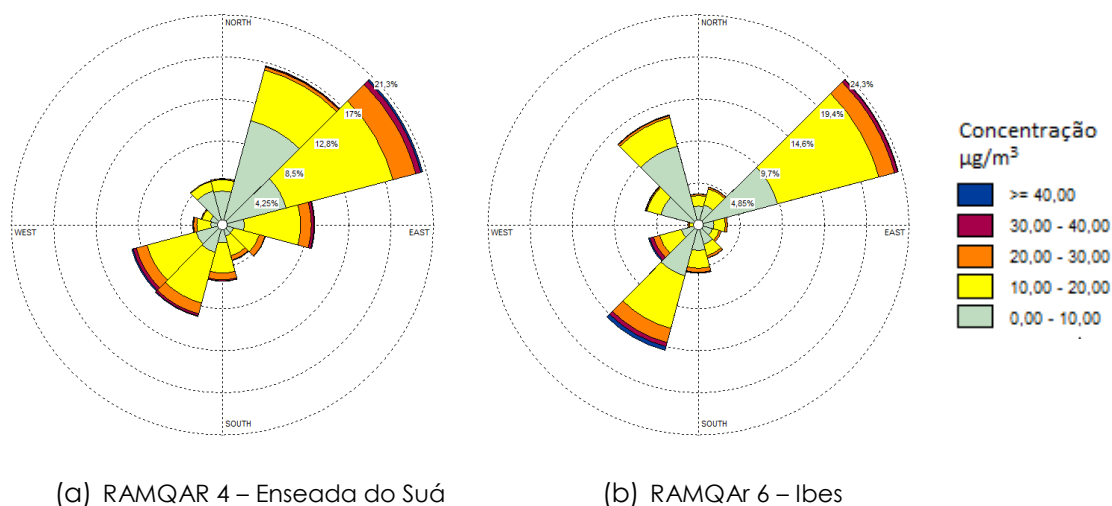


Gráfico 6.3- Perfil de concentração de $\text{PM}_{2,5}$ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico rosa de poluentes).

6.1.2. Partículas Inaláveis (PM_{10})

Os dados de monitoramento de PM_{10} foram representativos para o cálculo das médias anuais de 2016, exceto na estação Cidade Continental (Tabela 6.3). Ressalta-se que em 2016, a estação Centro-Vila Velha não estava em operação devido a manutenção dos equipamentos.

O valor máximo das médias de 24 h (curta exposição) de concentração de PM_{10} foi mais elevado na estação Cidade Continental ($101,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto a menor média máxima de 24h foi registrada em Centro- Vitória ($45,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Gráfico 6.4). Seis das oito estações que realizaram o monitoramento de PM_{10} ultrapassaram a diretriz da OMS para curta exposição ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). As exceções foram as estações Centro-Vitória e Carapina.

O valor da média anual (longa exposição) foi mais elevado na estação Vila Capixaba ($35,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e mais baixo em Vitória-Centro ($20,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Gráfico 6.5). A diretriz da OMS para longa exposição a PM_{10} é $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ com o qual se verificam menor efeito à saúde, logo, todas as estações ultrapassaram a diretriz da OMS para longa exposição com exceção da estação Carapina.

Tabela 6.3 - Valores das máximas médias de 24h e da MAA de concentração de PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Laranjeiras	Carapina	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Centro-Vitória	Ibes	Centro-Vila Velha	Vila Capixaba	Cidade Continental
1º Max.	80,9	47,4	54,8	75,4	45,9	80,9	-	78,2	101,2
2º Max.	80,7	45,9	54,4	74,5	45,3	80,8	-	78,1	101,1
Média Aritmética Anual	30,0	20,5	21,6	27,1	20,6	23,4	-	35,2	29,2*
Representatividade*	86,91%	85,42%	86,78%	92,84%	92,42%	96,92%	-	78,53%	8,09%

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

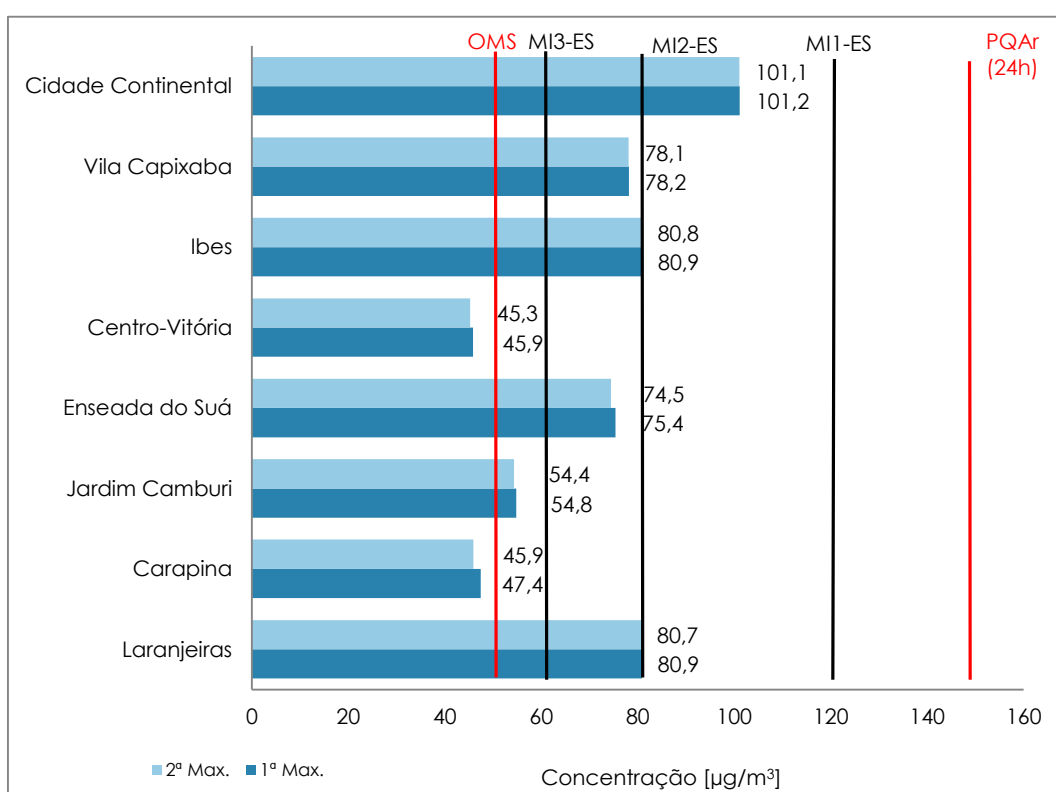
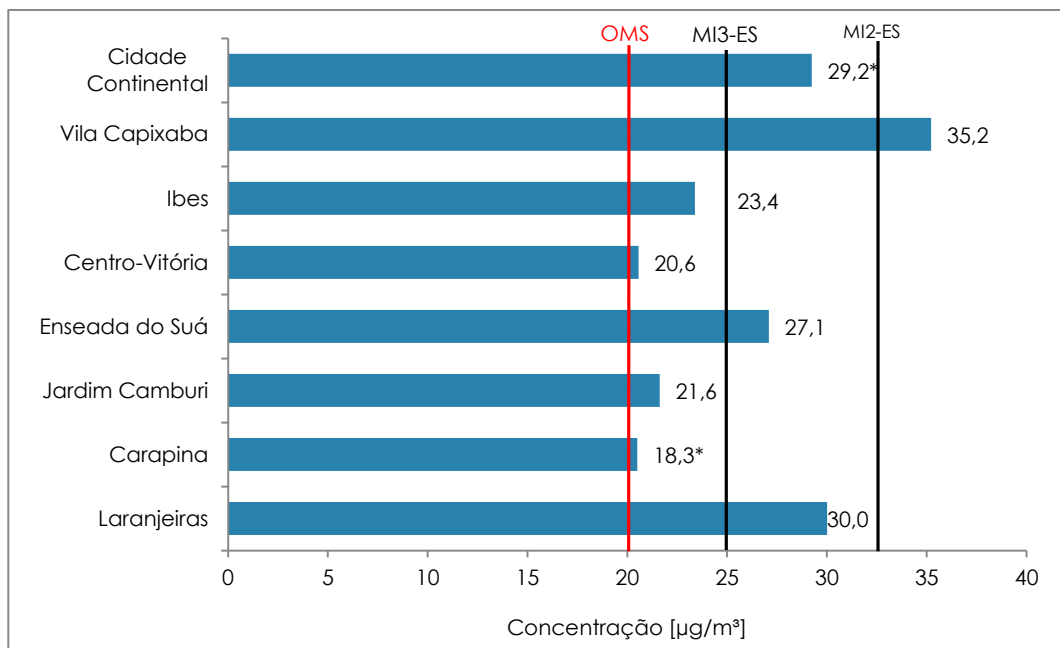


Gráfico 6.4 - Concentração máxima média de 24h de PM₁₀ nas estações da RAMQAr.



(*) valores não representativos.

Gráfico 6.5 - Concentração média anual de PM₁₀ nas estações da RAMQAr.

A Tabela 6.4 apresenta o número de ultrapassagens do poluente PM₁₀ em relação ao Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PQAr) e às as metas e ao Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013.

Durante o ano de 2016, não ocorreram ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PQAr) para o poluente PM₁₀ para curta e longa exposições. É importante salientar que as concentrações médias de 24 horas são calculadas como médias móveis de 24 horas, ou seja, em um dia temos 23 médias móveis de 24 horas.

A legislação estadual, sobre metas e padrões de qualidade do ar para o poluente PM₁₀, indica três metas intermediárias (MI1, MI2 e MI3) anteriores ao estabelecimento do padrão final para o poluente. Para metas associadas aos efeitos de curta exposição (média 24 horas) ao PM₁₀, não houve ultrapassagem dos valores indicados como MI1 (120 µg/m³), o padrão de qualidade do ar atual conforme indicado na referida legislação.

Para metas intermediárias associadas aos efeitos de longa exposição (média aritmética anual) não houve ultrapassagem dos valores indicados como MI1 (45 µg/m³) em todas as estações da RAMQAr.

As ultrapassagens em relação ao PF são idênticas àqueles para a diretriz da OMS (para curta e longa exposição) visto que os valores de PF e da diretriz da OMS são idênticos. Ocorreram ultrapassagens do valor indicado como diretriz para curta e longa exposição à PM₁₀ pela OMS em todas as estações da RAMQAr, exceto na estações Carapina e Centro-Vitória para curta exposição.

Tabela 6.4 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de PM₁₀.

Referencial	Duração da Exposição	Laranjeiras	Carapina	Jardim Camburi	Enseada do Suã	Centro-Vitória	Ibes	Centro-Vila Velha	Vila Capixaba	Cidade Continental
		Número de ultrapassagens								
PQAr primário e secundário (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	-	0	0
PQAr (MAA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-	Não	Não
MI1-ES (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	-	0	0
MI2-ES (24h)	Curta	10	0	0	0	0	3	-	0	22
MI3-ES (24h)	Curta	432	0	0	54	0	22	-	299	41
PF-ES (24h) OMS (24h)	Curta	931	0	11	139	0	56	-	940	49
MI1-ES (MAA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-	Não	Não
MI2-ES (MAA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-	Sim	Não
MI3-ES (MAA)	Longa	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	-	Sim	Sim
PF-ES (MAA) OMS (anual)	Longa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-	Sim	Sim

MAA: Média Anual Aritmética.

O índice de qualidade do ar (IQA) em 2016 (Gráfico 6.6) foi classificado como bom em mais de 90% das vezes em cinco das oito estações. As exceções foram em Cidade Continental (80%), Laranjeiras (74%) e Vila Capixaba (57%). É importante notar que o IQA foi calculado com base na MI1, conforme padrão vigente estabelecido na legislação estadual.

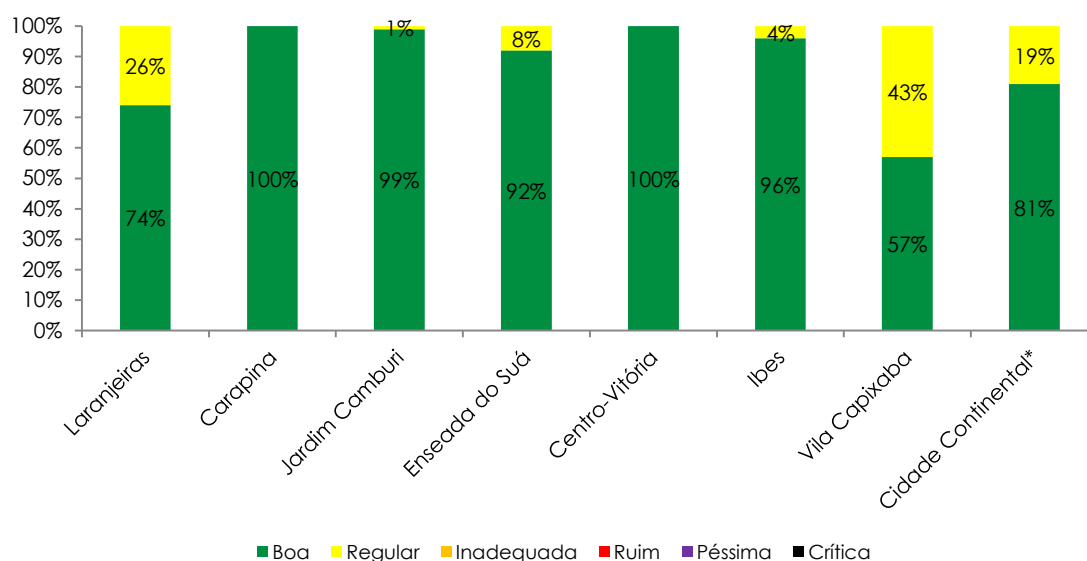


Gráfico 6.6 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente PM₁₀ nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

O Gráfico 6.7 apresenta o perfil de concentração de PM₁₀ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no gráfico representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida naquela estação e foram usados somente os dados das estações que apresentavam monitoramento do poluente e do vento para o cálculo da rosa de poluentes.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de PM₁₀ monitorados: (i) a estação Enseada do Suá apresentou as maiores concentrações de partículas PM₁₀ associadas às direções do vento Nordeste e Leste, podendo-se verificar a provável influência das atividades do complexo de Tubarão e veicular. (ii) na estação Ibes, observa-se maiores concentrações de partículas PM₁₀ associadas às direções do vento Nordeste e Sudoeste, com a possível influência de fontes industriais e veiculares locais.

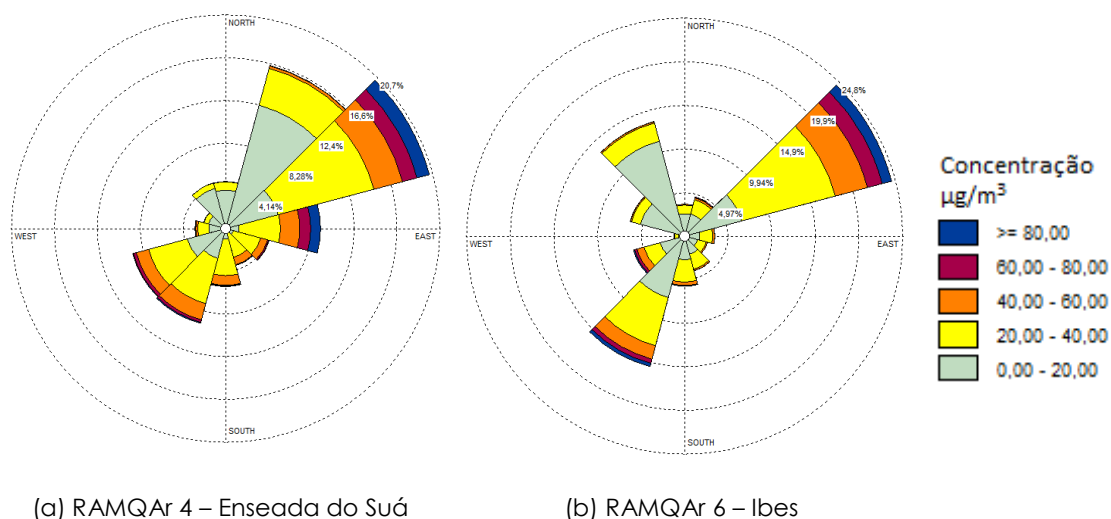


Gráfico 6.7 - Perfil de concentração média de PM_{10} nas estações da

Nos últimos 10 anos, conforme visto no Gráfico 6.8, o monitoramento do poluente PM_{10} na RMGV indicou estabilidade das médias anuais em quase todas as estações. Percebe-se uma leve tendência de decréscimo nas concentrações médias anuais na estação Carapina ao longo dos últimos dez anos com leve aumento nos últimos dois anos. Já na estação Vila Capixaba, apesar do crescente aumento das concentrações médias anuais entre os anos de 2009 e 2012, as médias dos dois últimos anos apresentaram valores menores entre os mais baixos da série histórica para aquela estação.

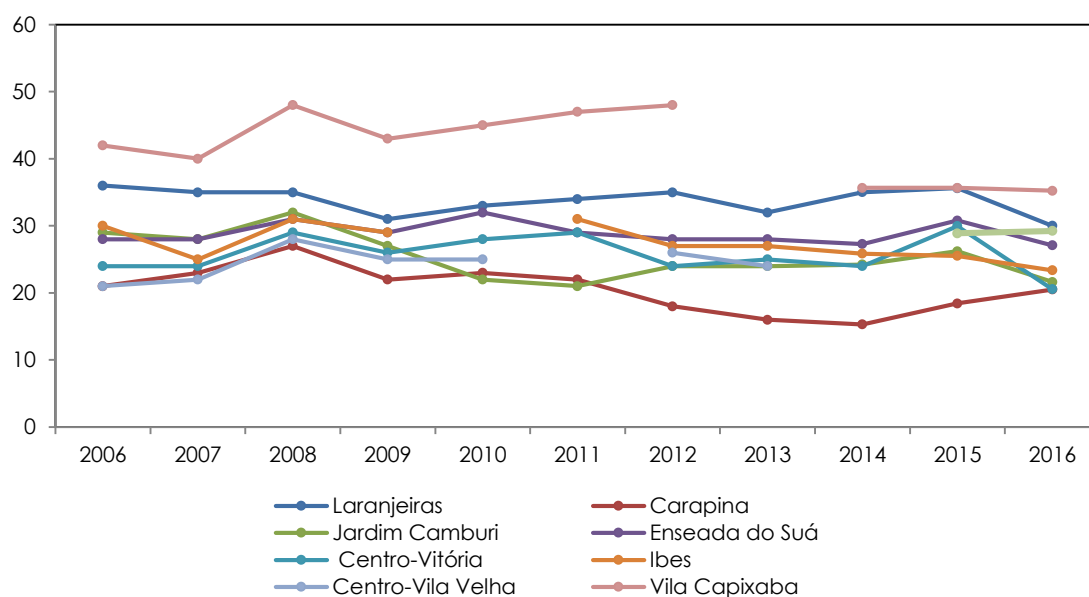


Gráfico 6.8 - Séries temporais das concentrações médias anuais de PM_{10} nas estações da RAMQAr.

6.1.3. Partículas Totais em Suspensão (PTS)

Os dados de monitoramento de PTS não foram representativos para o cálculo das médias anuais nas estações Vila Capixaba, Carapina, Cidade Continental e Vitória-Centro (Tabela 6.5).

Os valores máximos das médias de 24h (curta exposição) de concentração de PTS foi na estação Vila Capixaba (226,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e mais baixo em Carapina (43,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). É possível observar que houve a ultrapassagem do Padrão Estadual Vigente (Meta intermediária I) (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) na estação Vila Capixaba para curta exposição (Gráfico 6.9).

Entre as estações que tiveram representatividade dos dados, o valor da média anual (longa exposição) mais elevado aconteceu na estação Laranjeiras (44,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e mais baixo em Jardim Camburi (29,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nota-se, que nenhuma estação ultrapassou as metas intermediárias e o padrão final para longa exposição (Gráfico 6.10).

Tabela 6.5 - Valores das máximas médias de 24h e da MGA de concentração de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Laranjeiras	Carapina	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Centro-Vitória	Ibes	Vila Capixaba	Cidade Continental
1º Max.	123,4	43,1	80,0	136,6	74,3	86,2	226,4	163,3
2º Max.	123,1	41,6	78,8	133,9	74,1	86,1	225,5	162,4
Média Geométrica Anual	44,2	27,9*	29,6	40,4	30,4*	35,0	59,5*	48,9*
Representatividade**	86,78%	9,50%	92,71%	98,61%	74,98%	76,16%	68,75%	9,30%

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

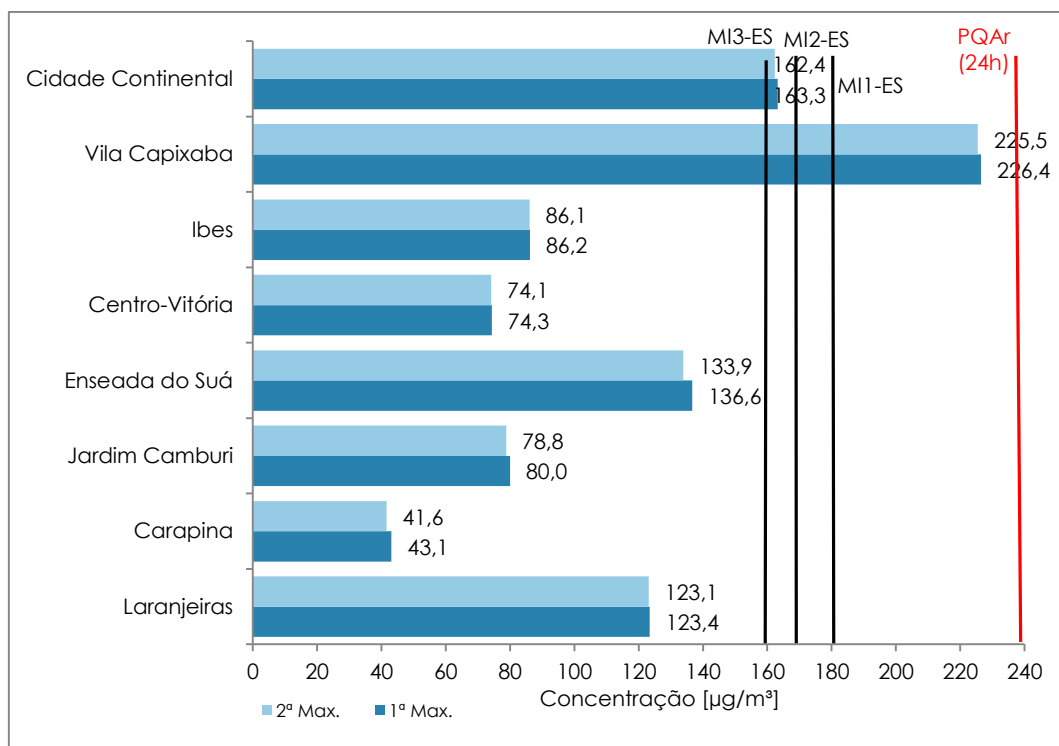
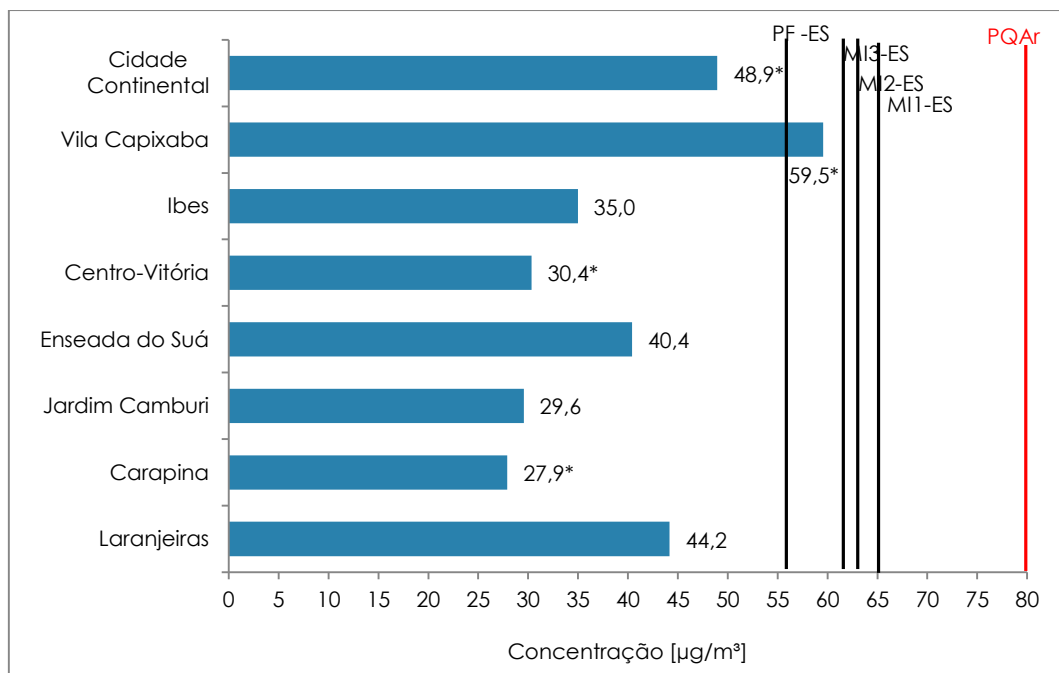


Gráfico 6.9 - Concentração máxima média de 24h de PTS nas estações da RAMQAr.



(*) valores não representativos.

Gráfico 6.10 - Concentração média anual de PTS nas estações da RAMQAr.

A

Tabela 6.6 apresenta o número de ultrapassagens do poluente PTS em relação ao Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PQAr) e às metas e ao Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013.

Durante o ano de 2016, não ocorreram ultrapassagem do Padrão Nacional de Qualidade do Ar primário e secundário para o poluente PTS para curta e longa exposição, exceto nas estações Vila Capixaba e Cidade Continental, onde foram registrados 23 ultrapassagens em Vila Capixaba e 5 ultrapassagens em Cidade continental para o Padrão Nacional secundário para curta exposição. É importante salientar que as concentrações médias de 24 horas são calculadas como médias móveis de 24 horas, ou seja, em um dia temos 23 médias móveis de 24 horas.

A legislação estadual, sobre metas e padrões de qualidade do ar para o poluente PTS indica três metas intermediárias (MI1, MI2 e MI3), anteriores ao estabelecimento do padrão final para o poluente. Para metas associadas aos efeitos de curta exposição (média 24 horas) ao PTS houve ultrapassagem dos valores indicados como MI1 (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), MI2 (170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), MI3 (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e o Padrão Final - PF (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) na estação Vila Capixaba, enquanto que na estação Cidade Continental houve ultrapassagens dos valores indicados como MI3 e PF. Ressalta-se que a OMS não define diretriz para o poluente PTS.

Para metas intermediárias associadas aos efeitos de longa exposição (média aritmética anual) não houve ultrapassagens em nenhuma das estações da RAMQAr.

Tabela 6.6 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de PTS.

Referencial	Duração da Exposição	Laranjeiras	Carapina	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Centro-Vitória	Ibes	Vila Capixaba	Cidade Continental
		Número de ultrapassagens							
PQAr primário (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	0	0
PQAr secundário (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	23	5
PQAr Primário (Anual)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
PQAr Secundário (Anual)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
MI1-ES (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	19	0
MI2-ES (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	21	0
MI3-ES (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	22	3
PF-ES (24h)	Curta	0	0	0	0	0	0	23	5
MI1-ES (MGA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

MI2-ES (MGA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
MI3-ES (MGA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
PF-ES (MGA)	Longa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Em 2016, o Índice de Qualidade do Ar (Gráfico 6.11) registrou que a qualidade do ar referente ao poluente PTS pode ser classificada como boa durante quase todo o período (>90%) em quatro das oito estações. As exceções são Vila Capixaba (43%), Cidade Continental (69%), Laranjeiras (70%) e Enseada do Suá (87%), onde a qualidade do ar foi classificada como regular durante 56%, 31%, 30% e 13% do ano, respectivamente.

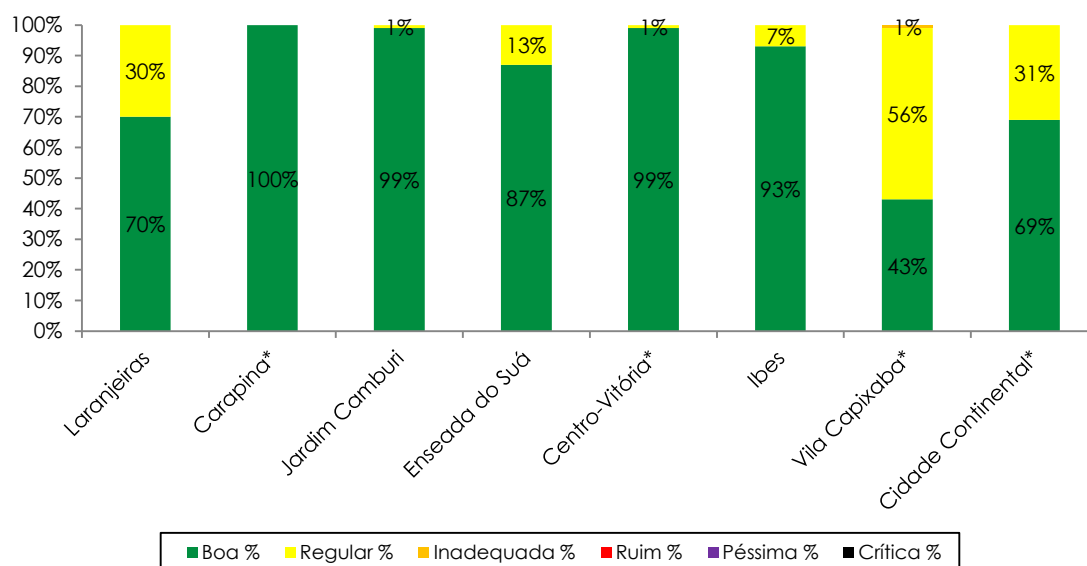
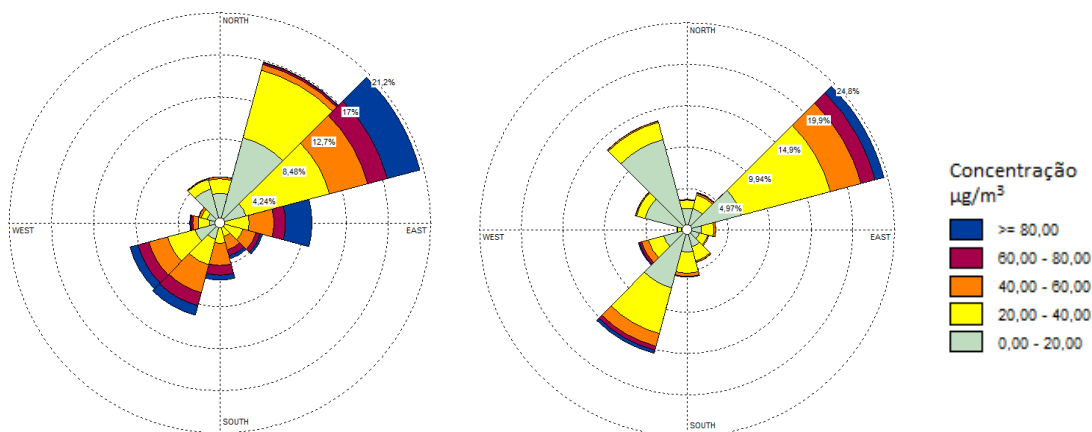


Gráfico 6.11 - Índice de qualidade do ar com base no poluente PTS nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de PTS monitorados: (i) A estação Enseada do Suá, observa-se concentrações superiores a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em todas as direções, com maior incidência dessas concentrações proveniente das direções Nordeste e Leste (NE e E). Destaca-se que próximo à estação Enseada do Suá há influência direta do tráfego de veículos na Terceira Ponte, que liga Vitória e Vila Velha (ii) A estação Ibes, apresentou as maiores concentrações de partículas PTS associadas à direção do vento Nordeste e Sudoeste (NE e SO) e pode-se verificar a possível influência de fontes industriais e veiculares locais.



(b) RAMQAr 4 – Enseada do Suá

(c) RAMQAr 6 – Ibes

Gráfico 6.12 - Perfil de concentração média horária de PTS nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

Nos últimos 10 anos, conforme visto no Gráfico 6.13, o monitoramento do poluente PTS na RMGV mostrou que, de modo geral, houve um aumento na concentração média anual entre os anos de 2014 e 2015, em quase todas as estações, com exceção da estação Centro-Vitória. Em 2016 indicou estabilidade das médias anuais em quase todas as estações, exceto na estação Cidade Continental. As concentrações médias anuais de PTS na estação de Vila Capixaba, apesar de maior variação ao longo dos anos não apresentou indicativos de tendências assim com as demais estações.

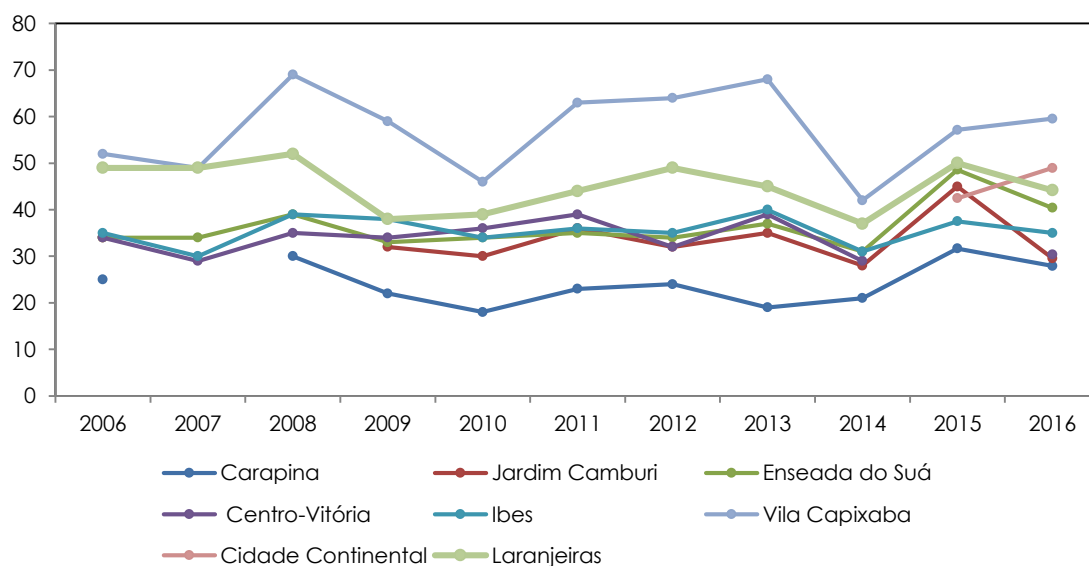


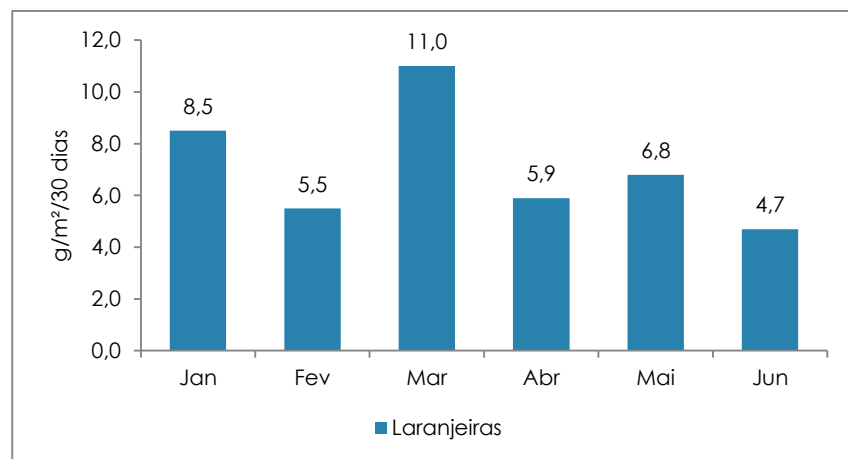
Gráfico 6.13 - Séries temporais das concentrações médias anuais de PTS nas estações da RAMQAr.

6.1.4. Partículas Sedimentadas (PS)

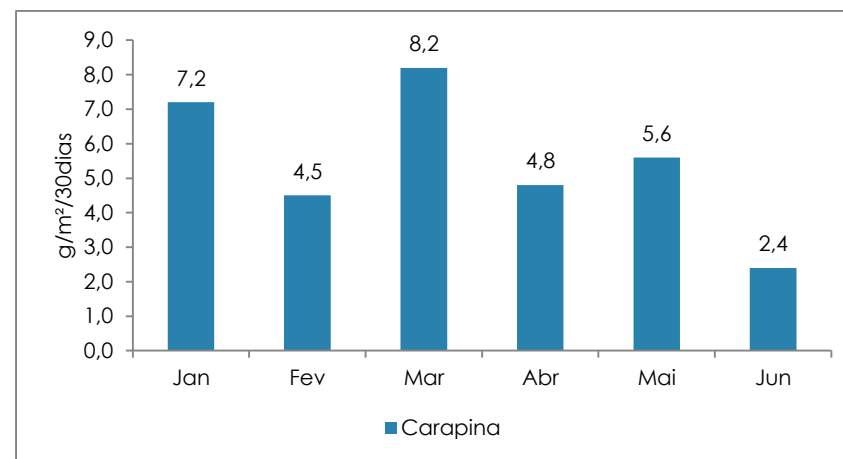
Em 2016, o monitoramento de poeira sedimentável na região da Grande Vitória ocorreu somente no período de janeiro a junho, devido ao término do contrato com o laboratório responsável em efetuar a coleta e análise da taxa de deposição de PS da região, sendo necessário realizar um novo processo de licitação para a contratação de um laboratório. Destaca-se que, durante o período monitorado, nenhuma estação excedeu a meta intermediária I (MI1) para PS estabelecida pelo Decreto Estadual 3463-R de 2016.

Nas estações Enseada do Suá, Vila Capixaba e Clube Ítalo foram registrados os maiores valores de taxa de deposição de PS em 2016, sendo na estação Enseada do Suá (14,0 g/m². 30 dias, no mês de março), em Vila Capixaba (13,5 g/m².30 dias, no mês fevereiro) e no Clube Ítalo (13,8 g/m².30 dias, no mês de abril). Os valores mais baixos da taxa de deposição foram registrado no mês de junho nas estações Carapina (2,4 g/m²/30 dias), Vila Capixaba (2,6 g/m²/30 dias) e Hotel SENAC (2,8 g/m²/30 dias).

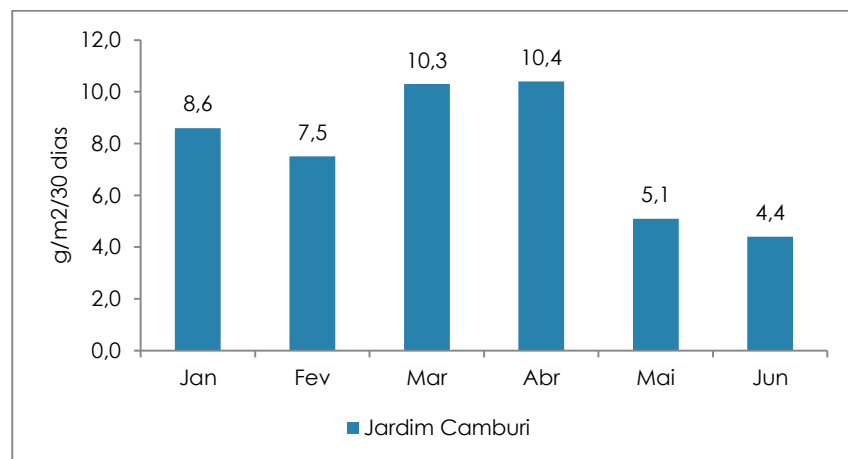
O Gráfico 6.15 (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) mostra a evolução temporal da taxa de deposição nas estações da RMPS desde o início do monitoramento de PS. Desde 2009, a taxa de deposição de PS ultrapassaram a meta MI1 dezessete vezes na estação Enseada do Suá e onze vezes na estação Laranjeiras, sendo superior a 10 g/m²/30 dias nessas estações durante quase todo o período investigado. Nas estações Vila Capixaba a meta MI1 foi ultrapassada cinco vezes, duas vezes nas estações Jardim Camburi, Hotel Senac e Clube Ítalo e uma vez nas estações Centro-Vitória, Centro-Vila Velha e Ibes. É importante ressaltar que na estação Carapina nunca houve a ultrapassagem da meta MI1 do decreto 3463-R para PS.



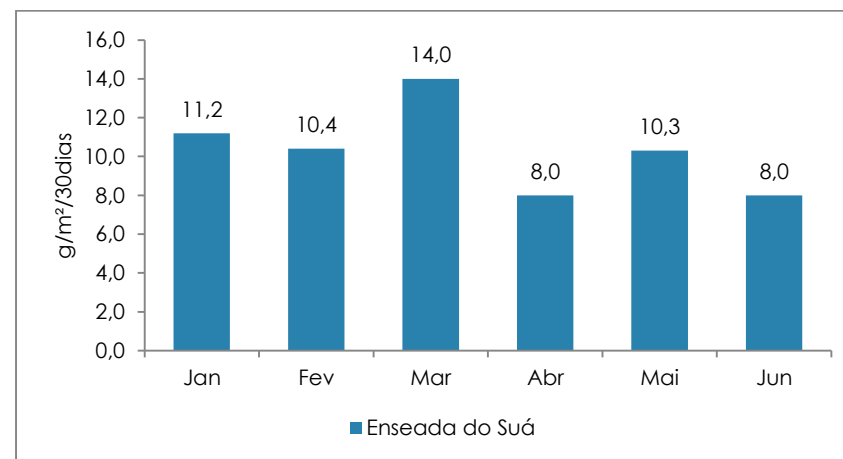
(a) RAMQAr 1 - Laranjeiras



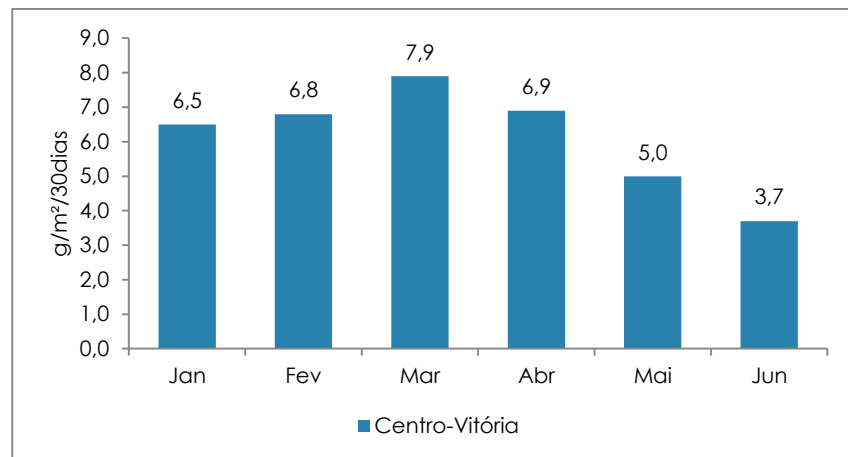
(b) RAMQAr 2 - Carapina



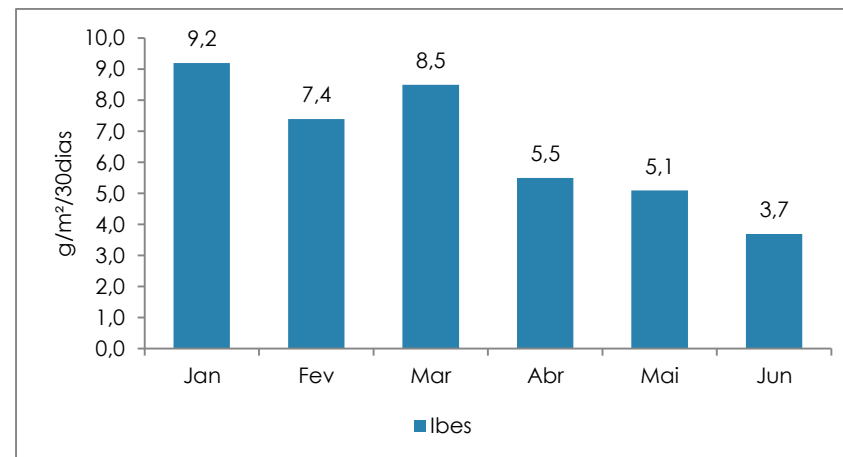
(c) RAMQAr 3 - Jardim Camburi



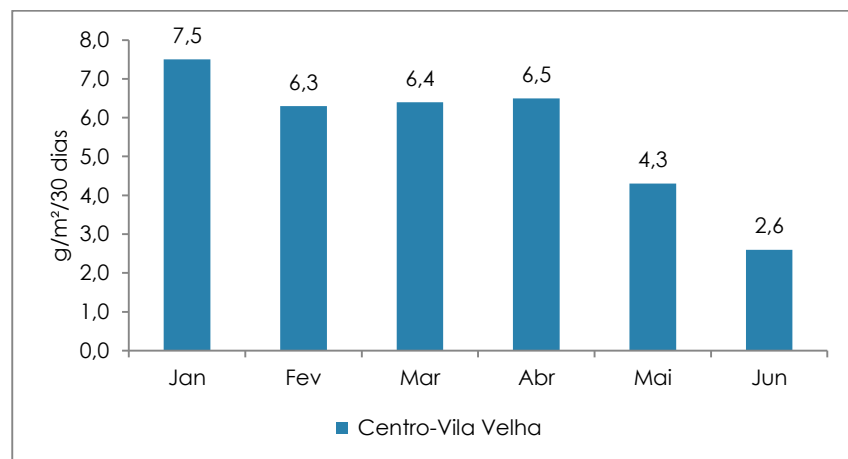
(d) RAMQAr 4 - Enseada do Suá



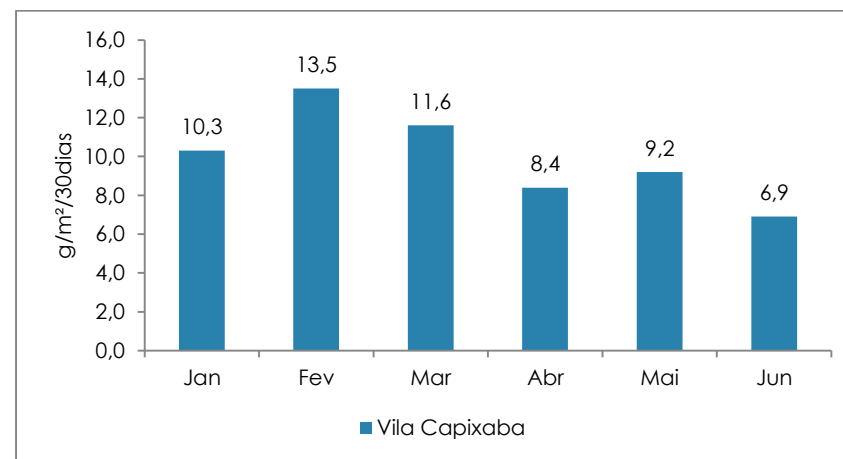
(e) RAMQAr 5 - Centro-Vitória



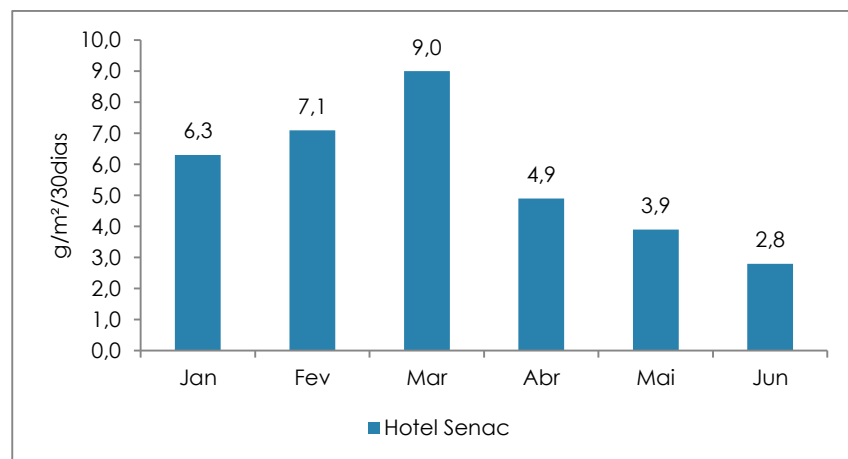
(f) RAMQAr 6 - Ibes



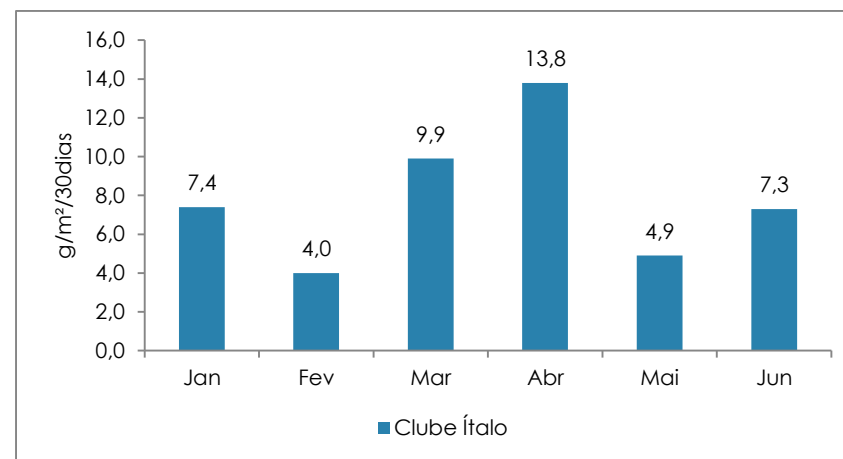
(g) RAMQAr 7 - Centro-Vila Velha



(h) RAMQAr 8 - Vila Capixaba

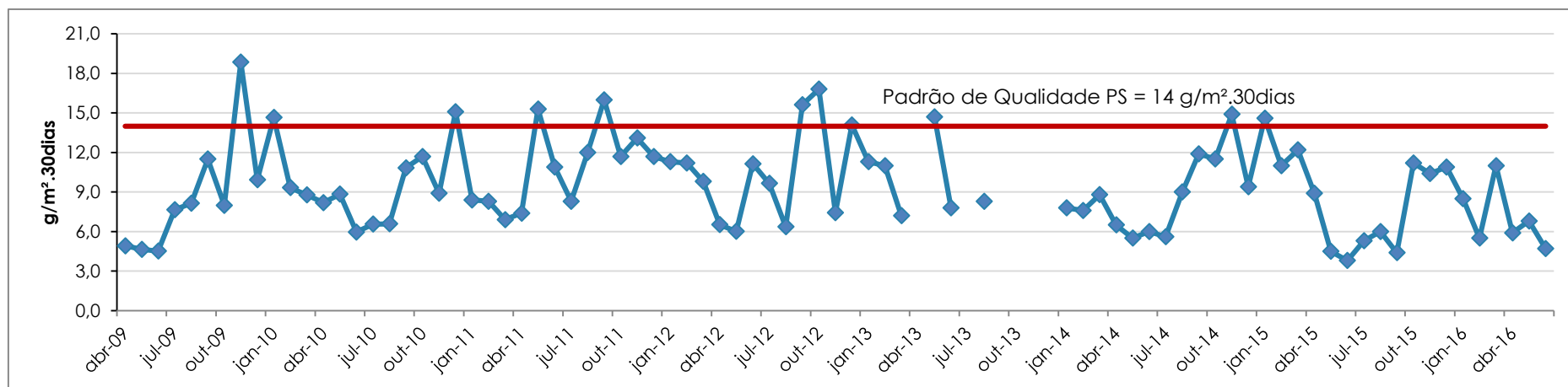


(i) Hotel Senac

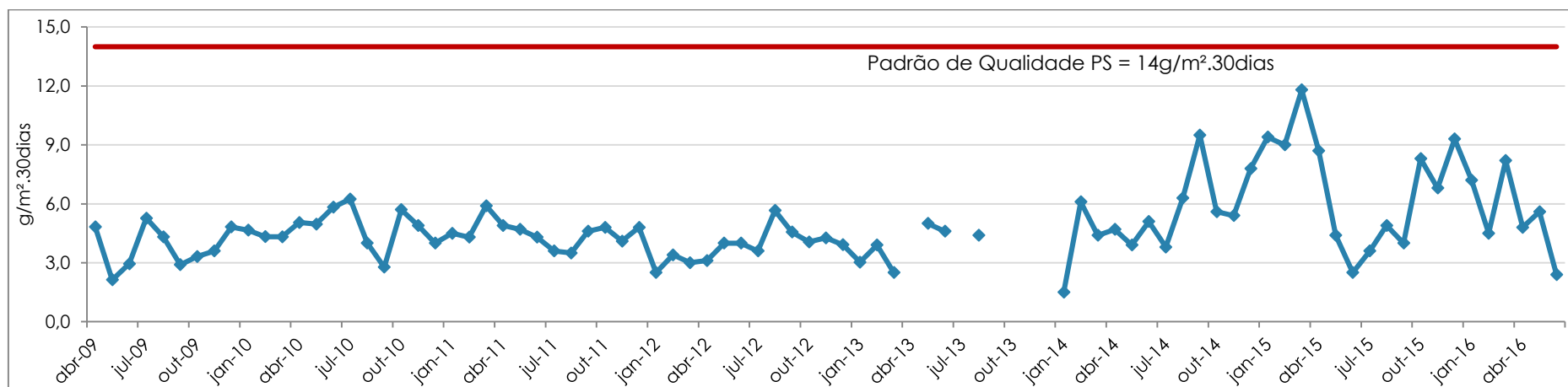


(j) Clube Ítalo

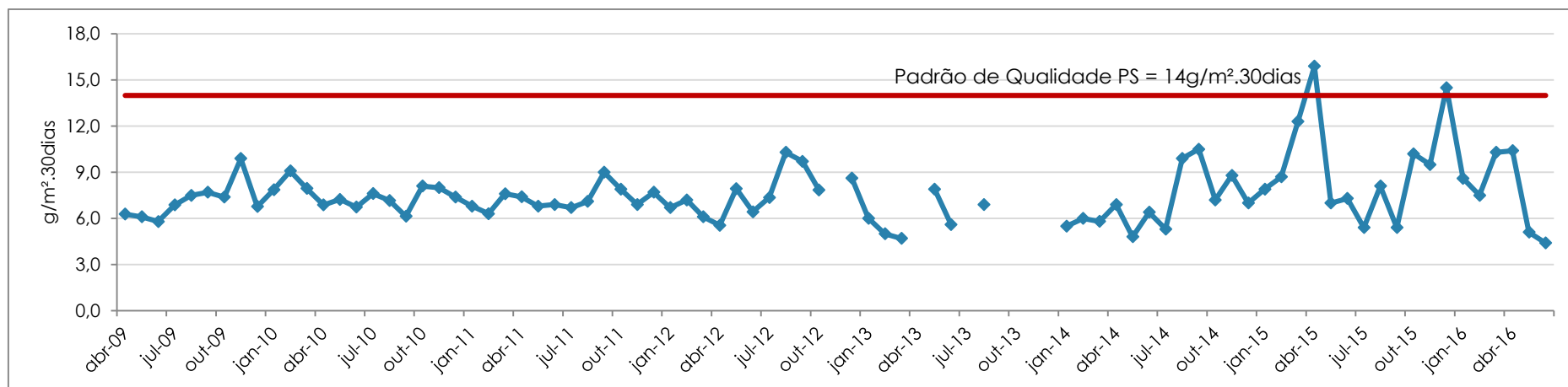
Gráfico 6.14 - Taxa de deposição de partículas (g/m²/30 dias) nas estações de monitoramento de PS.



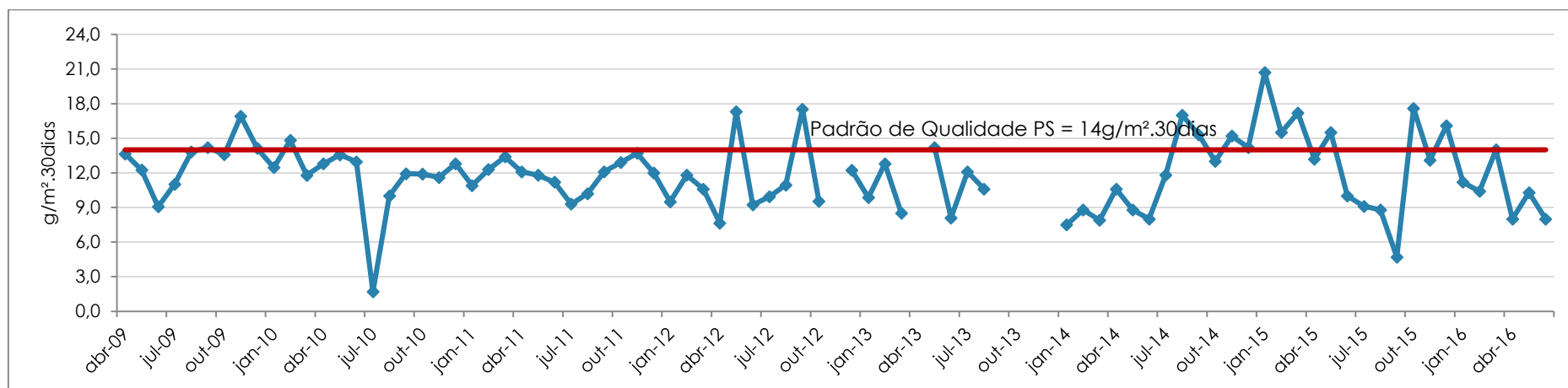
(a) RAMQAr 1- Laranjeiras



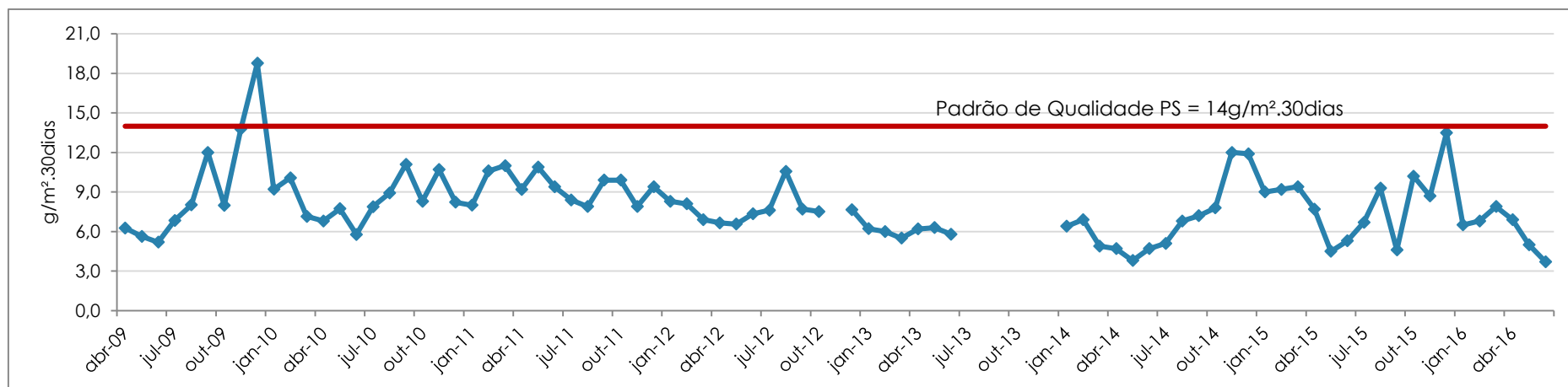
(b) RAMQAr 2 - Carapina



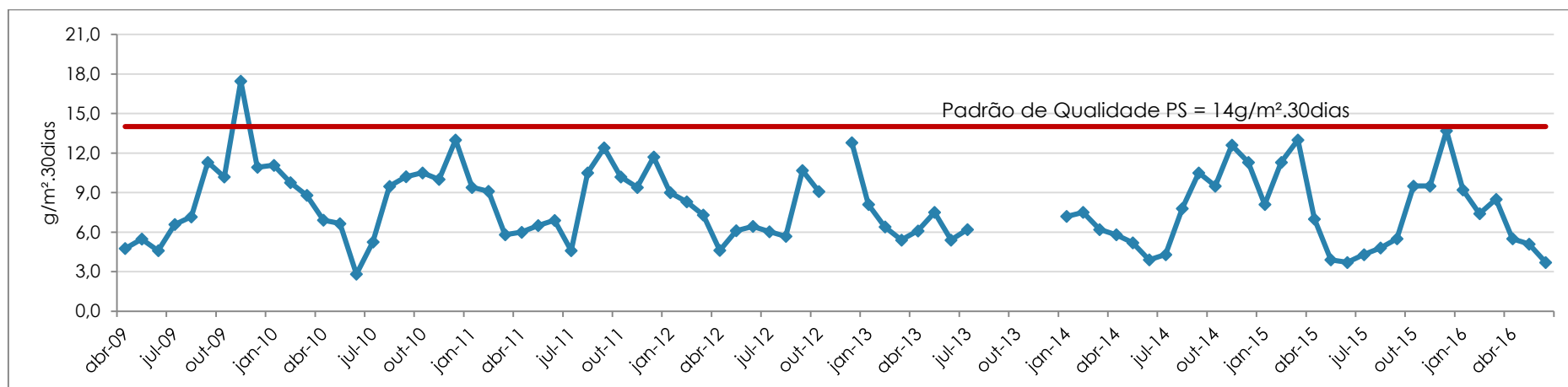
(c) RAMQAr 3 - Jardim Camburi



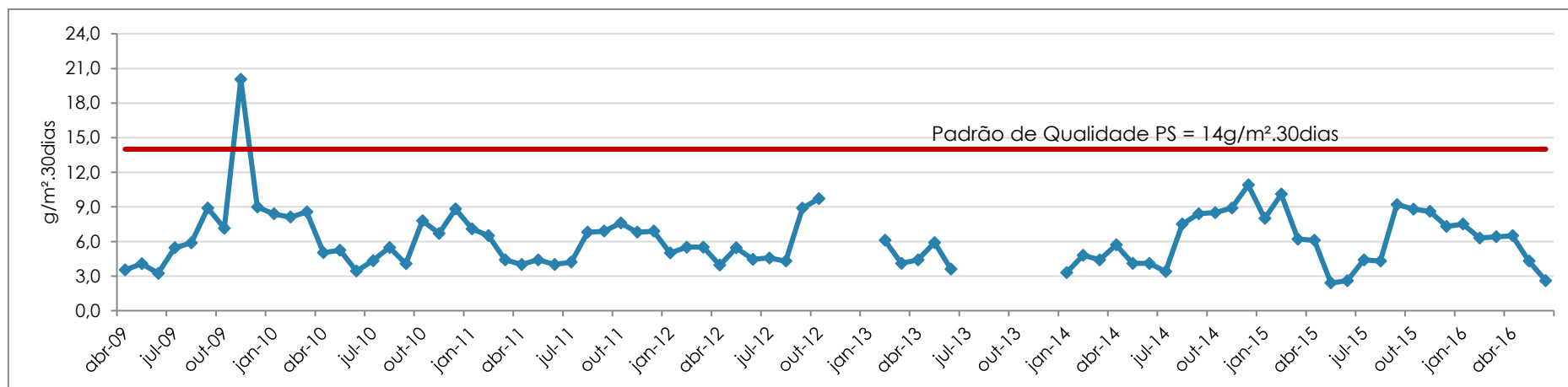
(a) RAMQAr 4 - Enseada do Suá



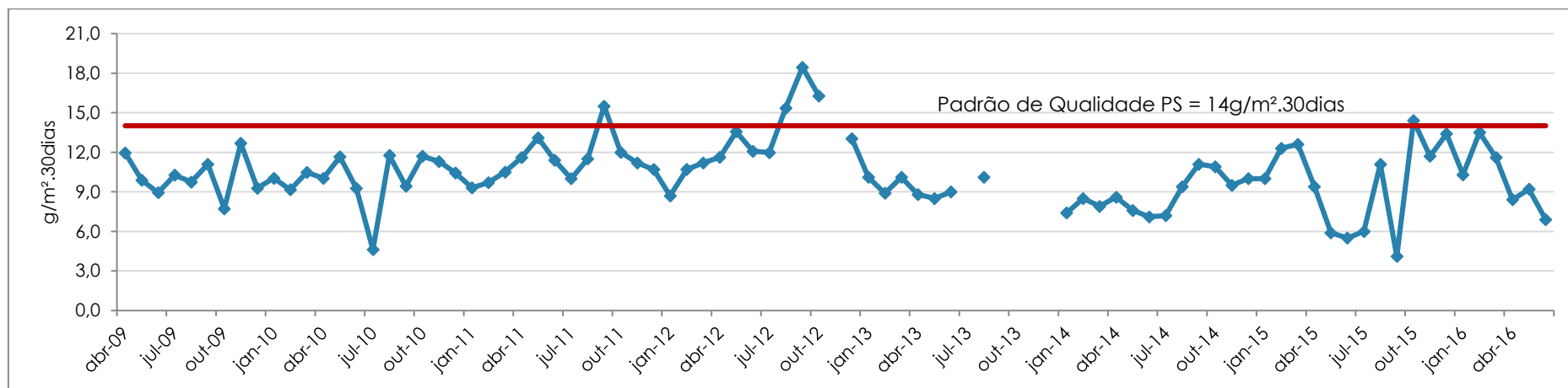
(e) RAMQAr 5 - Centro-Vitória



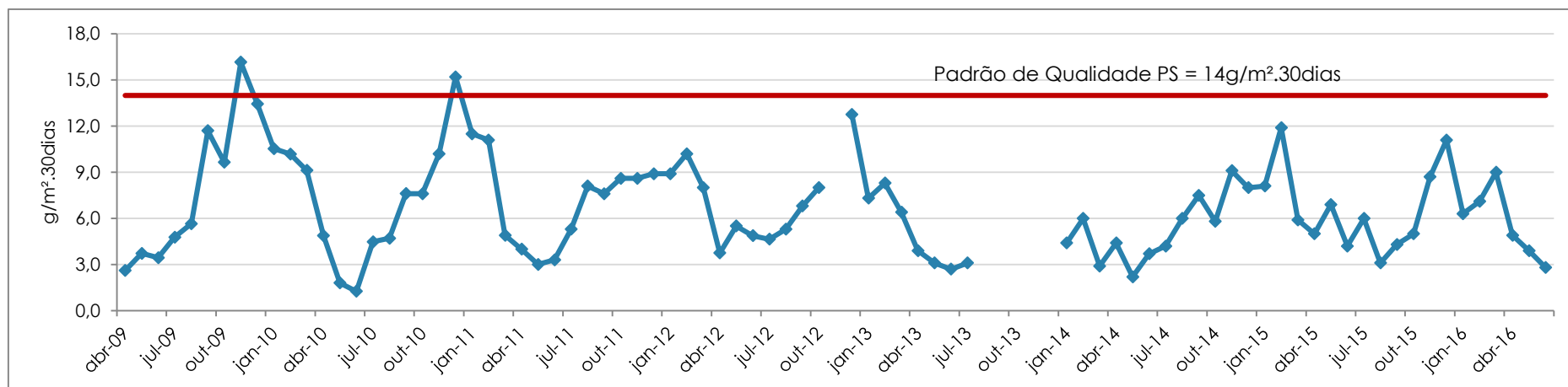
(f) RAMQAr 6 - Ibes



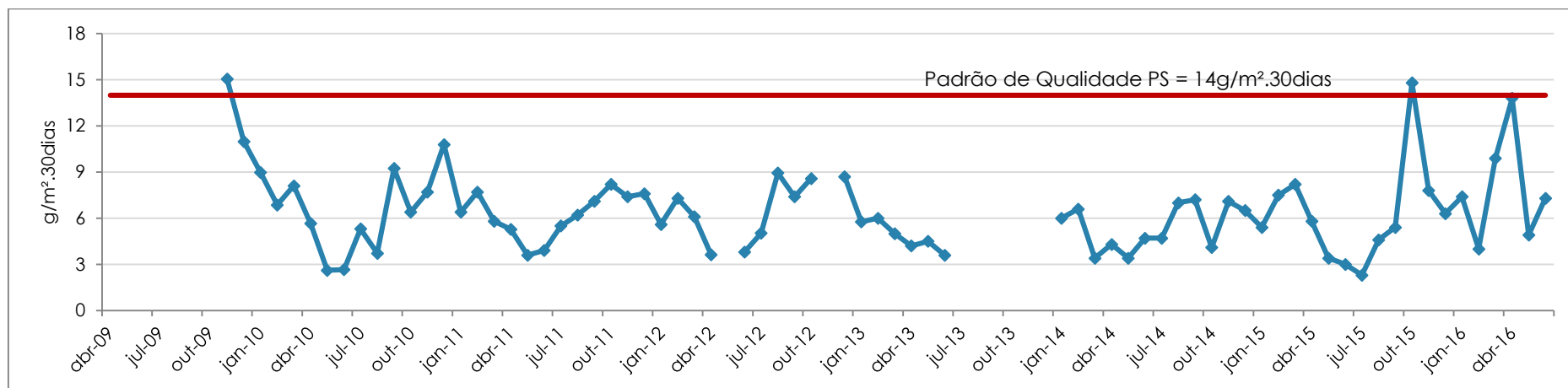
(g) RAMQAr 7 - Centro-Vila Velha



(h) RAMQAr 8 - Vila Capixaba



(i) Hotel Senac



(j) Clube Ítalo

Gráfico 6.15 - Série temporal da taxa de deposição de partículas para o período abril de 2009 a junho de 2016 para as estações da RMPS.

A taxa de deposição foi consistentemente superior ou muito próxima a 10 g/m²/30 dias em quase todos os meses e estações, exceto nas estações Centro-Vila Velha, Carapina e Jardim Camburi. Evidencia-se que desde o início do monitoramento de PS, em 2009, somente a estação Carapina foi inferior a 5 g/m²/30 dias na maior parte do período monitorado. A taxa de deposição de partículas demonstra sazonalidade nos valores medidos nas estações SENAC e Clube Ítalo com valores máximos entre os meses de setembro a março e mínimos entre os meses de abril a agosto, provavelmente devido a ocorrência de ventos na direção sul a partir dos meses de março e abril. Não há tendência clara de aumento ou diminuição nas taxas de deposição em todas as estações, desde abril de 2009.

Observa-se que nas estações Carapina, Jardim Camburi e Enseada do Suá houve uma mudança no comportamento da taxa de deposição de PS a partir de janeiro de 2014, sendo registrado uma maior incidência de picos.

6.2. Dióxido de Enxofre (SO₂)

Os dados de monitoramento de SO₂ para média anual, no ano de 2016, foram representativos somente na estação de Laranjeiras (Tabela 6.7). Ressalta-se que em 2016, as estações Centro-Vila Velha, Vitória-Centro e Cidade Continental não estavam em operação devido a manutenção dos equipamentos.

Os valores máximos das médias de 24h (curta exposição) de concentração de SO₂ foram mais elevado na estação Laranjeiras (45,7 µg/m³) e mais baixo na estação Vila Capixaba (15,3 µg/m³) (Gráfico 6.16). A diretriz da OMS para curta exposição a SO₂ é 20 µg/m³, desta forma, as estações Ibes, Enseada do Suá e Laranjeiras excederam a diretriz da OMS para curta exposição. Entretanto, a OMS indica também que valores de concentração de SO₂ inferiores a 50 µg/m³ levam a significativa melhora nas condições de saúde da população em geral (OMS, 2005).

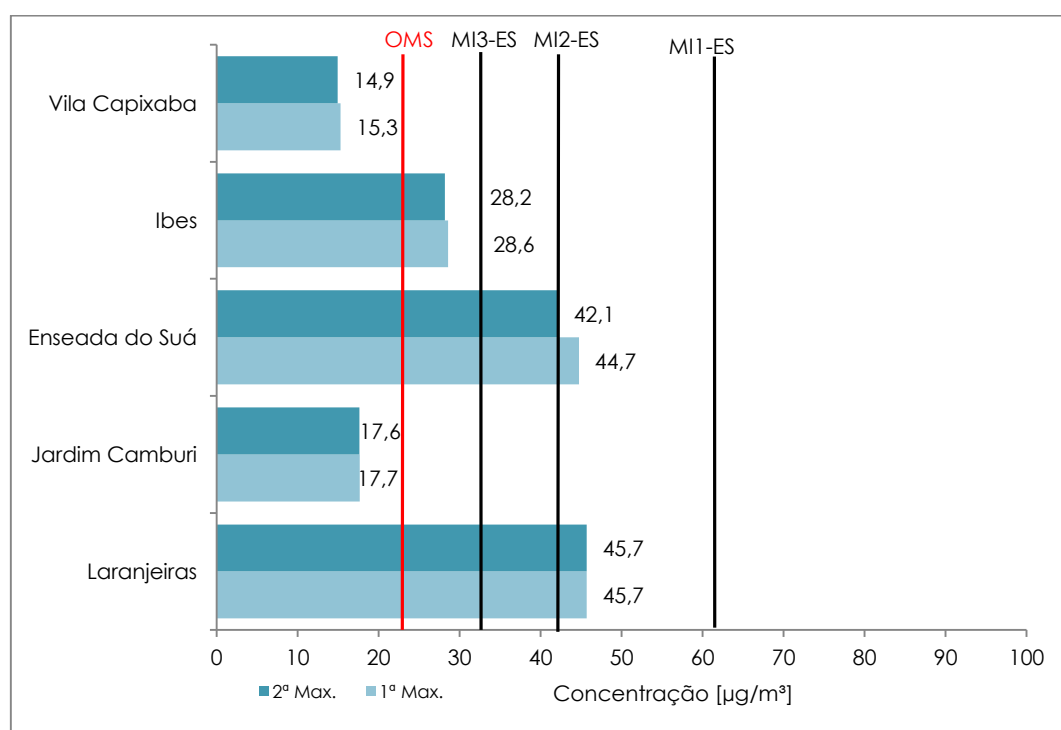
O valor da média anual (longa exposição) foi representativo somente na estação Laranjeiras (10,8 µg/m³), nas demais estações os valores não foram representativos devido à baixa quantidade de dados válidos para o cálculo da média anual (Gráfico 6.17). De acordo com a OMS, uma diretriz anual não é necessária, uma vez que a conformidade com o nível de 24 horas garantirá níveis baixos para a média anual (OMS, 2005).

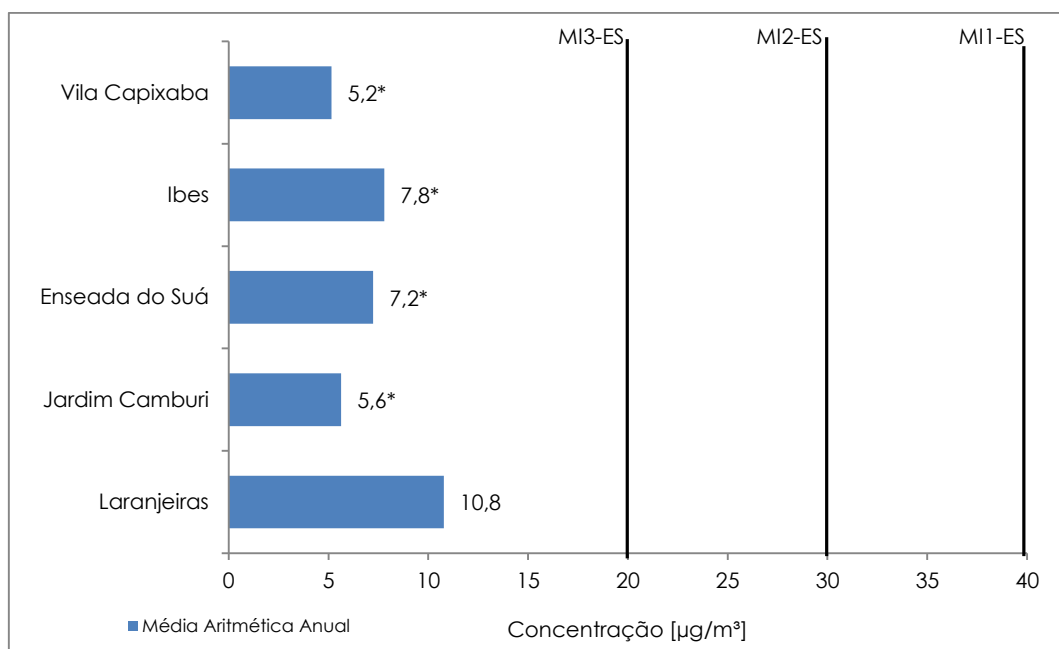
Tabela 6.7 - Valores das máximas diárias e da MAA de concentração de SO₂ (µg/m³).

	Laranjeiras	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Centro-Vitória	Ibes	Centro-Vila Velha	Vila Capixaba	Cidade Continental
1º Max.	45,7	17,7	44,7	-	28,6	-	15,3	-
2º Max.	45,7	17,6	42,1	-	28,2	-	14,9	-
Média Aritmética Anual	10,8	5,6*	7,2*	-	7,8*	-	5,2*	-
Representatividade **	91,57%	63,93%	71,50%	-	28,76%	-	27,93%	-

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

**Gráfico 6.16** - Concentração diária máxima de SO₂ nas estações da RAMQAr.



(*) valores não representativos.

Gráfico 6.17 - Concentração média anual de SO₂ nas estações da RAMQAr.

A Tabela 6.8 apresenta o número de ultrapassagens do poluente SO₂ em relação ao Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PQAr) e às metas e ao Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013.

Em 2016, não ocorreram ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar para o poluente SO₂ para curta e longa exposição. A legislação estadual, sobre metas e padrões de qualidade do ar para o poluente SO₂ indica três metas intermediárias (MI1, MI2 e MI3) anteriores ao estabelecimento do padrão final para o poluente. Para metas associadas aos efeitos de curta exposição (média 24 horas) ao SO₂, não houve ultrapassagem dos valores indicados como MI1 (60 µg/m³), o padrão estadual de qualidade do ar vigente. É importante salientar que as concentrações médias de 24 horas são calculadas como médias móveis de 24 horas, ou seja, em um dia temos 23 médias móveis de 24 horas.

Entretanto, o Padrão Final - PF (20 µg/m³) de 24 horas, indicado como diretriz para curta exposição ao SO₂ pela OMS, foi ultrapassado em 531 médias móveis de 24 horas na estação Laranjeiras, 323 na estação Enseada do Suá e 40 na estação Ibes. Igualmente houve ultrapassagem dos valores indicados como MI2 (40 µg/m³) e MI3 (30 µg/m³) nas estações Laranjeiras e Enseada do Suá.

Para metas intermediárias associadas aos efeitos de longa exposição (média aritmética anual) não houve ultrapassagem dos valores indicados como MI1 (40 µg/m³), MI2 (30 µg/m³) e MI3 (20 µg/m³) em todas as estações da RAMQAr.

Tabela 6.8 - Número de médias móveis de 24 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de SO₂.

Referencial	Duração da Exposição	Laranjeiras	Jardim Camburi	Enseada do Sua	Centro-Vitória	Ibes	Centro-Vila Velha	Vila Capixaba	Cidade Continental
		Número de ultrapassagens							
PQAr primário (24h)	Curta	0	0	0	-	0	-	0	-
PQAr secundário (24h)	Curta	0	0	0	-	0	-	0	-
PQAr Primário (Anual)	Longa	Não	Não	Não	-	Não	-	Não	-
PQAr Secundário (Anual)	Longa	Não	Não	Não	-	Não	-	Não	-
MI1-ES (24h)	Curta	0	0	0	-	0	-	0	-
MI2-ES (24h)	Curta	22	0	19	-	0	-	0	-
MI3-ES (24h)	Curta	126	0	47	-	0	-	0	-
PF-ES (24h) OMS (24H)	Curta	531	0	323	-	40	-	0	-
MI1-ES (MAA)	Longa	Não	Não	Não	-	Não	-	Não	-
MI2-ES (MAA)	Longa	Não	Não	Não	-	Não	-	Não	-
MI3-ES (MAA)	Longa	Não	Não	Não	-	Não	-	Não	-

O índice de qualidade do ar (IQA) em 2016 (Gráfico 6.18) apresentou que a qualidade do ar pode ser classificada como boa durante o ano (100%) em todas as estações que realizaram o monitoramento em 2016, tendo como referência o poluente SO₂. Ressalta-se, entretanto, que para o ano de 2016 somente os dados de monitoramento de SO₂ da estação de Laranjeira foram representativos para todo ano.

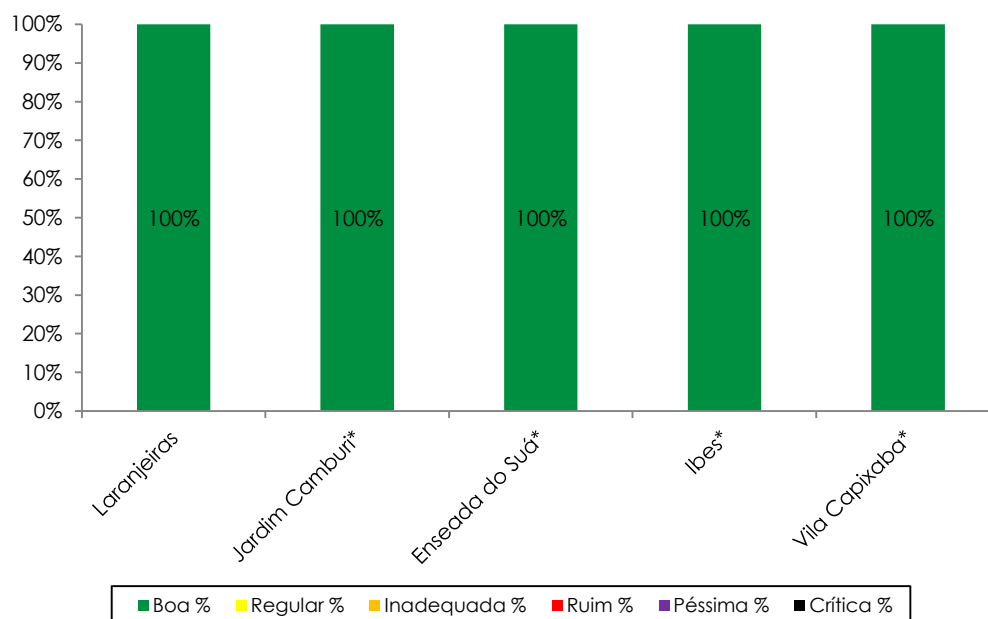
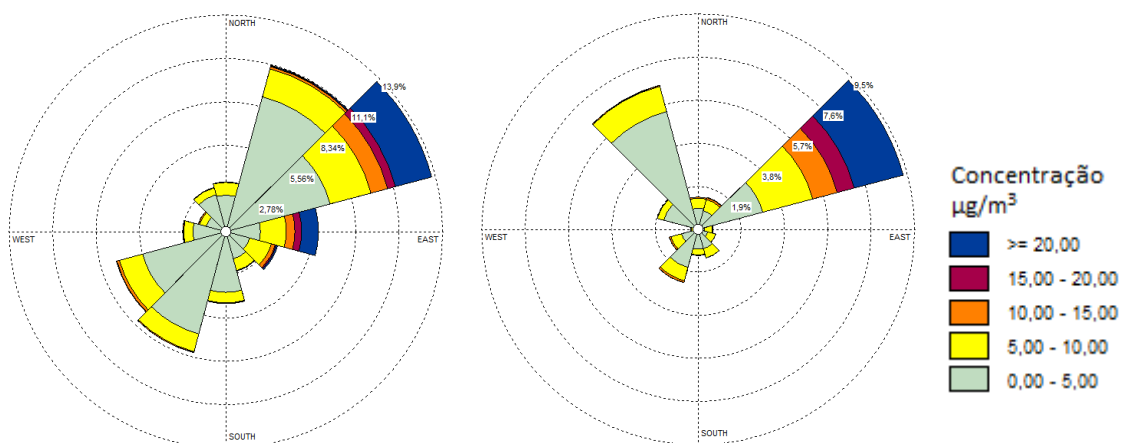


Gráfico 6.18 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente SO₂ nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

O Gráfico 6.19 apresenta o perfil de concentração de SO₂ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no gráfico representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida naquela estação e foram usados somente os dados das estações que apresentavam monitoramento do poluente e do vento para o cálculo da rosa de poluentes. Além disso, somente os dados de vento representativos foram considerados nesta análise.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de SO₂ monitorados: (i) Na estação Enseada do Suá, as maiores concentrações do poluente SO₂ foram provenientes das direções do vento Nordeste e leste (NE e E), indicando a provável influência das fontes localizadas do complexo de tubarão e fontes veiculares; (ii) Na estação Ibes foi observado nos vento oriundas do nordeste, ocorriam altas concentrações de SO₂, indicando a possível influência das fontes localizadas do complexo de Tubarão e fontes veiculares.



(a) RAMQAr 4 – Enseada do Suá

(b) RAMQAr 6 – Ibes

Gráfico 6.19 - Perfil de concentração média horária de SO_2 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).

Nos últimos 10 anos, conforme mostra o Gráfico 6.20, o monitoramento do poluente SO_2 na RMGV indica um aumento na concentração média anual entre os anos de 2010 e 2011. A partir de 2012 as médias, na maioria das estações, seguem uma tendência de queda até o ano de 2014. Em 2015 e 2016 este comportamento muda observando-se um pequeno aumento na concentração média anual em todas as estações com exceção da estação Ibes e Jardim Camburi que se manteve estável em 2016.

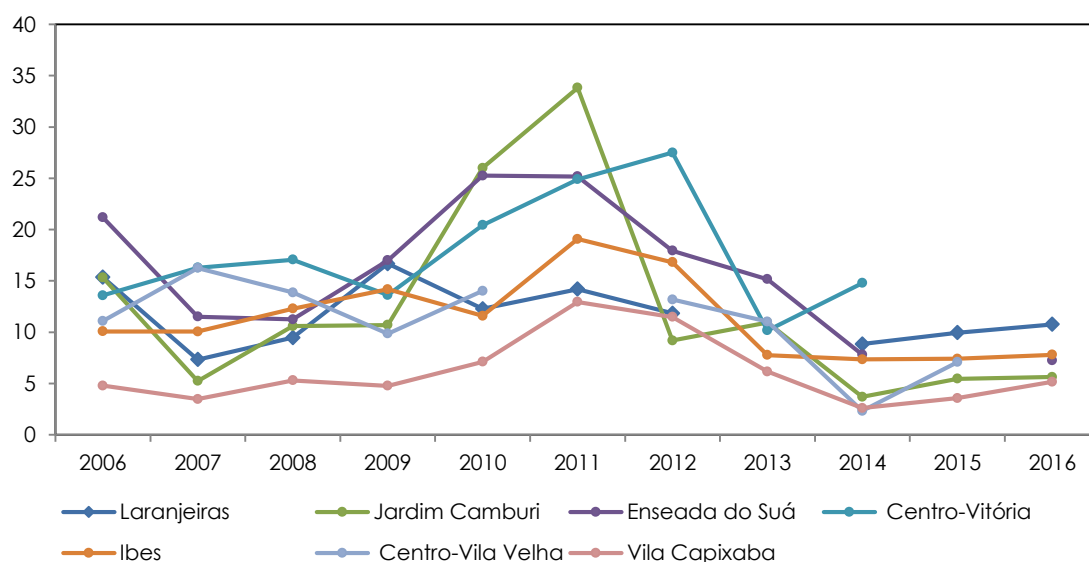


Gráfico 6.20 - Séries temporais das concentrações médias anuais de SO_2 nas estações da RAMQAr.

6.3. Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Os dados de monitoramento de NO₂ não foram representativos em nenhuma estação da RAMQAr para o cálculo da média anual de 2016 (Tabela 6.9). Ressalta-se que em 2016, as estações Ibes, Vitória-Centro, Vila Capixaba e Cidade Continental não estavam em operação devido a manutenção dos equipamentos.

Para as estações onde houve medições, os valores máximos das médias horárias (curta exposição) de concentração de NO₂ foram mais elevados na estação Laranjeiras (112,8 µg/m³). As menores médias máximas horárias foram registradas em Jardim Camburi (71,9 µg/m³) (Gráfico 6.21). A diretriz da OMS para curta exposição a NO₂ é 200 µg/m³, desta forma os valores de concentração média horária de NO₂ disponíveis não ultrapassaram a diretriz da OMS para curta exposição ao NO₂.

A diretriz da OMS para longa exposição a NO₂ é 40 µg/m³. Apesar dos valores de concentração média anual de NO₂ não ultrapassaram a diretriz da OMS para longa exposição ao NO₂, estes não foram representativos, devido à baixa quantidade de dados válidos utilizados no cálculo da média anual (Gráfico 6.22).

Tabela 6.9 - Valores das máximas horárias e da MAA de concentração de NO₂ (µg/m³).

	Laranjeiras	Jardim Camburi	Enxada do Suã	Centro-Vitória	Ibes	Vila Capixaba	Cidade Continental
1º Max.	112,8	71,9	81,1	-	-	-	-
2º Max.	109,6	57,5	77,1	-	-	-	-
Média Aritmética Anual	22,1*	10,7*	21,9*	-	-	-	-
Representatividade**	39,81%	73,52%	62,77%	-	-	-	-

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

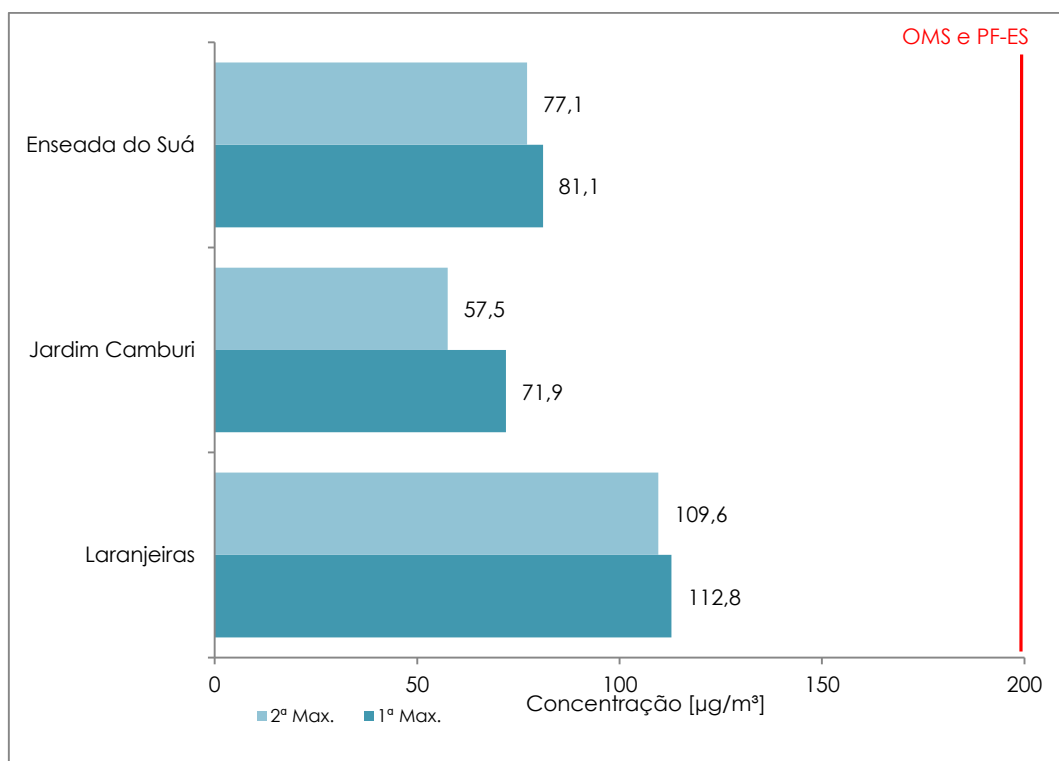
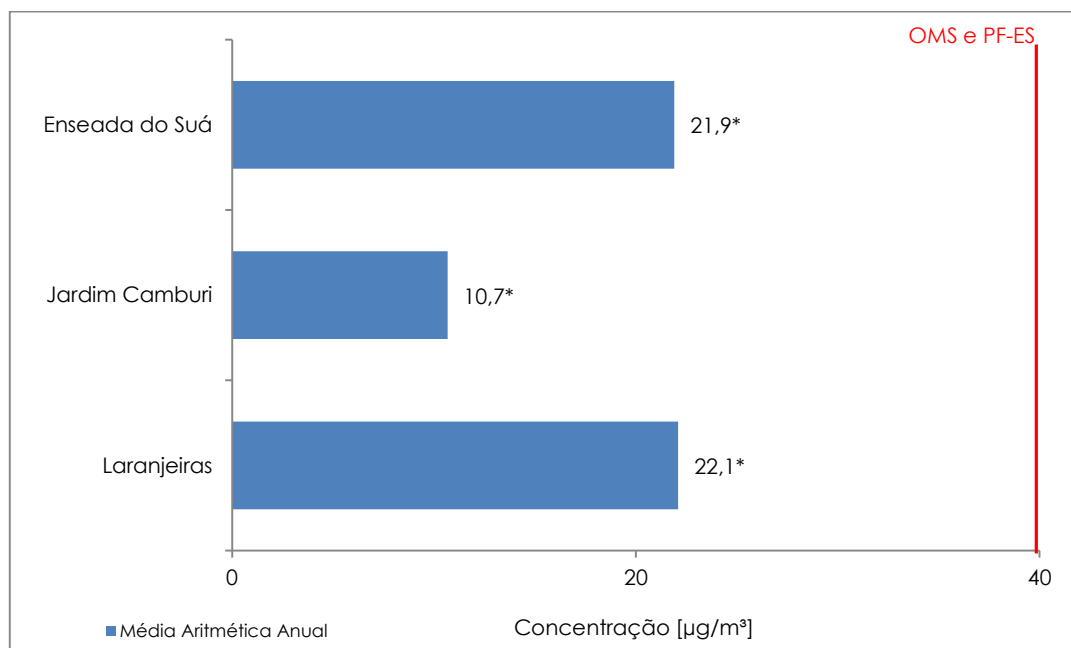


Gráfico 6.21 - Concentrações horária máximas de NO₂ nas estações da RAMQAr.



(*) valores não representativos.

Gráfico 6.22 - Concentrações médias anuais de NO₂ nas estações da RAMQAr.

Durante o ano de 2016, não ocorreram ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar, das metas intermediárias e do Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013 para o poluente NO₂ para curta exposição.

Igualmente, em 2016, as estações que realizaram o monitoramento de NO₂ apresentaram um índice de qualidade do ar (IQA) (Gráfico 6.23) classificado como bom em quase todo o período dos dados válidos.

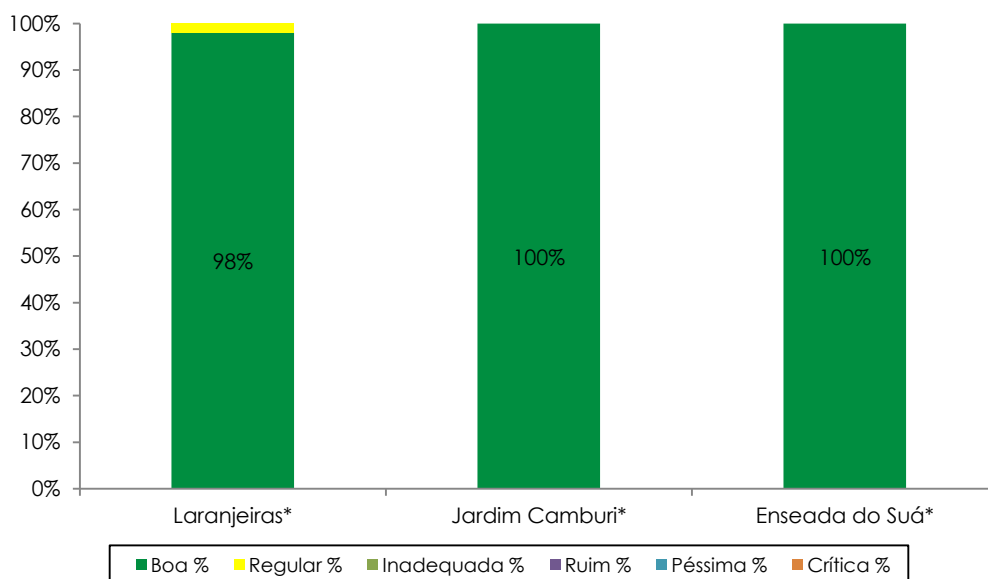


Gráfico 6.23 - Índice de qualidade do ar referente ao poluente NO₂ nas estações da RAMQAr.

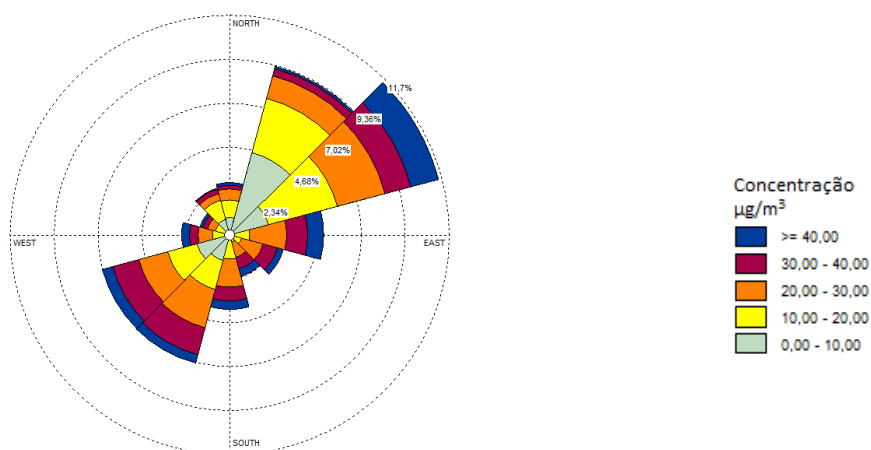
(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

O Gráfico 6.24

Gráfico 6.24 - Perfil de concentração média horária de NO₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

apresenta o perfil de concentração de NO₂ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida naquela estação e foram usados somente os dados das estações que apresentavam monitoramento do poluente e do vento para o cálculo da rosa de poluentes. Além disso, somente os dados de vento representativos foram considerados nesta análise.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de NO₂ monitorados: (i) Na estação Enseada do Suá, observa-se concentrações superiores a 40 µg/m³ em todas as direções, com maior incidência quando o vento era proveniente das direções Nordeste e Sudoeste (NE e SO). Isso deve-se, provavelmente, a influência das emissões veiculares e atividades industriais.



(a) RAMQAr 4 – Enseada do Suá

Gráfico 6.24 - Perfil de concentração média horária de NO_2 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

Nos últimos 10 anos, conforme visto no Gráfico 6.25, o monitoramento do poluente NO_2 na RMGV mostrou que, até o ano de 2013 as estações mantiveram os valores médios anuais aproximadamente estáveis. A partir de 2014 houve decréscimo nas concentrações médias anuais de NO_2 nas estações Enseada do Suá, Ibés, Jardim Camburi e Vila Capixaba.

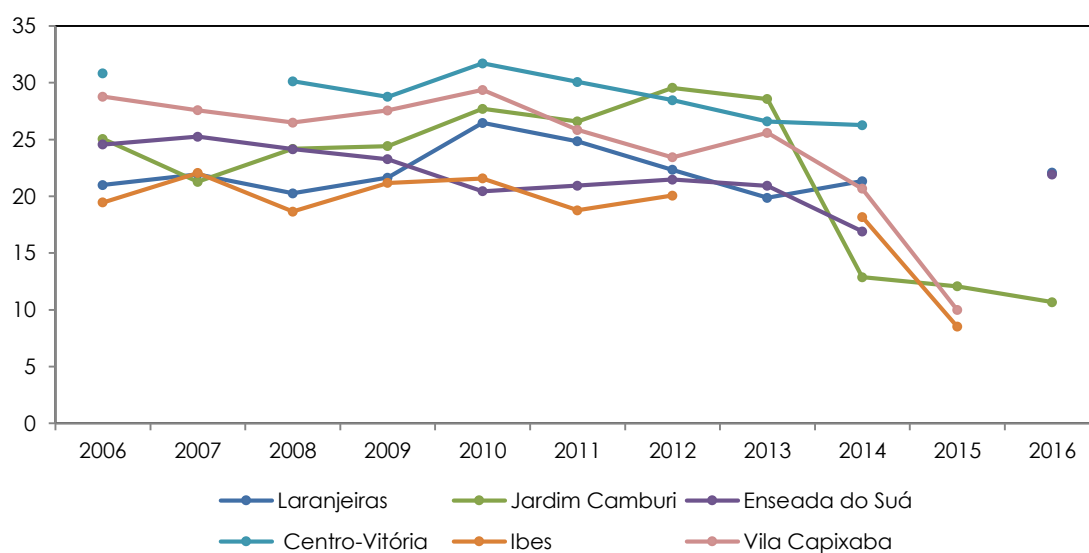


Gráfico 6.25 - Séries temporais das concentrações médias anuais de NO_2 nas estações da RAMQAr.

6.3.1. Ozônio (O₃)

Os dados de monitoramento de O₃ foram representativos para o cálculo das médias anuais em três das quatro estações onde há monitoramento desse poluente. A exceção ocorreu na estação Enseada do Suá (Tabela 6.10).

Os valores máximos das médias de 8h (curta exposição) de concentração de O₃ foram mais elevados na estação Ibes (104,2 µg/m³), enquanto os menores valores máximos foram na estação Vila Capixaba (74,6 µg/m³) (Gráfico 6.26). A diretriz da OMS para curta exposição (8h) ao O₃ é 100 µg/m³, portanto, apenas a estação Ibes ultrapassou a diretriz da OMS. É importante salientar que as concentrações médias de 8 horas são calculadas como médias móveis de 8 horas, ou seja, em um dia temos 23 médias móveis de 8 horas.

O maior valor máximo das médias de 1h de concentração do poluente O₃ foi registrado na estação Enseada do Suá (133,2 µg/m³). A estação Vila Capixaba apresentou o resultado mais baixo para a máxima média de 1h (88,0 µg/m³). O Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PQAr) para a média de 1h para o O₃ é de 160 µg/m³, portanto, não foi registrada ultrapassagem em nenhuma estação (Gráfico 6.27).

Dentre as estações com dados anuais representativos, o valor da média anual (longa exposição) foi mais elevado na estação Ibes (32,7 µg/m³) e mais baixo na estação Vila Capixaba (23,2 µg/m³). Apesar de existirem evidências científicas sobre os efeitos à saúde devido à longa exposição ao O₃, essas evidências ainda não são suficientes para sustentar a indicação de uma diretriz ou padrão associado à média anual pela OMS (OMS, 2005).

Tabela 6.10- Valores das máximas horarias e média de 8h e da MAA de concentração de O₃ em (µg/m³).

	Laranjeiras	Enseada do Suá	Ibes	Vila Capixaba
1º Max. 1h	104,7	133,2	122,8	88,0
2º Max. 1h	103,1	109,0	116,0	84,0
1º Max. 8h	86,3	97,1	104,2	74,9
2º Max. 8h	86,3	95,0	102,4	74,6
Média Aritmética Anual	31,5	35,8*	32,7	23,2
Representatividade**	91,13%	65,74%	99,01%	99,70%

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

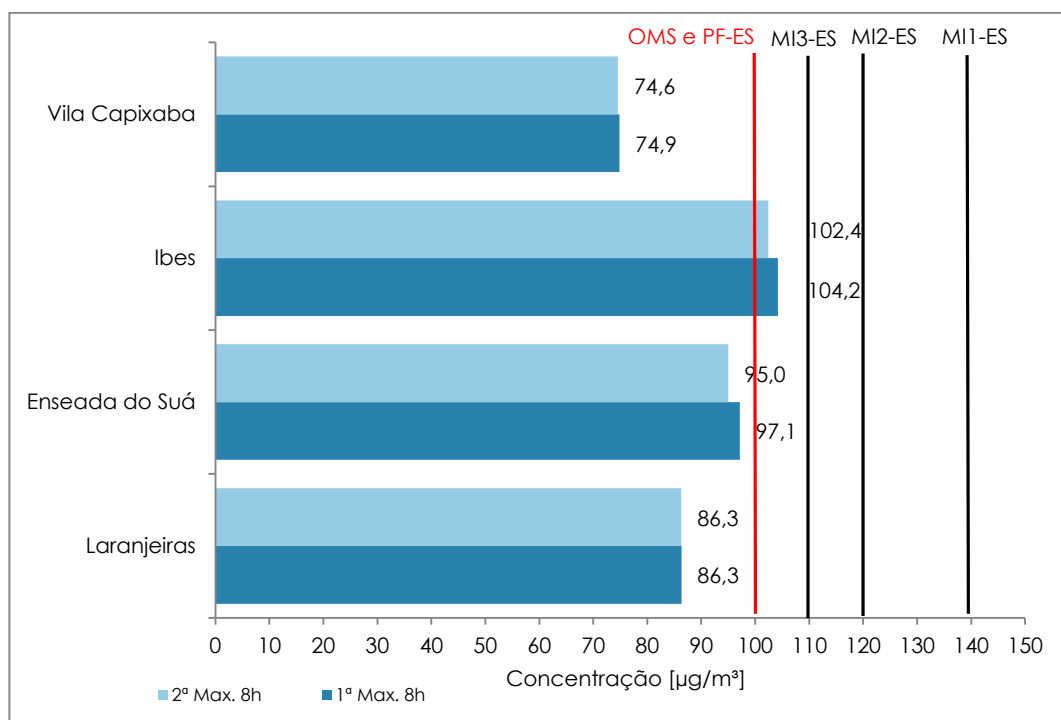


Gráfico 6.26 - Concentração média 8h máxima de O₃ nas estações da RAMQAr.

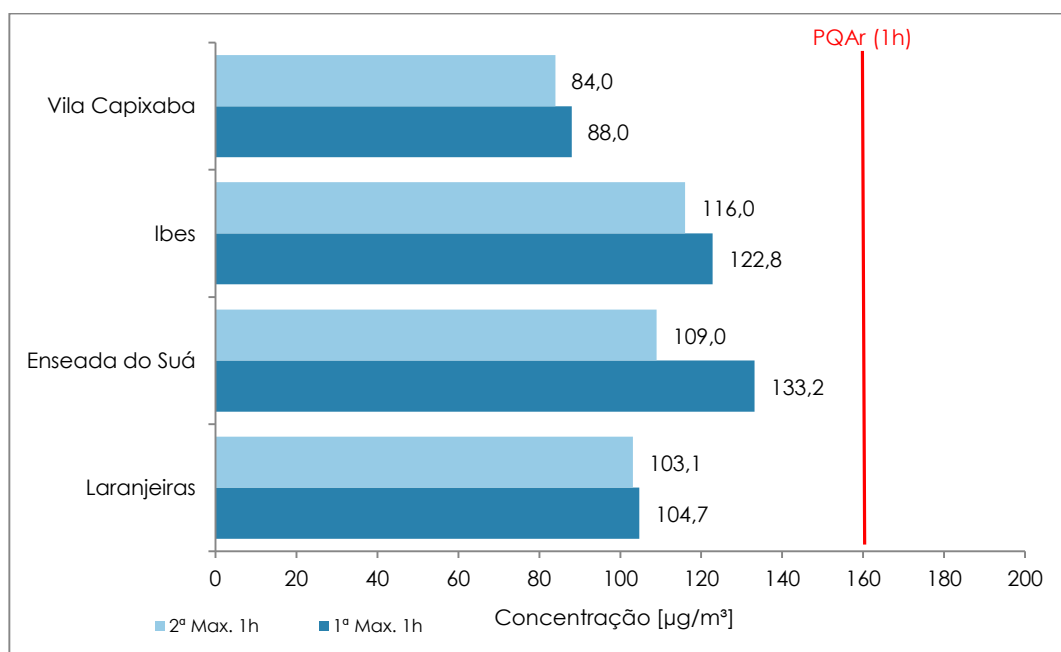


Gráfico 6.27 - Concentração horária máxima de O₃ nas estações da RAMQAr.

A Tabela 6.10 apresenta o número de ultrapassagens do poluente O₃ em relação ao Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PQAr) e às as metas e ao Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013. Em 2016, não ocorreram ultrapassagens do padrão nacional para curta exposição (média horária, 160 µg/m³) e nem do padrão estadual vigente estabelecido pela legislação estadual

(média de 8h, 140, $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Observa-se, que apenas 3 médias móveis de 8h excederam o valor da diretriz da OMS na estação Ibés durante o ano de 2016.

Tabela 6.11 - Número de médias móveis de 1 hora e de 8 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de O_3 .

Referencial	Duração da Exposição	Laranjeiras	Enseada do Suá	Ibés	Vila Capixaba
		Número de ultrapassagens			
PQAr primário e secundário (1h)	Curta	0	0	0	0
MI1-ES (8h)	Curta	0	0	0	0
MI2-ES (8h)	Curta	0	0	0	0
MI3-ES (8h)	Curta	0	0	0	0
PF-ES (8h) OMS (8H)	Curta	0	0	3	0

Todas as estações que realizam o monitoramento de O_3 apresentaram um índice de qualidade do ar (IQA) (Gráfico 6.28) classificado como bom durante quase todo o período (>90%). Observa-se, que nas estações Enseada do Suá e Ibés apresentaram uma qualidade do ar classificada como regular em 8% e 7% do período do ano, respectivamente.

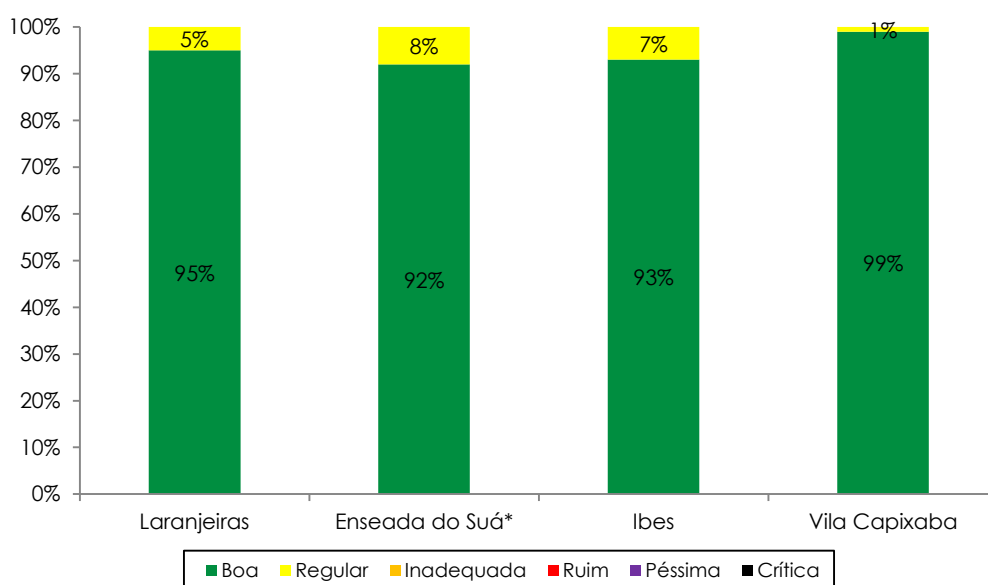


Gráfico 6.28 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente O_3 nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

O Gráfico 6.29 apresenta o perfil de concentração de O_3 em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no gráfico representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida naquela estação. Evidencia que foram usados somente os dados das estações que apresentavam monitoramento do poluente e do vento para o cálculo da rosa de poluentes.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de O_3 monitorados: O O_3 é um poluente secundário, não sendo diretamente emitido por nenhuma fonte direta, mas formado na atmosfera a partir de reações químicas de outros poluentes. Observa-se na estação Enseada do Suá concentrações superiores a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em todas direções, com maior incidência quando o vento era proveniente das direções Nordeste e Sul-Sudoeste (NE e SSW). A estação Ibes mostra que as maiores concentrações foram proveniente das direções Nordeste e Sudoeste (NE e SW).

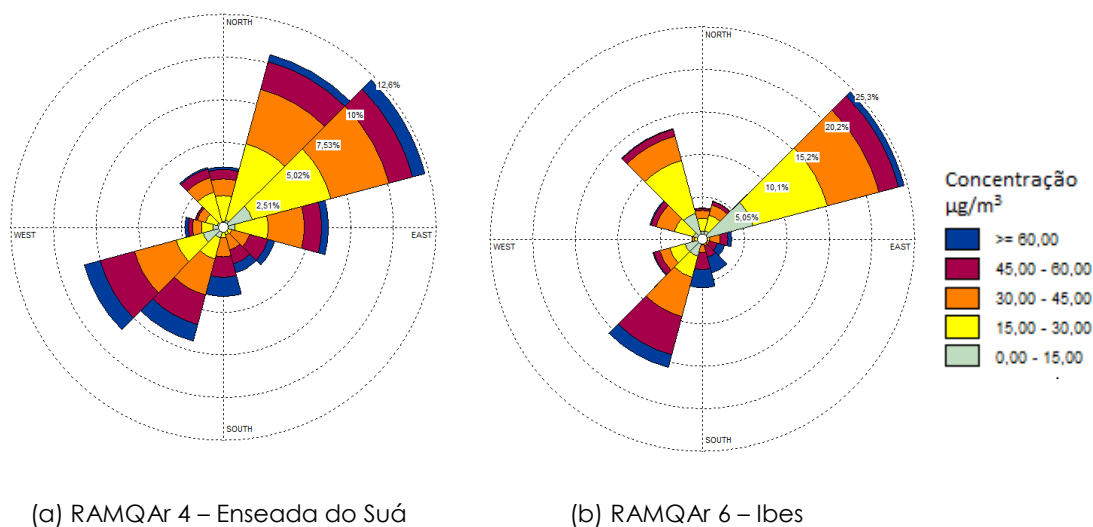


Gráfico 6.29 - Perfil de concentração média horária de O_3 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

Para ilustrar de maneira mais clara o mecanismo de formação do O_3 , o Gráfico 6.30 apresenta a evolução ao longo de 24 horas da concentração média anual para cada hora do dia dos poluentes Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e Ozônio (O_3), na estação Enseada do Suá para o ano de 2016. Pode se notar que após as 05h, a concentração de NO tende a aumentar, devido ao tráfego de veículos, e o ozônio é então consumido para formação de NO_2 . Após as 06h, com o início da radiação solar, o NO_2 é consumido para a formação de O_3 , aumentando os níveis de O_3 e diminuindo os níveis de NO_2 . Esse processo atinge seu auge próximo às 12h, com a maior intensidade da radiação solar. Desde o início da tarde, novamente os níveis de NO_2 voltam a

crescer, uma vez que a taxa de criação de O_3 começa a cair, devido à redução da radiação solar. À noite, a ausência da radiação solar, faz com que os níveis de O_3 diminuam novamente.

Apesar dos três parâmetros não atenderem ao critério de representatividade na estação Enseada do Suá, o gráfico 6.30 é apresentado somente a título de ilustração do fenômeno descrito no parágrafo anterior.

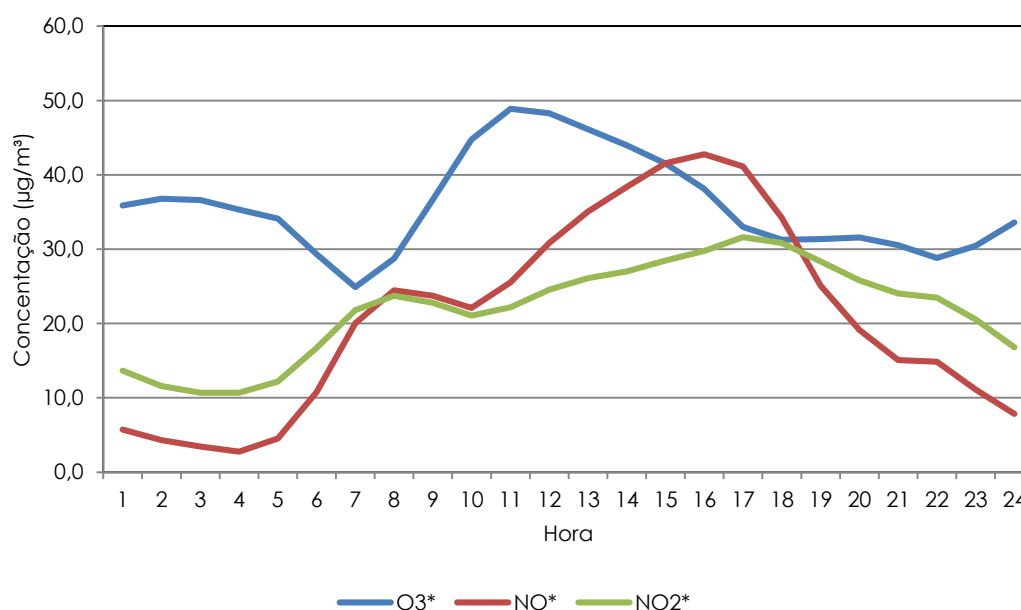


Gráfico 6.30 - Evolução horária dos poluentes NO, NO₂ e O₃ na estação Enseada do Suá.

(*) Valores não representativos.

Nos últimos 10 anos, conforme visto no Gráfico 6.31 o monitoramento do poluente O₃ na RMGV revelou que houve uma tendência de aumento da concentração média anual do O₃ na estação Vila Capixaba até o ano de 2012 e posterior decréscimo até o ano de 2016. As concentrações médias anuais de O₃ na estação Enseada do Suá, apesar de maior variação ao longo dos anos não apresentou indicativos de tendências assim com as demais estações. As demais estações mantiveram aproximadamente estáveis as concentrações médias anuais.

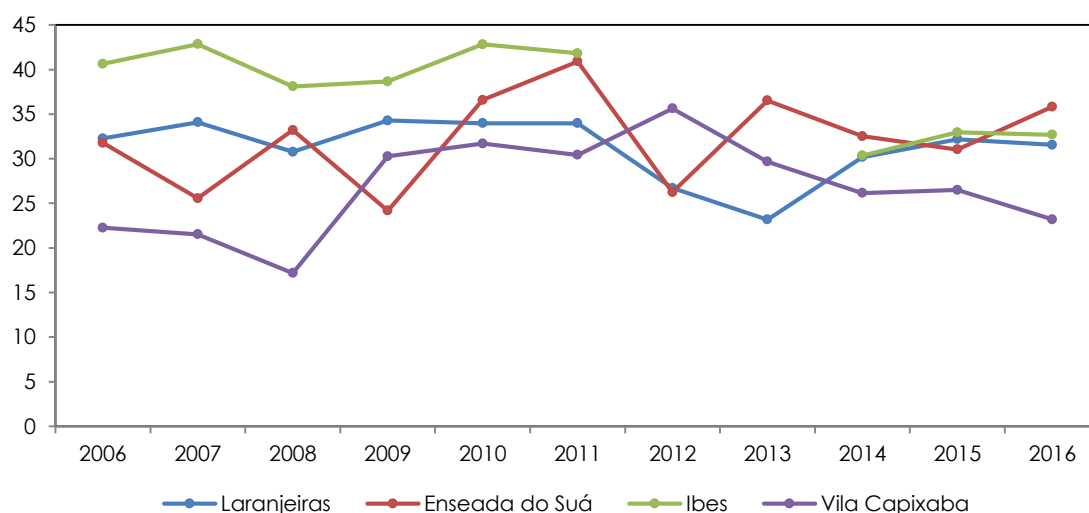


Gráfico 6.31 - Séries temporais das concentrações médias anuais do O₃ nas estações da RAMQAr.

6.4. Monóxido de carbono (CO)

Os dados de monitoramento de CO foram representativos para o cálculo das médias anuais em três das cinco estações que monitoram esse poluente. As exceções ocorreram nas estações Enseada do Suá e Vila Capixaba (Tabela 6.12).

Os valores máximos das médias de 8h de concentração de CO foram mais elevados nas estações Centro-Vitória (2.227,3 µg/m³), seguido pela estação Ibes (1.744,1 µg/m³), enquanto o valor mais baixo foi encontrado na estação Vila Capixaba (1.046,3 µg/m³) (Gráfico 6.32). A diretriz da OMS para 8h de exposição à CO é 10.000 µg/m³. Portanto, verifica-se que as concentrações médias de 8h de CO nas estações da RAMQAr não ultrapassaram a diretriz estabelecida pela OMS.

O valor máximo das médias horárias de concentração de CO foram mais elevados na estação Ibes (4.112,0 µg/m³) e o valor mais baixo foi obtido na estação Vila Capixaba (1.926,8 µg/m³) (Gráfico 6.33). A diretriz da OMS para 1h de exposição a CO é 30.000 µg/m³. Assim, verifica-se que as concentrações médias horárias de CO nas estações da RAMQAr não ultrapassaram a diretriz estabelecida pela OMS.

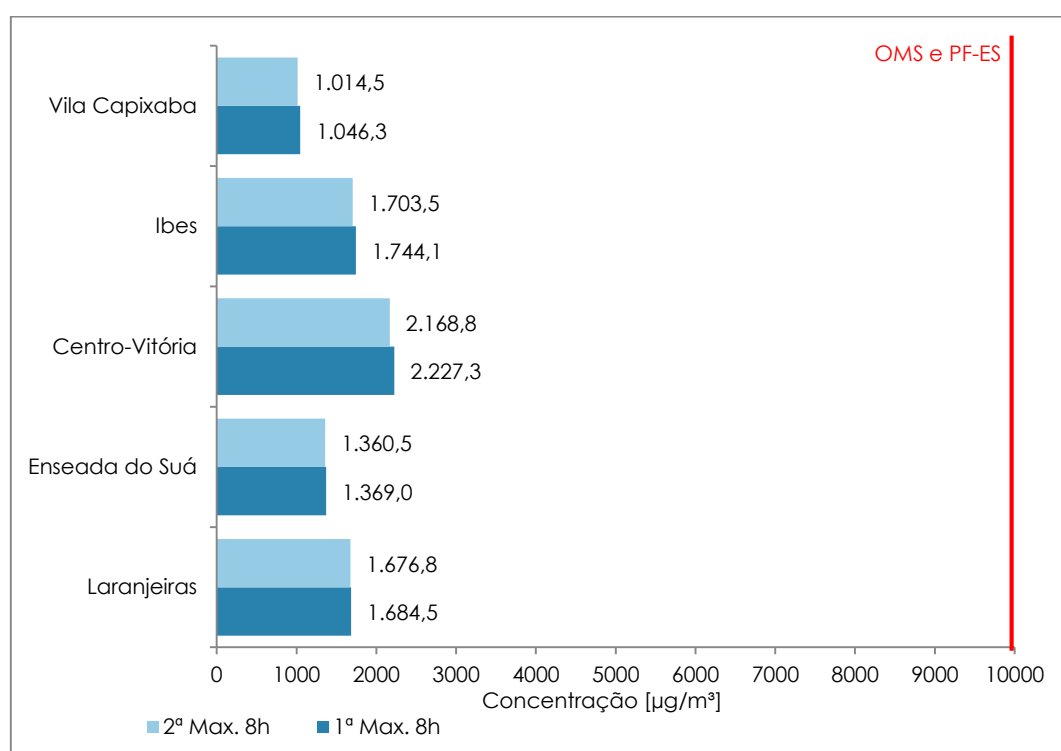
O valor de média anual (longa exposição), entre as estações com dados anuais representativos, foi mais elevado na estação Centro-Vitória (625,7 µg/m³) e mais baixo em Laranjeiras (335,0 µg/m³). Nas estações Enseada do Suá e Vila Capixaba os valores da média anual não foram representativos. Segundo a OMS qualquer valor calculado com tempo de média igual a 8 horas seria representativo de exposições mais longas para o poluente CO (OMS, 2000).

Tabela 6.12 - Valores das máximas horárias e de 8h e da MAA de concentração de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Laranjeiras	Enseada do Suá	Centro-Vitória	Ibes	Vila Capixaba
1ª Max. 1h	3.161,3	2.812,9	3.359,0	4.112,0	1.926,8
2ª Max. 1h	3.060,0	2.571,5	3.158,3	2.693,8	1.864,1
1ª Max. 8h	1.684,5	1.369,0	2.227,3	1.744,1	1.046,3
2ª Max. 8h	1.676,8	1.360,5	2.168,8	1.703,5	1.014,5
Média Aritmética Anual	335,0	373,8*	625,7	363,1	295,1*
Representatividade**	91,69%	71,44%	99,43%	98,63%	70,20%

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

**Gráfico 6.32** - Concentração média de 8h máxima de CO nas estações da RAMQAr.

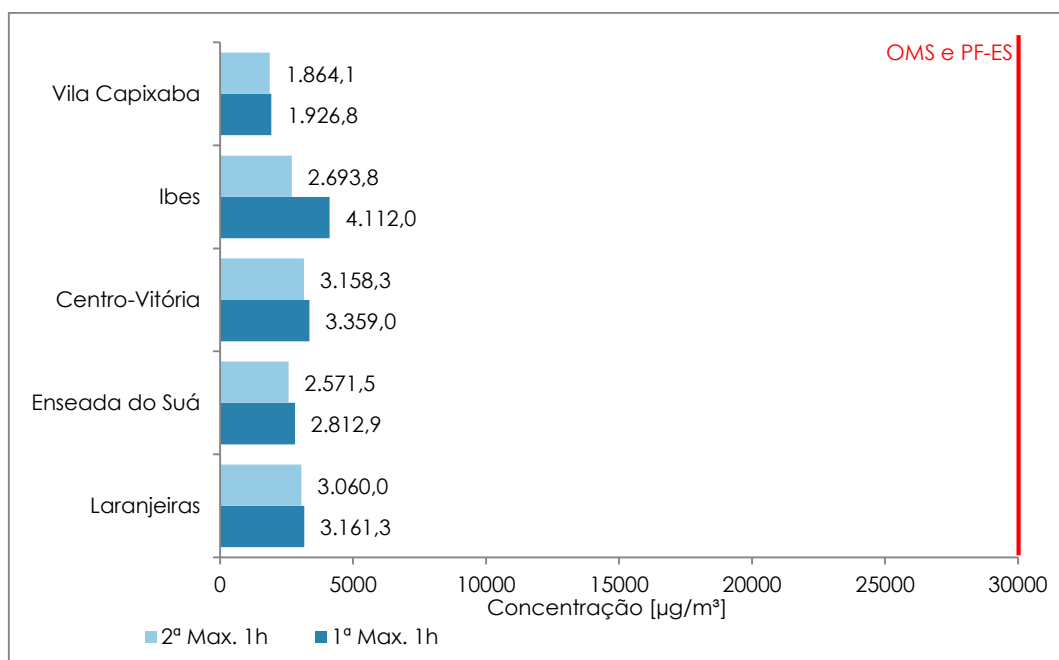


Gráfico 6.33 - Concentração horária máxima de CO nas estações da RAMQAr.

Durante o ano de 2016, não ocorreram ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar, das metas intermediárias e do Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual Decreto nº 3463-R de 16/12/2013 para o poluente CO para curta exposição. Igualmente, em 2016 a qualidade do ar foi classificada como boa durante ano (100%) de acordo com o índice de qualidade do ar (IQA) da região, tendo como referência o poluente CO. Ressalta-se que o monitoramento nas estações Enseada do Suá e Vila Capixaba não foram representativos (Gráfico 6.34).

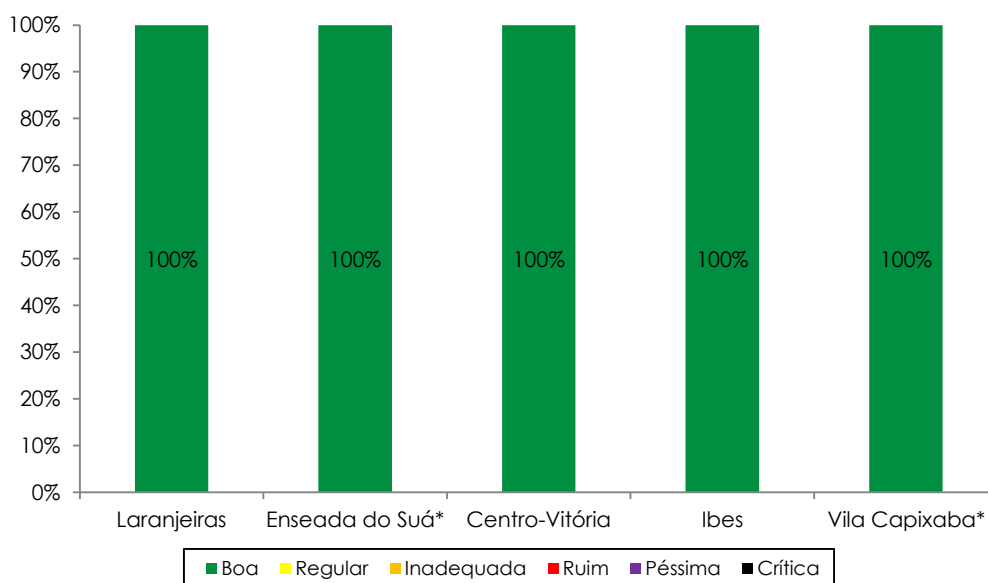


Gráfico 6.34 - Índice de qualidade do ar com referência ao poluente CO nas estações da RAMQAr.

(*) Valores não representativos. (**) Sem medição naquele mês.

O Gráfico 6.35 apresenta o perfil de concentração de CO em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no gráfico representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida naquela estação e foram usados somente os dados das estações que apresentavam monitoramento do poluente e do vento para o cálculo da rosa de poluentes. Além disso, somente os dados de vento representativos foram considerados nesta análise.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de CO monitorados: (i) de maneira geral as duas estações analisadas da RAMQAr (Enseada do Suá e Ibes) não apresentaram direções claramente definidas para as maiores concentrações de CO, esse comportamento está provavelmente relacionado à forte influência das emissões veiculares para as concentrações desse poluente.

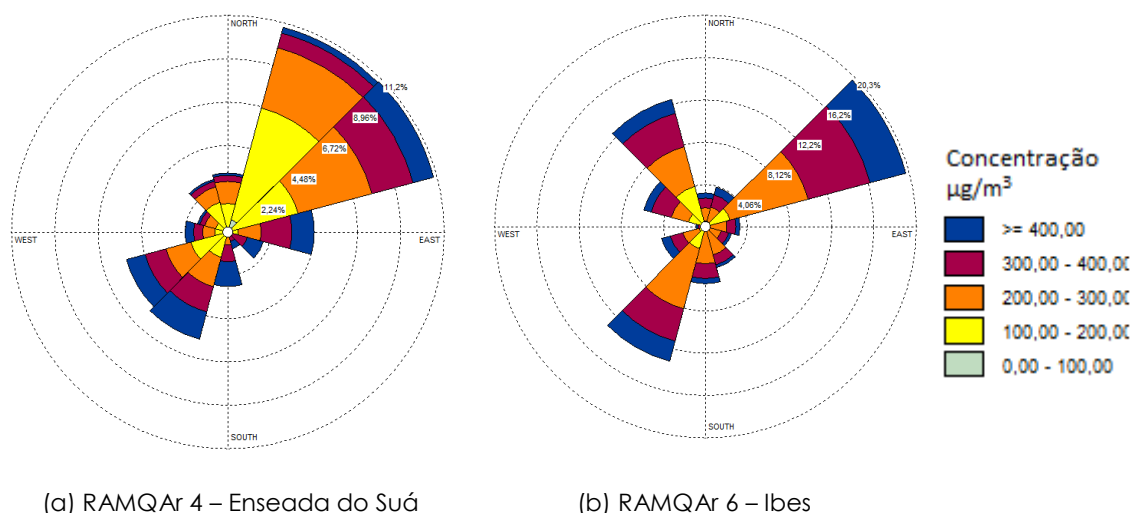


Gráfico 6.35 - Perfil de concentração média horária de CO nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).

Nos últimos 10 anos, conforme visto no Gráfico 6.36, o monitoramento do poluente CO na RMGV mostrou tendência clara de decréscimo na concentração média anual deste poluente na estação Centro-Vitória. Nas demais estações, apesar de não ser tão clara, nota-se uma leve tendência de queda nas médias anuais ao longo dos anos.

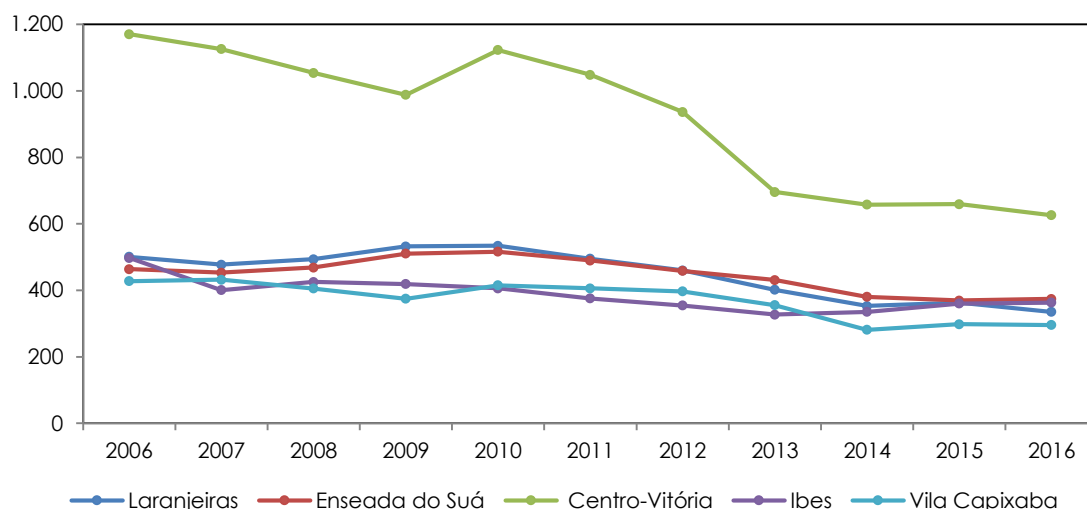


Gráfico 6.36 - Séries temporais das concentrações médias anuais de CO nas estações da RAMQAr.

6.5. Hidrocarbonetos não metano (HCNM)

Não existem diretrizes ou padrões conhecidos de hidrocarbonetos totais, hidrocarbonetos não metano (HCNM) ou metano usados como valores de referência para proteção à saúde. Os valores encontrados na literatura são estabelecidos para determinados HCNM ou grupos de HCNM para os quais são conhecidos os efeitos à saúde, sendo que o metano contribui principalmente para o efeito estufa. O monitoramento de HCNM deve-se, principalmente, ao seu papel como precursor da formação de ozônio, mesmo não havendo um padrão associado a esse poluente.

Os dados de monitoramento de HCNM para o ano de 2016 não foram representativos nas estações Enseada do Suá e Vitória-Centro (Tabela 6.13), tendo apresentado 63,27% e 23,73% de dados válidos respectivamente. Ressalta-se que em 2016, a estação Ibes não estava em operação devido a manutenção dos equipamentos.

O valor máximo da média móvel de 8 horas de concentração de HCNM foi obtido na estação Enseada do Suá (Gráfico 6.37). É importante salientar que as concentrações médias de 8 horas são calculadas como médias móveis de 8 horas, ou seja, em um dia temos 23 médias móveis de 8 horas.

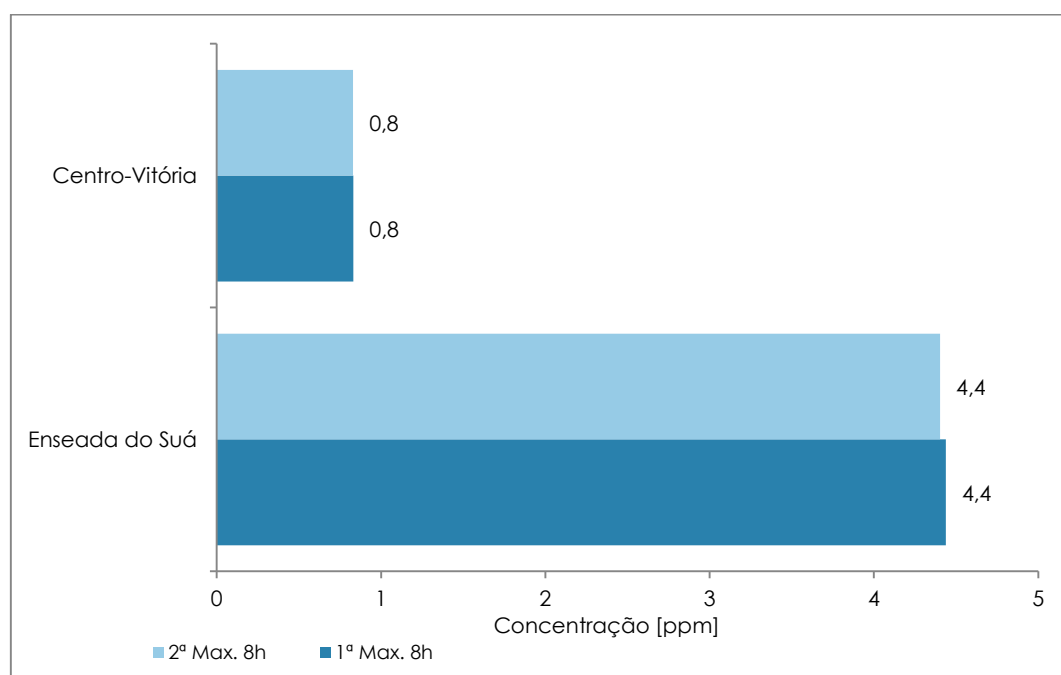
As médias anuais não foram representativas devido à baixa quantidade de dados válidos para o cálculo da média anual.

Tabela 6.13- Valores das máximas de 8h e da MAA de concentração de HCNM (ppm).

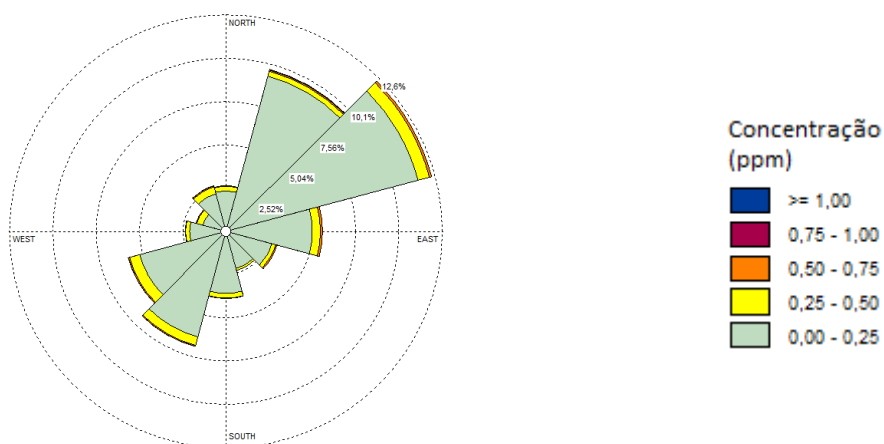
	Enseada do Suá	Centro-Vitória	Ibes
1ª Max. 8h	4,4	0,8	-
2ª Max. 8h	4,4	0,8	-
Média Aritmética Anual	0,36*	0,22*	-
Representatividade**	63,27%	23,73%	-

(*) valores não representativos.

(**) Critério de representatividade anual: 1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

**Gráfico 6.37** - Concentração média 8h máxima de HCNM nas estações da RAMQAr.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de HCNM monitorados: (i) na estação Enseada do Suá a distribuição não apresenta direções claramente definidas para as maiores concentrações de HCNM, porém a maior incidência foi proveniente das direções do vento Nordeste e Sudoeste (NE e SW), indicando provável influência das fontes localizadas do complexo de Tubarão e fontes veiculares.



(a) RAMQAr 4 – Enseada do Suá

Gráfico 6.38 - Perfil de concentração média horária de HCNM nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).

Nos últimos 10 anos, conforme visto no Gráfico 6.39, o monitoramento do poluente HCNM na RMGV mostrou que as estações Centro-Vitória e Enseada do Suá apresentam uma tendência de decréscimo na concentração das médias anuais. A estação Ibes não houve o monitoramento da concentração do HCNM entre os anos de 2012 a 2016.

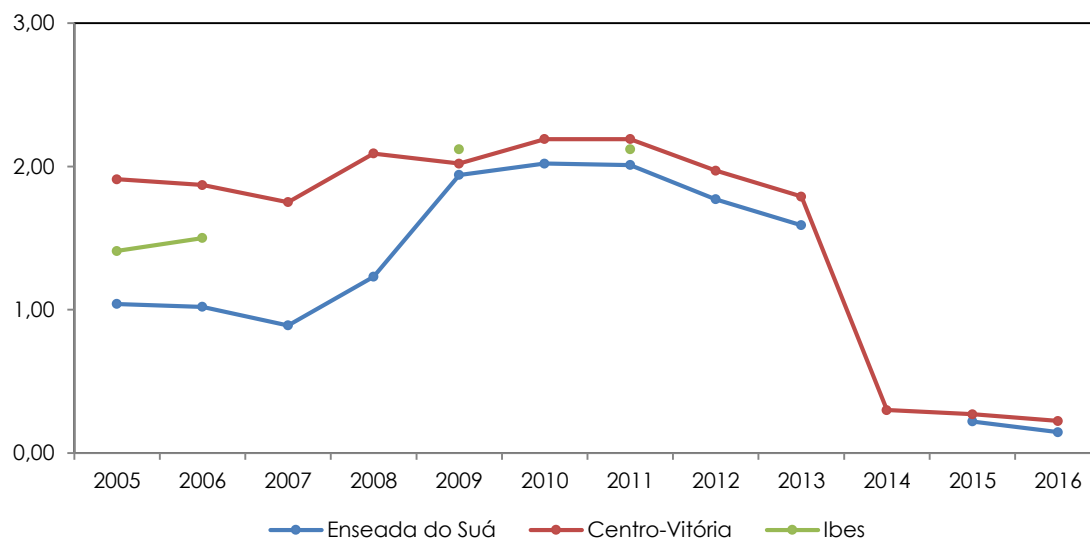


Gráfico 6.39 - Séries temporais das concentrações médias anuais de HCNM nas estações da RAMQAr.

7. Considerações Finais

O monitoramento da qualidade do ar é de suma importância para a gestão de qualidade do ar, visto que, por meio dele, é possível obter um diagnóstico da situação ambiental e avaliar a efetividade de medidas ou políticas adotadas. Além disso, o monitoramento permite registrar um histórico, formando um banco de dados, de grande importância para pesquisas científicas das mais diversas, incluindo a associação de incidência de problemas de saúde com a concentração de poluentes no ar. Nesse contexto, o monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana é realizado pelo IEMA na região metropolitana da grande Vitória (RMGV).

Os dados obtidos com o monitoramento da qualidade do ar em 2016, mostram que tivemos um ano com muitas falhas, devido, principalmente, à necessidade de manutenção de equipamentos, o que gerou uma baixa representatividade para diversos parâmetros, em diversas estações. O número de dados válidos/disponíveis de qualidade do ar e meteorológicos é muito importante para garantir a representatividade das médias calculadas, principalmente, no que tange a comparação das concentrações médias calculadas com os padrões, metas e diretrizes da qualidade do ar.

Devido às falhas no monitoramento em 2016, algumas análises deste relatório usaram dados parciais em relação à totalidade do ano e, por isso, devem ser avaliadas com atenção.

Em 2016, não foi registrada ultrapassagem do padrão primário da Resolução CONAMA nº 03/1990 em nenhuma das estações para nenhum poluente para curta ou longa exposição.

Em comparação à Meta intermediária 1 (MI1), definida pelo Decreto de Qualidade do Ar Estadual (Decreto nº 3463-R/2013), registrou-se ultrapassagem somente para Partículas Totais em Suspensão - PTS, que superaram a MI1 ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na estação Vila Capixaba para curta exposição (24 h), durante 19 médias móveis de 24 horas.

Para melhor observação dos números aqui apresentados, deve ser lembrado que um dia possui 23 médias móveis de 24 horas e um ano possui 8395 médias móveis de 24 h.

Apesar da meta intermediária I (MI1) ser o atual valor legal de referência para o Padrão de Qualidade do Ar no Estado do Espírito Santo, é indispensável também que se faça uma comparação dos dados com as diretrizes da OMS (os quais são coincidentes com os valores referentes aos Padrões Finais da legislação estadual).

Dessa forma, em comparação às diretrizes da OMS, durante o ano de 2016, houve ultrapassagens:

- Para PM_{2,5} nas duas estações que monitoram esse poluente, Enseada do Suá e Ibes, tanto para a curta (24h) quanto para longa (anual) exposição.

Para curta exposição, a Diretriz OMS foi ultrapassada na estação de Enseada do Suá em 52 médias móveis de 24h e na estação do Ibes em 89 médias móveis de 24h. Na longa exposição (anual), as médias nas estações foram 11,1 µg/m³ no Ibes e 12 µg/m³ na Enseada do Suá, enquanto a diretriz OMS é de 10 µg/m³.

- Quanto ao parâmetro PM₁₀, houve ultrapassagem em seis das oito estações que monitoram esse poluente para curta exposição (24h). As exceções ocorreram em Carapina e Centro-Vitória. As ultrapassagens ocorreram na estação Laranjeiras durante 931 médias móveis de 24h, em Vila Capixaba durante 940 médias móveis de 24h, Enseada do Suá em 139 médias móveis de 24h, Cidade Continental em 49 médias móveis de 24h, Ibes em 56 médias móveis de 24h e Jardim Camburi em 11 médias móveis de 24h.

Enquanto para longa exposição (anual) houve ultrapassagem das diretrizes OMS em todas as estações. A maior diferença entre as médias anuais e as diretrizes OMS (20 µg/m³) ocorreu na estação Vila Capixaba, com uma média de 35,2 µg/m³.

- Para SO₂, constatou-se que a diretriz da OMS de curta exposição (20 µg/m³) foi ultrapassada em três estações das cinco estações que tiveram monitoramento desse poluente em 2016: Laranjeiras, em 531 médias móveis de 24h, Enseada do Suá, em 323 médias móveis de 24h, e Ibes, em 40 médias móveis de 24h.

A OMS não define uma diretriz anual, uma vez que a conformidade com o nível de 24 horas garantirá níveis baixos para a média anual (OMS, 2005)

- Para O₃, houve ultrapassagem apenas na estação Ibes (para curta exposição – 8h), durante 3 médias móveis de 8h.

Ressalta-se que não foi registrada ultrapassagem em nenhuma estação das diretrizes OMS para os poluentes NO₂ e CO. Enquanto isso, os poluentes PTS e HCNM não possuem diretrizes OMS definidas.

Quanto à Poeira Sedimentável (PS), o monitoramento foi feito somente entre os meses janeiro a junho, devido ao término do contrato com o laboratório. Nesse período, a meta intermediária I (MI1) para PS estabelecida pelo Decreto Estadual 3463-R de 2016 foi alcançada apenas uma vez, no mês de março, na Estação de Enseada do Suá. Valores próximos à Meta 1 também foram medidos em Vila Capixaba (13,5 g/m².30 dias,

no mês fevereiro) e no Clube Ítalo (13,8 g/m².30 dias, no mês de abril). Os valores mais baixos da taxa de deposição foram registrado no mês de junho nas estações Carapina (2,4 g/m²/30 dias), Vila Capixaba (2,6 g/m²/30 dias) e Hotel SENAC (2,8 g/m²/30 dias).

Já, a pequena quantidade de dados meteorológicos em cada estação dificultou algumas avaliações, como da relação entre concentração de poluentes e a direção do vento.

Portanto, em um cenário geral, as concentrações de poluentes medidas no ano de 2016 atenderam aos padrões nacionais e estaduais vigentes. Contudo, verifica-se que ocorreram muitas ultrapassagens dos valores estipulados pela OMS como diretriz a ser alcançada para minimizar efeitos negativos à saúde. Além disso, algumas avaliações foram prejudicadas pela falta de dados válidos para alguns poluentes e alguns períodos do ano.

Dessa forma, os resultados e discussões deste relatório demonstram que a qualidade do ar na RMGV, apesar de atenderem aos padrões legais vigentes, ainda está distanciada do recomendado para resguardar a saúde da população, o que reforça a importância no avanço de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade do ar. Além disso, fica demonstrado também a importância de se manter uma rede de monitoramento da qualidade do ar ampla e operante, garantindo a obtenção de dados válidos e representativos em todo o período.

8. Referências

American Society For Testing Materials. ASTM D-1739: Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter), 1998 (re-aprovada em 2004).

Atlas de desenvolvimento humano nas regiões metropolitanas brasileiras. Fundação João Pinheiro, 2013. Disponível em <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>.

Atlas Eólico: Espírito Santo. Odilon A. Camargo do Amarante; Fabiano de Jesus Lima da Silva; Paulo Emiliano Piá de Andrade. Vitória, ES: ASPE, 2009. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_ES.pdf>.

Bastos, C.C.; Ferreira, N.J. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15, 2008, São Paulo. Anais. São Paulo: SBMET, 2008. P. 612-619.

Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N. J. ; Dias, M. A. F.; Justi, M. G. A. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Infoclima. Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br/index_prog.shtml>. Acesso em: 07 fev. 2018.

Centro de gerenciamento de emergências climáticas (CGE). Disponível em: <<https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>>

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Qualidade do ar no Estado de São Paulo, São Paulo, 2013.

Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). Notícias: Cesan debate sobre meio ambiente em Comissão na Assembleia. 18/09/2017. Disponível em <https://www.cesan.com.br/noticias/cesan-debate-sobre-meio-ambiente-em-comissao-na-assembleia/>. Acesso em: 22 out. 2017.

Conselho Estadual de Proteção Ambiental. Deliberação Normativa Nº 01 de 26 de maio de 1981. Minas Gerais, Brasil, 1981.

Conti, M.M., Menegussi, L.R., Reis, N.C., Santos, J.M., Silva, F.J., Scandian, C. Chemical and morphological characterization of dustfall (dry deposition) in Vitória-ES, Brazil. European Aerosol Conference, Karlsruhe, 2009.

DATASUS - Departamento de Informática do SUS. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/censo/cnv/alfes.def>.

Department of Environmental Conservation of New York (DECNY). Disponível em: <<http://www.dec.ny.gov/regs/2492.html>>. New York, 2009.

Department of Environmental Quality Montana (DEQM). Disponível em: <<http://www.deq.mt.gov/dir/legal/Chapters/Ch08-toc.mcp>>. Montana, USA, 2007.

Farfel, M. R., Orlova, A.O., Lees, P.S.J., Rohde C., Ashley, P.J., Chilsom, J.J., A study of urban housing demolition as a source of lead in ambient dust on sidewalks, streets, and alleys. *Environmental Research* 99, 204-213, 2005.

Governo do Estado do Espírito Santo. Decreto nº 3463-R, de 16 de dezembro de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas, Estado do Espírito Santo, 2013.

Hu, T. et al. Morphology and elemental composition of dustfall particles inside emperor Qin's terra-cotta warriors and horses museum. *China Partic.* Vol. 4, Nº 6, 346-351, 2006.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Relatório da qualidade do ar na região da grande vitória, Vitória, ES, 2007.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Relatório Anual de Qualidade do Ar RMGV – Ano 2013. Vitória, ES, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 out. 2017.

Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Relatório de qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro ano base 2010 e 2011. Rio de Janeiro, 2013.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Atlas de Desenvolvimento Humano, Região Metropolitana da Grande. Vitória, ES, 2010.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Mapeamento das Áreas Periurbanas do Espírito Santo. Vitória, ES, 2011.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Perfil Regional, Região Metropolitana da Grande Vitória, Vitória, ES, 2008.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Produto Interno Bruto (PIB) dos Municípios do Espírito Santo - 2013. Vitória, ES, 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dados Climatológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: set. 2018

Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. Gebr, Borntraeger, 1-44.

LEI Complementar Estadual nº 58, de 21 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre a criação da Região Metropolitana da Grande Vitória, Vitória – ES, 1995.

LEI nº 948/98 - PMM Dispõe sobre a Lei de Proteção, Controle, Conservação e Melhoria do Meio Ambiente do Município de Macapá, Macapá – AP, 1998.

Mendonça, F., Danni-Oliveira, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo. Editora Oficina de Texto. 206p. 2007.

Minuzzi, R.B.; Sedyama, G. C.; Costa, J. M. N.; Vianello, R. L. Influência da La Niña na estação chuvosa da Região Sudeste, *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v.22, n. 3 p.345-353, 2007.

Morengo, J.A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em: <<file:///D:/downloads/110101-197690-1-SM.pdf>> . Acesso em: 12 set. 2017.

Organização Mundial da Saúde (OMS). OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto a saúde. 2000. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf>. Acesso em: 27 Set. 2018.

Organização Mundial da Saúde (OMS). OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto a saúde. 2005. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1>. Acesso em: 27 Set. 2018.

Organização Mundial da Saúde (OMS). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>>. Acesso em: 11 Out. 2018.

Primault, B. Wind Measurement. Agrometeorology. pp 84-96, 1979.

Resolução CONAMA nº 3 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. Brasília, 1990.

Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR). Brasília, 1989.

Sant'anna Neto, J. L. Decálogo da climatologia do Sudeste Brasileiro. Rev. Bras. Climat., v. 1, n. 1, p. 41-60, 2005.

SANTOS, J. M.; REIS Jr, N.C. Caracterização e quantificação de partículas sedimentadas na Região da Grande Vitória. Relatório Técnico. Fundação Espírito-Santense de Tecnologia, Vitória, 2011. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Documentos/Relatorio_Final_Partículas_Sedimentáveis_RGV_revisado.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2018.

Seinfeld J. H.; Pandis S. N.; Atmospheric Chemistry and Physics: From air pollution to climate change. 2ª Ed. John Willey and Sons Inc. 2006.

Vallack H. W., Shillito, D. E. Suggested guidelines for deposited ambient dust. Atmospheric Environment, vol. 32(16), p. 2737-2744, 1998.

Varejão-Silva, M. A. Meteorologia e climatologia. 2. ed. Recife, 449 p., 2006.

Vianello, R. L., Alves, A. R. Meteorologia Básica e Aplicações. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1991.

World Health Organization (WHO). Air quality guidelines global update 2005. Genebra, 2006.

World Meteorological Organization (WMO). Technical Regulations, Vol. I. WMO Publication Nº 49. Geneva, Switzerland, 1984.

SEAMA - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Rodovia BR 262, Km 0, s/nº, Jardim América - CEP: 29140-130

Cariacica, Espírito Santo

Tel.: (27) 3636-2600

E-mail: gabinete@seama.es.gov.br

www.seama.es.gov.br

IEMA - INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Rodovia BR 262, Km 0, s/nº, Jardim América - CEP: 29140-130

Cariacica, Espírito Santo

Tel.: (27) 3636-2500

E-mail: atendimento@iema.es.gov.br

www.iema.es.gov.br

**CQAI - COORDENAÇÃO DE QUALIDADE DO AR, ÁREAS CONTAMINADAS E
INFORMAÇÕES AMBIENTAIS**

Local: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA/Prédio 2

Tel.: (27) 3636-2615/3636-2590/3636-2546

E-mail: cqar@iema.es.gov.br