

RELATÓRIO DA
QUALIDADE DO AR
NA GRANDE VITÓRIA

2022



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO





GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

RELATÓRIO DA
QUALIDADE DO AR 2022
NA GRANDE VITÓRIA



Cariacica
2023



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

José Renato Casagrande
Governador

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEAMA

Felipe Rigoni Lopes
Secretário



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

Alaimar Ribeiro Rodrigues Fiuza
Diretor Presidente

Caroline Dos Santos Machado
Diretora Técnica

Ficha técnica

Gerência de Controle e Licenciamento Geral – GGE

Takahiko Hashimoto júnior

Engenheiro Ambiental
Gerente de Controle e Licenciamento Geral

Coordenação de Qualidade do Ar e Áreas Contaminadas - CQA

Vinicius Rocha Silva, Esp

Tecnólogo em Saneamento Ambiental
Coordenador de Qualidade do Ar e Áreas Contaminadas

Elaboração

Carolina Francisco Tonani, Msc.

tecnóloga em Saneamento Ambiental

Fernanda Soares Benvindo, Msc

Engenheira Química,
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Ingrid Ananias Silveira Vieira, Esp.

Engenheira civil.
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Jessé Lourenço Souza Caitano

Técnico em Químico
Técnico de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Ludimila Zotele Azeredo, Dsc.

Engenheira Química,
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Millena Freire Ramos

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental
Estagiária

Vanessa dos Santos Coelho, Esp.

Engenheira Ambiental
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Apresentação

A garantia do direito ao meio ambiente ecologicamente saudável é dever do Estado, sendo competência do poder público o monitoramento ambiental com a finalidade de acompanhar a situação real e as tendências de alteração dos recursos naturais e da qualidade ambiental.

A poluição do ar ou atmosférica é um problema que pode afetar a qualidade de vida, assim como trazer problemas a saúde da população em geral.

Dentre as atividades humanas, os processos industriais, produção de energia térmica e veículos automotores a combustão são os principais responsáveis pela introdução de poluentes na atmosfera.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Seama) e o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema) visam assegurar o controle adequado das atividades humanas potencialmente poluidoras, a conservação e a recuperação dos ecossistemas, contribuindo para a sustentabilidade do desenvolvimento, mediante a formulação e gestão das políticas públicas de meio ambiente e a execução destas.

O monitoramento dos principais poluentes atmosféricos para diagnosticar a qualidade do ar é necessário para o planejamento de estratégias e ações que busquem garantir a qualidade de vida da população da região monitorada.

Nos anos 2000, nos processos de licenciamento ambiental das empresas Vale (antiga CVRD – Companhia Vale do Rio Doce) e ArcelorMittal Tubarão (antiga CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão) foi estabelecida a implantação da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr), com o objetivo de acompanhar as concentrações atmosféricas dos poluentes definidos em legislação.

No ano de 2009, o Iema implantou a Rede Manual de Poeira Sedimentável (RMPS), para acompanhamento das taxas de deposição deste parâmetro na Região da Grande Vitória.

Atualmente a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória é composta por 09 estações de monitoramento automático (RAMQAr) e 13 pontos de monitoramento manual de poeira sedimentável (RMPS), distribuídos nos municípios de Cariacica, Vitória, Vila Velha e Serra.

Manter a qualidade do ar adequada, em conformidade com os padrões estabelecidos na legislação vigente, é necessário para a manutenção da saúde e qualidade de vida das pessoas. A operação da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar na Região da Grande Vitória visa a vigilância ambiental do Estado nas questões que envolvem a qualidade do ar.

Buscando dar transparência ao monitoramento realizado no ano de 2022, o lema elaborou o presente relatório, o qual apresenta o diagnóstico da qualidade do ar, realizado com base nos dados monitorados pela RAMQAr, garantindo ampla divulgação das informações geradas.

Felipe Rigoni Lopes
Secretário Estadual de Meio Ambiente
Seama

Alaimar Ribeiro Rodrigues Fiuza
Diretor-presidente
lema

Listas

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1:Localização da Região Metropolitana da Grande Vitória. | 10 |
| Figura 2: Normais climatológicas da estação Vitória (Temperatura e Precipitação) - 1991 - 2020..... | 14 |
| Figura 3: Distribuição das estações da RAMQAr no Espírito Santo..... | 25 |
| Figura 4: Distribuição das estações da RAMQAr - Detalhe para a Região da Grande Vitória. | 25 |
| Figura 5: Aparato para coleta de Poeira Sedimentável. | 32 |
| Figura 6: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr - RGV2 - Carapina. | 35 |
| Figura 7: Temperatura média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina. | 36 |
| Figura 8: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina..... | 37 |
| Figura 9: Perfil da radiação solar ao longo do dia, para as estações do ano em 2022, na EMQAr - RGV2 - Carapina..... | 38 |
| Figura 10: Radiação solar média mensal e máxima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina. | 38 |
| Figura 11: Distribuição de frequência de ocorrência das classes de vento na estação EMQAr - RGV2 (Carapina) para do ano de 2022..... | 39 |
| Figura 12: Rosa dos ventos para estação EMQAr - RGV2 (Carapina)- Ano de 2022. | 40 |
| Figura 13: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina). | 41 |
| Figura 14: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina). | 41 |
| Figura 15: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina). | 42 |
| Figura 16: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina). | 42 |
| Figura 17: Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes na estação EMQAr - RGV2 (Carapina). | 43 |
| Figura 18: Máximas médias de 24h das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr. | 46 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 19: Médias aritméticas anuais das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr. | 46 |
| Figura 20: Distribuição das médias horárias das concentrações de MP10 em relação a direção do vento registrado nas estações (a) EMQAr – RGV2, (b) EMQAr – RGV4 e (c) EMQAr – RGV6..... | 48 |
| Figura 21: Séries históricas das médias aritméticas anuais das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr..... | 49 |
| Figura 22: Taxa de deposição de partículas (g/m ² .30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS (continua)..... | 50 |
| Figura 23: Taxa de deposição de partículas (g/m ² .30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS (continua)..... | 51 |
| Figura 24: Taxa de deposição de partículas (g/m ² .30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS (continua)..... | 52 |
| Figura 25: Taxa de deposição de partículas (g/m ² .30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS..... | 53 |
| Figura 26: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 54 |
| Figura 27: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 55 |
| Figura 28: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 56 |
| Figura 29: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 57 |
| Figura 30: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 58 |
| Figura 31: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 59 |
| Figura 32: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 60 |
| Figura 33: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua). | 61 |
| Figura 34: Máximas médias de 24h das concentrações de SO ₂ nas estações da RAMQAr. | 62 |
| Figura 35: Médias aritméticas anuais das concentrações de SO ₂ nas estações da RAMQAr. | 63 |
| Figura 36: Perfil das médias horárias das concentrações de SO ₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes)..... | 64 |
| Figura 37: Séries históricas das médias aritméticas anuais da concentração de SO ₂ nas estações da RAMQAr. | 64 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 38: Máximas médias de 1h das concentrações de NO ₂ nas estações da RAMQAr. | 65 |
| Figura 39: Médias aritméticas anuais das concentrações de NO ₂ nas estações da RAMQAr. | 66 |
| Figura 40: Perfil das médias horárias da concentração de NO ₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes). | 67 |
| Figura 41: Séries históricas das médias anuais das concentrações de NO ₂ nas estações RAMQAr. | 68 |
| Figura 42: Máximas médias 8h para as concentrações de O ₃ nas estações da RAMQAr. | 69 |
| Figura 43: Perfil das médias horárias das concentrações de O ₃ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes). | 70 |
| Figura 44: Máximas das médias de 1h das concentrações de CO nas estações da RAMQAr. | 71 |
| Figura 45: Máximas das médias de 8h das concentrações de CO nas estações da RAMQAr. | 71 |
| Figura 46: Perfil das médias horárias da concentração de CO nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes). | 72 |
| Figura 47: Séries históricas das médias anuais das concentrações de CO nas estações RAMQAr. | 72 |
| Figura 48: Distribuição anual do IQAr por estações da RAMQAr. | 73 |
| Figura 49: Poluentes mais significativos para composição do IQAr por estação da RAMQAr. | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Densidade demográfica na RMGV. | 11 |
| Tabela 2: Fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos. | 17 |
| Tabela 3: Padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar. | 21 |
| Tabela 4: Concentração dos poluentes (µg/m ³) para determinação dos níveis de atenção, alerta e emergência. | 22 |
| Tabela 5: Descrição das classes, índices e valores limites de concentração para determinação do IQAr. | 23 |
| Tabela 6: Dados de localização das estações da RAMQAr. | 24 |
| Tabela 7: Descrição da área de influência das estações da RAMQAr. | 26 |
| Tabela 8: Parâmetros previstos para serem monitorados pelas estações da RAMQAr em 2022. | 27 |
| Tabela 9: Situação operacional da RAMQAR RGV por poluente monitorado em Dezembro/2022. | 30 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 10: Localização dos pontos de monitoramento de poeira sedimentável..... | 31 |
| Tabela 11: Descrição dos critérios de representatividade dos parâmetros. | 34 |
| Tabela 12: Valores das máximas médias de 24h e da MAA das concentrações de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). | 45 |
| Tabela 13: Registro de ultrapassagens às médias de curta e longa duração para o parâmetro MP10. | 47 |
| Tabela 14: Valores das máximas médias de 24 horas e da MAA de concentração de SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). | 62 |
| Tabela 15: Número ultrapassagens aos valores limites de concentração de SO ₂ | 63 |
| Tabela 16: Valores das máximas médias horárias e da MAA das concentrações de NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). | 65 |
| Tabela 17: Número ultrapassagens aos valores limites de concentração de NO ₂ | 66 |
| Tabela 18: Máximas médias de 8h das concentrações de O ₃ em ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). | 68 |
| Tabela 19: Número de médias de 8 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de O ₃ | 69 |
| Tabela 20: Máximas horárias de 1h e 8h e da MAA das concentrações de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). | 70 |

Sumário

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 - Introdução | 9 |
| 2 - Caracterização da Região Metropolitana da Grande Vitória | 10 |
| 2.1 Aspectos Sociodemográficos..... | 11 |
| 2.2 Aspectos Socioeconômicos | 12 |
| 2.3 Clima Local..... | 13 |
| 3 - Poluição Atmosférica | 16 |
| 3.1 Poluentes Atmosféricos | 16 |
| 3.2 Regulamentação Sobre Qualidade do Ar | 18 |
| 3.3 Padrões da Qualidade do Ar..... | 19 |
| 3.4 Índice de Qualidade do Ar..... | 22 |
| 4 Monitoramento da Qualidade do Ar | 24 |
| 4.1 Rede Automática de Qualidade do Ar (RAMQAr) | 24 |
| 4.1.1 Monitor de Particulado | 28 |
| 4.1.2 Monitor de Dióxido de Enxofre (SO ₂) | 28 |
| 4.1.3 Monitor de Óxidos de Nitrogênio (NO _x , NO, NO ₂) | 28 |
| 4.1.4 Monitor de Monóxido de Carbono (CO)..... | 29 |
| 4.1.5 Monitor de Ozônio (O ₃)..... | 29 |
| 4.1.6 Situação operacional do monitoramento da Qualidade do ar | 29 |
| 4.2 Rede Manual de Monitoramento de Poeira Sedimentável (RMPS)..... | 31 |
| 4.3 Métodos de Tratamento de Dados | 32 |
| 4.3.1 Representatividade dos Dados..... | 33 |
| 5 - Dados Meteorológicos | 35 |
| 5.1 Precipitação..... | 35 |
| 5.2 Temperatura..... | 36 |
| 5.3 Pressão Atmosférica | 37 |
| 5.4 Radiação Solar..... | 37 |
| 5.5 Umidade | 39 |
| 5.6 Ventos | 39 |
| 5.6.1 Rosa dos Ventos | 39 |
| 5.6.2 Dias Desfavoráveis à Dispersão de Poluentes..... | 43 |
| 6 - Qualidade do Ar | 45 |
| 6.1 Material Particulado (MP)..... | 45 |
| 6.1.1 Partículas Respiráveis (MP _{2,5})..... | 45 |
| 6.1.2 Partículas Inaláveis (MP10) | 45 |
| 6.1.3 Poeira Sedimentável (PS)..... | 49 |
| 6.2 Dióxido de Enxofre (SO ₂)..... | 62 |
| 6.3 Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)..... | 65 |
| 6.4 Ozônio (O ₃)..... | 68 |
| 6.5 Monóxido de Carbono (CO)..... | 70 |

| | |
|-------------------------------------------|-----------|
| 6.6 Índice da Qualidade do Ar (IQAr)..... | 73 |
| 7 - Considerações Finais | 75 |
| 8 - Referências..... | 77 |

1 - Introdução

Dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) mostram que, em 2019, quase toda a população do mundo (90%) vivia em áreas onde a qualidade do ar excedia os limites de qualidade recomendados pela OMS. A base de evidências para os prejuízos que a poluição do ar causa ao corpo humano vem crescendo rapidamente, e aponta para danos significativos causados até mesmo, por baixos níveis de muitos poluentes do ar.

Os níveis de poluição atmosférica são caracterizados pela concentração das substâncias poluentes presentes no ar, sendo o monitoramento destas concentrações definidos pela sua importância (ou risco) à saúde e pelos recursos disponíveis para seu acompanhamento.

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) é uma região urbana altamente industrializada e em processo de expansão. A qualidade do ar da Grande Vitória é afetada pela emissão de poluentes provenientes de diversas fontes, tais como, veículos automotores, grandes empreendimentos industriais, do setor de logística (complexo portuário e aeroporto), entre outras. A qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das fontes de emissões de poluentes atmosféricos. No entanto, as condições meteorológicas e topografia são determinantes para sua dispersão na atmosfera.

O monitoramento da qualidade do ar realizado pela Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQar) do IEMA está presente em 04 dos 07 municípios da RMGV. Tais pontos de monitoramento foram definidos, à época, na busca pelo acompanhamento mais eficiente dos possíveis impactos na qualidade do ar causados pelas fontes mais significativas de emissão de poluentes atmosféricos existentes na RMGV.

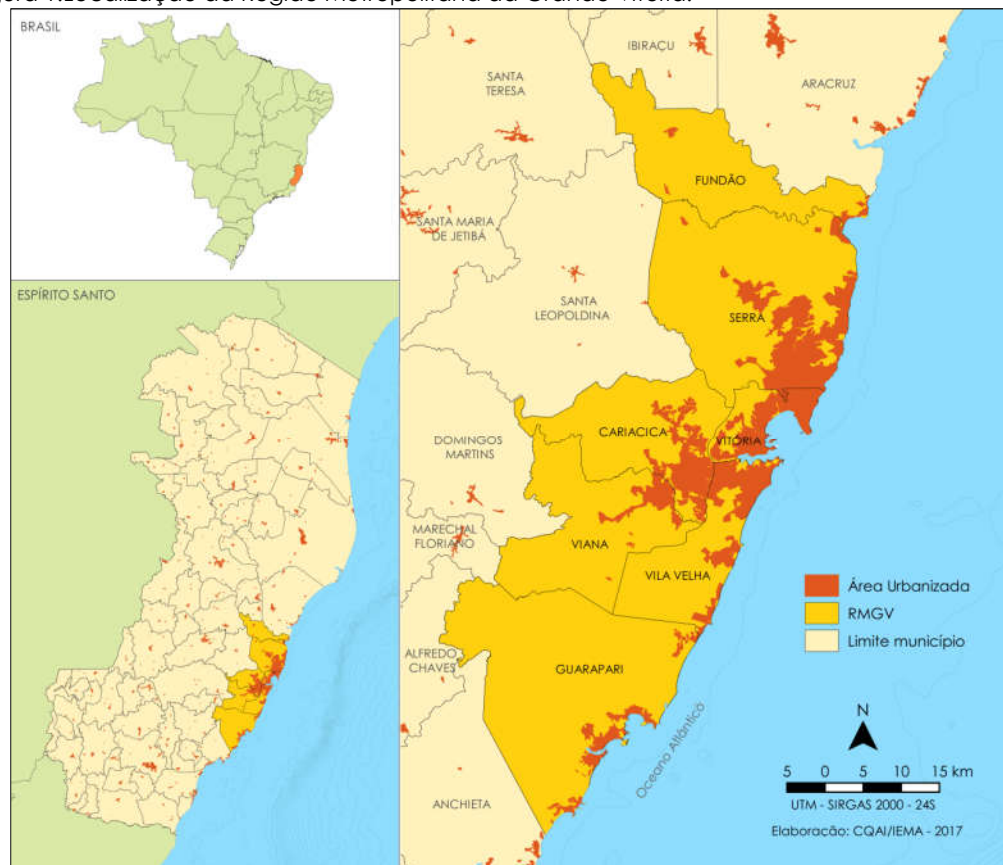
Assim, informamos que o objetivo deste relatório é apresentar os resultados do monitoramento da qualidade do ar obtidos com a operação da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no ano de 2022. As informações constantes no presente relatório buscam informar a sociedade capixaba quanto às condições da qualidade do ar observadas por meio do monitoramento de gases, material particulado e meteorologia nos municípios de Vitória, Vila Velha, Serra e Cariacica, bem como subsidiar futuras ações relacionadas ao controle de emissões atmosféricas e políticas públicas relacionadas a gestão da qualidade do ar.

2 - Caracterização da Região Metropolitana da Grande Vitória

Para descrição das características da região onde estão instaladas as estações de monitoramento da qualidade do ar, foi utilizada uma abordagem mais ampla, tendo como referência a região geográfica oficialmente constituída, a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) foi oficialmente criada pela Lei Complementar nº 58 de 1995, integrando os municípios de Vitória, Cariacica, Serra Viana e Vila Velha. Posteriormente, foram incorporados os municípios de Guarapari, pela Lei Complementar nº 159 de 1999 e Fundão, pela Lei Complementar nº 204 de 2001. A RMGV possui 2.331 km² de extensão territorial, localizando-se na região sudeste do Estado, sendo banhado a Leste pelo Oceano Atlântico, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 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 constituído por grandes extensões de pastagens, fragmentos de mata atlântica, restingas, várzeas, manguezais e áreas urbanizadas, que correspondem a 13% de ocupação da área total da Região Metropolitana. A concentração urbana existente nesta região representa 55% da área urbanizada de todo Estado (IJSN, 2011).

2.1 Aspectos Sociodemográficos

Em 2022, a RMGV tinha uma população de 1.880.843 habitantes que representam 49% da população do Espírito Santo. Conforme apresentado na Tabela 1, o município de Serra é o mais populoso da Região Metropolitana (27,68%), seguido por Vila Velha (24,87%), Cariacica (18,80%) e Vitória (17,17%). A população dos municípios de Guarapari, Viana e Fundão representam 11,49% do total das habitantes existentes na RGMV. A densidade demográfica nesta região é de 809,43 hab/km², sendo que o município de Vitória possui maior densidade demográfica (3.324,33 hab/km²) e Fundão a menor densidade (62,8 hab/km²) (IBGE, 2022).

Tabela 1: Densidade demográfica na RMGV.

| Local | População | | | Área (km ²) | Densidade Demográfica (hab/km ²) |
|----------------|-----------|-------------|-----------|----------------------------|----------------------------------------------------|
| | Total | RMGV (%) | ES (%) | | |
| Serra | 520.649 | 27,68 | 13,58 | 547,631 | 950,73 |
| Vila Velha | 467.722 | 24,87 | 12,20 | 210,225 | 2.224,86 |
| Cariacica | 353.510 | 18,80 | 9,22 | 279,718 | 1.263,81 |
| Vitória | 322.869 | 17,17 | 8,42 | 97,123 | 3.324,33 |
| Guarapari | 124.656 | 6,63 | 3,25 | 589,825 | 211,34 |
| Viana | 73.423 | 3,90 | 1,92 | 312,279 | 235,12 |
| Fundão | 18.014 | 0,96 | 0,47 | 286,854 | 62,8 |
| RMGV | 1.880.843 | 100,00 | 49,06 | 2.323,66 | 809,43 |
| Espírito Santo | 3.833.486 | - | - | 46.074,45 | 83,2 |

Fonte: IBGE (2022).

Até o ano de 2020, o estado do Espírito Santo apresentou uma média de 58,54% de acesso aos serviços de esgotamento sanitário. Para a região metropolitana, a capital Vitória conta com o maior índice de acesso aos serviços (80,84%), enquanto o município de Fundão, representa o menor índice de acesso aos serviços de esgotamento sanitário (11,63%) (SNIS, 2020). 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 é de 4,7% (DATASUS, 2010), sendo 24,4% dessa população identificada como anafabeto funcional.

2.2 Aspectos Socioeconômicos

A economia do estado do Espírito Santo no ano de 2022 refletiu o cenário internacional de incertezas, provocados pela guerra russo-ucraniana, inflação nos Estados Unidos e a continuidade das questões relacionadas a pandemia do Covid 19.

O Indicador de PIB trimestral do estado do Espírito Santo fechou o ano de 2022 registrando um crescimento real de +1,9% em relação a 2021. Entretanto, ao observar o comportamento do indicador no acumulado de quatro trimestres, observa-se uma desaceleração que já perdura por três trimestres consecutivos (IJSN, 2023).

O setor de *Serviços* foi responsável pelo resultado positivo da atividade econômica em 2022, com crescimento de +8,9%, enquanto o *Comercio Varejista Ampliado* apresentou acréscimo de +0,3%, mantendo-se praticamente estável. Essa estabilidade foi resultante da redução em -6,2% referentes à *veículos, motocicletas, partes e peças*, conjugada ao aumento de +5,8% no *Varejo restrito*. No entanto, a Indústria geral declinou -8,4% contrabalanceando o resultado anual.

A expansão do setor de *Serviços* ocorreu devido aos aumentos de +20,4% em *Serviços prestados às famílias*, +10,4% em *Serviços profissionais, administrativos e complementares* e +10,0% em *Transportes, serviços auxiliares aos transportes e correio* (IJSN, 2023).

Em relação ao mercado de trabalho, considerando apenas os empregos formais, o cenário capixaba apresentou uma recuperação gradativa no número de posto de trabalhos formais, especialmente, naqueles setores vinculados diretamente aos efeitos da pandemia de Covid-19 no estado. Além disso, pode-se observar que no quarto trimestre o número de desocupados no Espírito Santo (156 mil pessoas) recuou na comparação interanual, com decréscimo de -58 mil pessoas desocupadas frente ao quarto trimestre de 2021, representando uma queda de -27,1%.

No índice geral, a inflação acumulada no ano totalizou +5,8% no Brasil e +5,0% na Região Metropolitana da Grande Vitória, sendo que, em ambos os casos, ficaram acima da meta estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) para o ano de 2022 (centro da meta de 3,5% e intervalo de tolerância de 1,5 ponto percentual para baixo (2,0%) ou para cima (5,0%)) (IJSN,2023).

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 atuam direta ou indiretamente no regime pluvial (MINUZZI *et al.*, 2007).

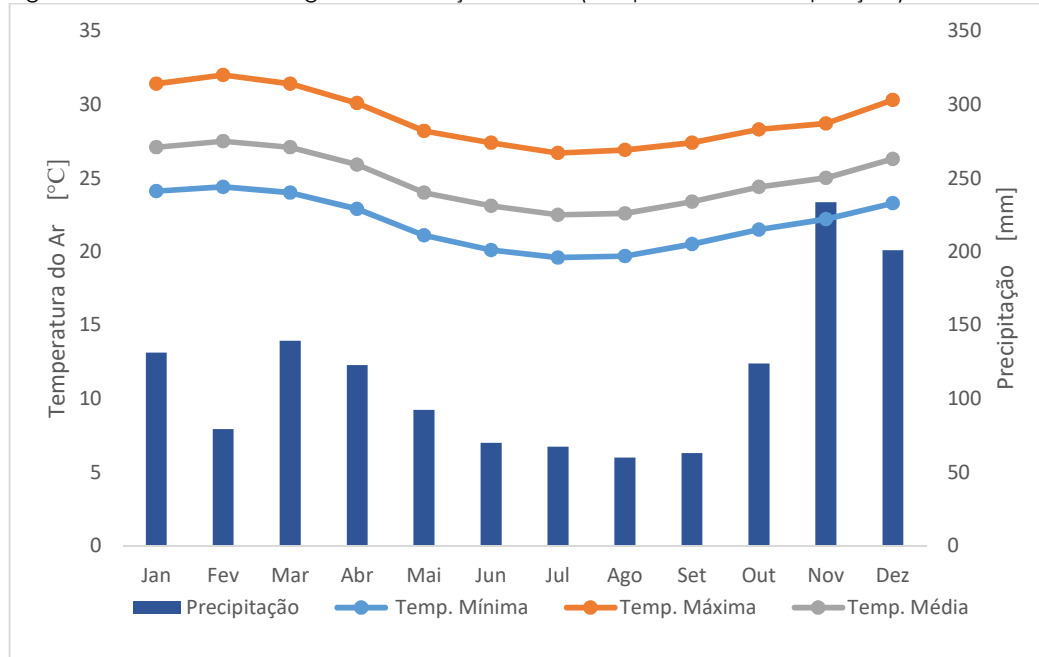
Os sistemas de classificações climáticas (SCC) foram elaborados com o intuito de analisar e definir os climas de diferentes regiões. Foi levando em consideração elementos climáticos diferentes, ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos. De acordo 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 da 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.

A Figura 2 apresenta as normais climatológicas, referente ao período de 1991 a 2020, 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).

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).

Figura 2: Normais climatológicas da estação Vitória (Temperatura e Precipitação) - 1991 - 2020.



Fonte: INMET (2020).

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 24,9°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, o mês mais frio, alcançando a média das temperaturas mínimas de 19,60°C, e o mês de fevereiro é o mês, historicamente, mais quente com média das temperaturas máximas igual a 32°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 (59,9mm). Essa característica climatológica da região durante o inverno ocorre devido à 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 à 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. Conforme as normais climatológicas a precipitação média anual é de 1.384,4 mm.

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 233,6 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 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. Em escala sinótica os principais fenômenos meteorológicos 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

O controle da poluição do ar em escala local ou regional geralmente é realizado por meio de redes de monitoramento da qualidade do ar. Essa rede corresponde a uma ferramenta útil para a saúde humana e segurança ambiental e permite a análise dos benefícios das medidas de saúde e identificação de intervenções específicas onde os limites legislativos são excedidos.

A Resolução CONAMA Nº 491, de 19/11/2018, define como poluente atmosférico qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou 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 possam gerar danos ou riscos 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

O poluente atmosférico é toda substância presente no ar que, devido à sua concentração, pode torná-lo impróprio, prejudicial ou nocivo à saúde, causar transtornos ao bem público, avariar materiais, fauna e flora, ou interferir na segurança, uso e gozo, e das atividades normais da comunidade.

Na Tabela 2 é apresentado a descrição dos principais poluentes atmosféricos, suas fontes e efeitos.

Tabela 2: 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 de 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 | 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 sujeira 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

A qualidade do ar é influenciada diretamente pela emissão de poluentes atmosféricos, pela topografia, pela ocupação do solo e pelas condições meteorológicas. Com esse cenário, surge a necessidade de regulamentações visando a preservação da saúde da população e do meio ambiente.

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. O objetivo da OMS é promover a agenda da pesquisa científica na área da saúde, diagnosticar as tendências mundiais e auxiliar o estabelecimento de normas e diretrizes, entre outros.

As diretrizes da OMS para qualidade do ar não têm caráter regulatório, para tal estas devem ser recepcionadas no aparato legal dos locais onde se pretende utiliza-las, na forma de padrões de qualidade do ar, por exemplo.

Segundo a OMS, a formulação de padrões de qualidade do ar deve observar o necessário equilíbrio entre os riscos à saúde, a viabilidade tecnológica e as condições econômicas, políticas e sociais do local. Ainda, esta formulação depende do nível de desenvolvimento e da capacidade local para a gestão da qualidade do ar (WHO, 2006).

Em nível nacional, os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, publicada em novembro de 2018. Tal Resolução está estruturada considerando como referência as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) do ano de 2005, vigentes à época. No ano de 2021 foram publicadas pela OMS as mais recentes Diretrizes Gerais de Qualidade do Ar, a qual será considerada neste relatório.

Já em nível Estadual, o Governo do Estado do Espírito Santo, por meio do Decreto nº 3.463-R, de 16/12/2013, estabeleceu os padrões estaduais de qualidade do ar. Com exceção aos parâmetros "fumaça" e "chumbo" o Decreto Estadual contempla todos os parâmetros estabelecidos pela CONAMA nº 491/2018, sendo inclusive mais restritivo em alguns casos, além de também estabelecer padrões para Poeira Sedimentável (PS).

No Decreto citado, como na Resolução CONAMA, está previsto o conceito de Metas Intermediárias (MI), que são valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar, até o atingimento dos Padrões Finais (PF), que representam as metas de longo prazo. Para cada poluente foram previstas três metas intermediárias visando o gradual alcance ao PF, estabelecido com base nas diretrizes da OMS para os poluentes de interesse.

Os padrões e diretrizes citadas são estabelecidos com base nos potenciais danos causados à saúde. Entretanto, para poeira sedimentável (PS) estão associadas ao incômodo causado às populações expostas. Sob o aspecto do incômodo, as reações mais comuns dizem respeito à impossibilidade de gozo pleno da propriedade e ao desconforto causado pela sujidade gerada pela deposição da poeira sedimentável sobre as superfícies de uso cotidiano (VALLACK e SHILLITO, 1998; FARFEL et al., 2005). Este poluente, conforme observado por Conti et al. (2009), incluem majoritariamente frações de partículas que variam entre 5 a 100 µm. Além do incômodo, as partículas podem depositar sobre a vegetação, os materiais, edificações e monumentos ocasionando a 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).

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 g/m²/30 dias, variando de acordo com o uso e ocupação do solo (áreas residenciais, comerciais ou industriais). Observa-se que a concentração de valores para os padrões de PS está entre 5,0 e 10 g/m²/30 dias, tais como aqueles adotados, por exemplo, em países como Argentina, Estados Unidos, Espanha, Finlândia e Austrália (VALLACK e SHILLITO, 1998; DECNY, 2009; DEQM, 2007).

No Brasil, além do Estado do Espírito Santo, verifica-se que apenas do Estado de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 26 de maio de 1981, instituiu padrões para PS, sendo 10 g/m²/30 dias para áreas industriais e 5 g/m²/30 dias nas demais áreas.

Outros poluentes também podem estar presentes na atmosfera, entretanto, não estão contemplados em padrões de qualidade do ar. A ausência de padrões de qualidade para alguns poluentes atmosféricos pode ser justificada por: (i) não existirem evidências científicas suficientes para correlacionar as concentrações ambientais dos poluentes à efeitos à saúde e (ii) dificuldades técnicas na amostragem ou medição do poluente.

3.3 Padrões da Qualidade do Ar

A partir da regularização da Qualidade do Ar, surgem-se metas e padrões a serem atendidos, com objetivo de monitorar e melhorar continuamente a qualidade do ar. Os padrões de qualidade do ar baseiam-se na Resolução CONAMA nº 491/2018 que define os instrumentos da gestão de qualidade do ar, o valor de concentração de um

poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica. A abordagem utilizada nesta Resolução, assim como no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013, foi a adoção de padrões intermediários definidos em quatro etapas (PI-1- PI-2, PI-3 e PF), com a entrada do padrão PI-1 na publicação das normas.

Os valores estabelecidos na legislação nacional e estadual podem ser observados na Tabela 3.

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. Tais padrões visam prevenir efeitos agudos e crônicos a saúde das populações expostas.

Até o momento, os dados disponíveis são insuficientes para fornecer recomendações de valores-guia e metas intermediárias para alguns tipos específicos de MP, notadamente carbono negro/elementar, partículas ultrafinas e partículas provenientes de tempestades de areia e poeira. No entanto, devido às preocupações com a saúde relacionadas a esses poluentes, fazem-se necessárias ações para aprimorar pesquisas futuras sobre seus riscos e abordagens para mitigação destes. (OMS, 2021)

As diretrizes da OMS se aplicam tanto para ambientes internos e externos. Vale ressaltar que estas orientações não abrangem contextos ocupacionais, devido às características específicas das exposições relevantes e políticas de redução de risco e às diferenças potenciais na suscetibilidade populacional da força de trabalho adulta em comparação com a população em geral. (OMS, 2021)

Além dos padrões de qualidade do ar, a Resolução CONAMA nº 491/2018 estabelece níveis de qualidade do ar para que estados e municípios estabeleçam planos de emergência para episódios críticos de poluição do ar, visando a prevenção de graves e iminentes riscos 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 desses níveis está também previstos no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013.

Tabela 3: Padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar.

| Poluente | Período de Referência | Unidade | Padrão Nacional (CONAMA nº 491/2018) | | | | Metas e Padrão Estadual (Decreto no 3.463-R/2013) | | | | Diretrizes de Qualidade do Ar OMS (2021) | | | | |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|--------|----------|-----|---------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|------------------------------------------|-----|------|----|--------------|
| | | | PI - I | PI -II | PI - III | PF | MI1-ES | MI2-ES | MI3-ES | PF-ES | 1 | 2 | 3 | 4 | Valores guia |
| MP 2,5 | Diária | µg/m3 | 60 | 50 | 37 | 25 | - | 50 | 37 | 25 | 75 | 50 | 37,5 | 25 | 15 |
| | Anual | | 20 | 17 | 15 | 10 | - | 20 | 15 | 10 | 35 | 25 | 15 | 10 | 5 |
| MP 10 | Diária | µg/m3 | 120 | 100 | 75 | 50 | 120 | 80 | 60 | 50 | 150 | 100 | 75 | 50 | 45 |
| | Anual | | 40 | 35 | 30 | 20 | 45 | 33 | 25 | 20 | 70 | 50 | 30 | 20 | 15 |
| PS | Mensal | g/m²/30d | - | - | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Anual | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PTS | Diária | µg/m3 | - | - | - | 240 | 180 | 170 | 160 | 150 | - | - | - | - | - |
| | Anual | | - | - | - | 80 | 65 | 63 | 62 | 60 | - | - | - | - | - |
| SO ₂ | 24h | µg/m3 | 125 | 50 | 30 | 20 | 60 | 40 | 30 | 20 | 125 | 50 | - | - | 40 |
| | Anual | | 40 | 30 | 20 | - | 40 | 30 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| NO ₂ | Conama e Decreto:1h OMS: 24h | µg/m3 | 260 | 240 | 220 | 200 | 240 | 220 | 210 | 200 | 120 | 50 | - | - | 25 |
| | Anual | | 60 | 50 | 45 | 40 | 50 | 45 | 42 | 40 | 40 | 30 | 20 | - | 10 |
| O ₃ | 8h | µg/m3 | 140 | 130 | 120 | 100 | 140 | 120 | 110 | 100 | 160 | 120 | - | - | 100 |
| | Anual | | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 70 | - | - | 60* |
| CO | 8h | Decreto e OMS : µg/m3; CONAMA: ppm | - | - | - | 9 | - | - | - | 10000 (8h) 30000 (1h) | 7000 | - | - | - | 4000 |
| | Anual | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Fumaça | Diária | µg/m3 | 120 | 100 | 75 | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Anual | | 40 | 35 | 30 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Chumbo | Diária | µg/m3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Anual | | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

* A OMS coloca o parâmetro para o período de “Alta temporada”, que seria a “Média aritmética da concentração média diária máxima de O₃ em 8 horas nos 6 meses consecutivos com a maior concentração média de O₃ (média móvel de 6 meses)”.

Para a definição desses três níveis são considerados os seguintes parâmetros: concentrações de partículas inaláveis, partículas respiráveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, monóxido de carbono, 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 concentrações apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação dos níveis de atenção, alerta e emergência.

| Níveis | MP ₁₀ 24h | MP _{2,5} 24h | SO ₂ 24h | NO ₂ 1h | O ₃ 8h | CO 8h |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| ATENÇÃO | 250 | 125 | 800 | 1.130 | 200 | 17.000 (15ppm) |
| ALERTA | 420 | 210 | 1.600 | 2.260 | 400 | 34.000 (30ppm) |
| EMERGÊNCIA | 500 | 250 | 2.100 | 3.000 | 600 | 46.000 (40ppm) |

Fonte: Resolução CONAMA nº 491 de 19/11/2018.

3.4 Índice de Qualidade do Ar

O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) é utilizado para simplificar as informações do monitoramento da qualidade do ar de forma a torna-las mais acessíveis ao público. Para cada estação de monitoramento e poluente, conforme definição da legislação vigente, é calculado um número adimensional, este classificado em 05 cinco faixas qualitativas. De acordo com estas faixas, a qualidade do ar pode ser classificada como BOA, MODERADA, RUIM, MUITO RUIM ou PÉSSIMA. Atualmente, o IQAr pode assumir valores desde 0 até superiores a 200, sendo que, quanto maior o valor do IQAr calculado, pior é a qualidade do ar.

Para cada estação de monitoramento, a qualidade do ar é divulgada com base no pior resultado de IQAr calculado, ou seja, numa abordagem conservadora, a partir do cálculo do IQAr para cada poluente monitorado na estação, será divulgado o maior valor de IQAr encontrado.

A Tabela 5 apresenta as faixas de concentração e do IQAr para cada poluente. A classificação do IQAr está associada aos valores de concentração dos poluentes definidos nas Diretrizes da OMS (2005), no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013 e na Resolução CONAMA nº 491/2018. Sendo assim, a qualidade do ar é considerada como

BOA quando as diretrizes da OMS 2005 estão sendo atendidas. Por outro lado, a qualidade do ar é considerada MODERADA, quando as concentrações estabelecidas na legislação vigente estão sendo atendidos. Já as classificações RUIM, MUITO RUIM e PÉSSIMA são utilizadas quando as concentrações atingem aos níveis apresentados na Tabela 5 Estas concentrações foram definidas com base nos cenários de ATENÇÃO, ALERTA E EMERGÊNCIA estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018.

Tabela 5: Descrição das classes, índices e valores limites de concentração para determinação do IQAr.

| Classificação ¹ | Concentração (µg/m ³) | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | MP ₁₀ 24h | MP _{2,5} 24h | SO ₂ 24h | NO ₂ 1h | O ₃ 8h | CO 8h |
| BOA | 0 - 50 | 0 - 25 | 0 - 20 | 0 - 200 | 0 - 100 | 0 - 10.000 |
| MODERADA | >50 - 120 | >25 - 50 | >20 - 40 | >200 - 240 | >100 - 130 | >10.000 - 13.000 |
| RUIM | >120 - 180 | >50 - 75 | >40 - 365 | >240 - 320 | >130 - 160 | >13.000 - 15.000 |
| MUITO RUIM | >150 - 250 | >75 - 125 | >365 - 800 | >320 - 1.130 | >160 - 200 | >15.000 - 17.000 |
| PÉSSIMA | >250 | >125 | >800 | >1.130 | >200 | >17.000 |

* Valores em µg/m³

Fonte:

Atualmente os limites estabelecidos tanto no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013, quanto na Resolução CONAMA nº 491/2018 se encontram em processo de revisão na Assembleia Legislativa do Espírito Santo e no CONAMA respectivamente.

¹ A classificação qualitativa da qualidade do ar é definida de acordo com as faixas numéricas adimensionais definidas para o IQAr, estas, que por sua vez, estão relacionadas com as faixas de concentração apresentadas na Tabela 3.4. Os valores de das faixas atualmente praticados são: IQAr de 0 a 40 → "Boa"; IQAr > 40 a 80 → "Moderada"; IQAr > 80 a 120 → "Ruim"; IQAr >120 a 200 → "Muito ruim"; IQAr >200 → "Péssima".

4 Monitoramento da Qualidade do Ar

4.1 Rede Automática de Qualidade do Ar (RAMQAr)

A RAMQAr iniciou suas operações em 2000, sendo viabilizada por meio de condicionantes das Licenças de Instalação da Usina VII da Vale (LI nº 198/98) e do Alto Forno II da ArcelorMittal Tubarão (LI nº 192/98). A RAMQAR RGV é composta por 09 estações de monitoramento localizadas nos municípios de Vitória, Vila Velha e Cariacica.

No ano de 2022, em virtude da desativação temporária da estação Vila Velha Centro (EMQAr RGV 07), o IEMA operou 8 estações de monitoramento da qualidade do ar. A Tabela 6 apresenta a localização das estações de monitoramento da RAMQAr.

Tabela 6: Dados de localização das estações da RAMQAr.

| Estação | Localização | Bairro | Município | Início da Operação | Coordenadas | |
|--------------|--------------------------------|--------------------|------------|--------------------|-------------|---------|
| | | | | | X | Y |
| EMQAr - RGV1 | Hospital Dório Silva | Laranjeiras | Serra | 2000 | 369917 | 7766305 |
| EMQAr - RGV2 | ArcelorMittal Tubarão | Carapina | Serra | 2000 | 368945 | 7762315 |
| EMQAr - RGV3 | Unidade de Saúde | Jardim Camburi | Vitória | 2000 | 367429 | 7760371 |
| EMQAr - RGV4 | Corpo de Bombeiros | Enseada do Suá | Vitória | 2000 | 365266 | 7753279 |
| EMQAr - RGV5 | Ministério da Fazenda | Centro | Vitória | 2005 | 360857 | 7752450 |
| EMQAr - RGV6 | 4º Batalhão da Polícia Militar | Ibes | Vila Velha | 2000 | 362532 | 7749346 |
| EMQAr - RGV7 | Ao lado do Colégio Marista | Centro | Vila Velha | 2000 | 365354 | 7750721 |
| EMQAr - RGV8 | CEASA | Vila Capixaba | Cariacica | 2000 | 353697 | 7749998 |
| EMQAr - RGV9 | ArcelorMittal Tubarão | Cidade Continental | Serra | 2011 | 371218 | 7763588 |

Nota: Sistema de Coordenadas UTM - SIRGAS 2000.

A localização das estações da RAMQAr está representada nas Figuras 3 e 4.

Figura 3: Distribuição das estações da RAMQAr no Espírito Santo.

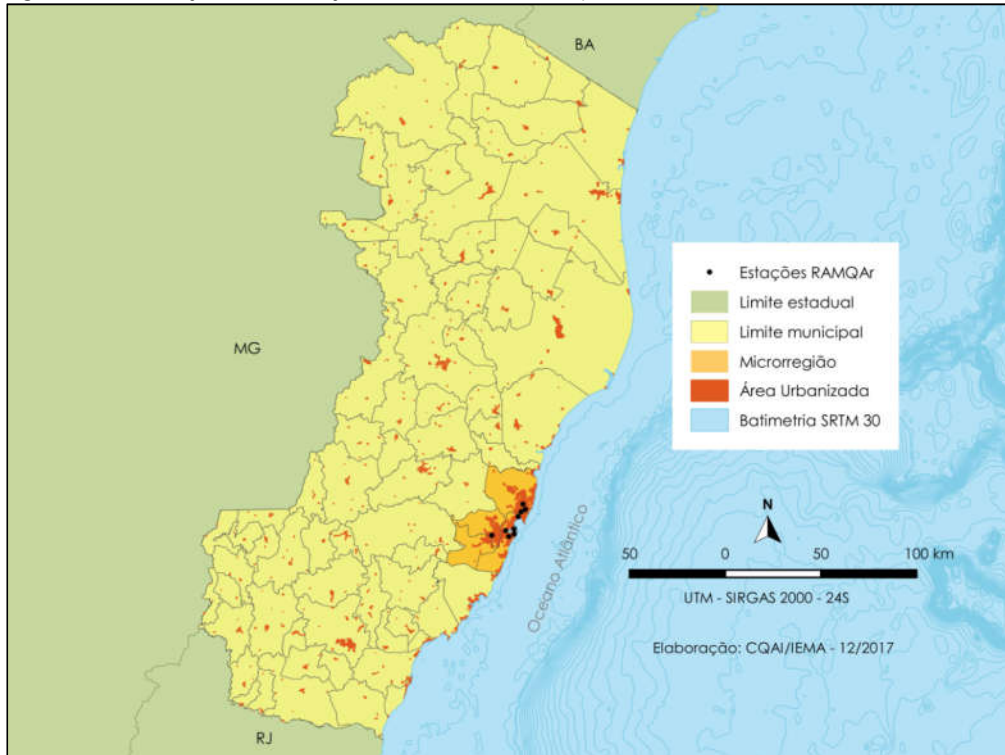
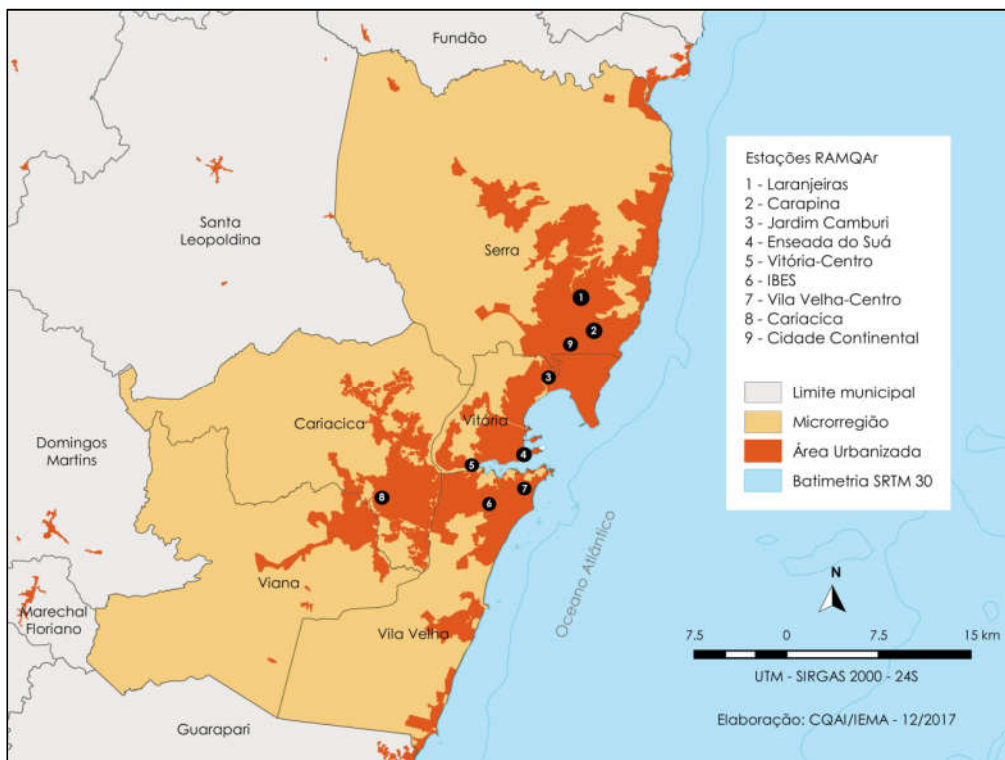


Figura 4: Distribuição das estações da RAMQAr - Detalhe para a Região da Grande Vitória.



A RAMQAr é de propriedade do estado do Espírito Santo, sendo o IEMA o órgão responsável pela gestão de sua operação e manutenção, tendo como objetivos:

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

A Tabela 7 apresenta uma descrição da abrangência esperada e fontes de influência por cada estação da RAMQAr em sua concepção original.

Tabela 7: Descrição da área de influência das estações da RAMQAr.

| Estação | Localização | Descrição de abrangência e fontes de influência |
|--------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EMQAr - RGV1 | 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. |
| EMQAr – RGV2 | Carapina | Esta estação capta influências das indústrias da Ponta de Tubarão em determinadas condições de vento. No que diz respeito ao monitoramento meteorológico, essa é a estação mais completa. |
| EMQAr – RGV3 | 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. |
| EMQAr – RGV4 | 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. Sofre influência das emissões de origem industrial da Ponta de Tubarão e pelas fontes móveis que convergem para aquela área de passagem natural da região. |
| EMQAr – RGV5 | 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. |
| EMQAr – RGV6 | 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. |
| EMQAr – RGV7 | Centro-Vila Velha | Proporciona cobertura espacial de áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos e industriais dos municípios de Vitória e Vila Velha. |
| EMQAr – RGV8 | 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. |
| EMQAr – RGV9 | Cidade Continental | É influenciada diretamente pelas indústrias da Ponta de Tubarão, e sofre influência relativa de veículos e outras fontes da Serra. |

É importante ressaltar que o crescimento ocorrido na RMGV e as alterações relacionadas às principais fontes da região pode ter possibilitado a alteração da abrangência de atuação de cada estação. Outro fator relevante é a construção de

edificações ou crescimento de árvores próximas às estações, que podem provocar alterações, em microescala, alterações no escoamento dos ventos, impactando assim as medições das estações de monitoramento.

A Tabela 8 apresenta os parâmetros meteorológicos e de qualidade do ar previstos para serem monitorados por cada estação da RAMQAr.

Tabela 8: Parâmetros previstos para serem monitorados pelas estações da RAMQAr em 2022.

| Estação | Localização | MP _{2,5} | MP ₁₀ | SO ₂ | NO | NO ₂ | NO _x | CO | O ₃ | Parâmetros Meteorológicos |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|----|-----------------|-----------------|----|----------------|---------------------------|
| EMQAr - RGV1 | Laranjeiras | | X | X | X | X | X | X | X | |
| EMQAr - RGV2 | Carapina | | X | | | | | | | DV, P,PP,RS,SIGT,UR, VV |
| EMQAr - RGV3 | Jardim Camburi | | X | X | X | X | X | | | |
| EMQAr - RGV4 | Enseada do Suá | X | X | X | X | X | X | X | X | DV, SIGT, VV |
| EMQAr - RGV5 | Centro-Vitória | | X | X | X | X | X | X | | |
| EMQAr - RGV6 | Ibes | X | X | X | X | X | X | X | X | DV, SIGT, T, UR, VV |
| EMQAr - RGV7 | Centro-Vila Velha | | X | X | | | | | | |
| EMQAr - RGV8 | Vila Capixaba | | X | X | X | X | X | X | X | DV, SIGT, T, UR, VV |
| EMQAr - RGV9 | Cidade Continental | | | X | | X | | | | DV, VV |

Nota: Sistema de Coordenadas UTM - SIRGAS 2000.

Legenda:

Poluentes:

| | |
|-------------------|----------------------------------|
| CO | Monóxido de Carbono |
| NO | Monóxido de Nitrogênio |
| NO ₂ | Dióxido de Nitrogênio |
| NO _x | Óxidos de Nitrogênio |
| O ₃ | Ozônio |
| MP ₁₀ | Partículas Inaláveis (<10 µm) |
| MP _{2,5} | Partículas Respiráveis (<2,5 µm) |
| SO ₂ | Dióxido de Enxofre |

Meteorologia:

| | |
|------|-----------------------------------|
| DV | Direção do Vento |
| P | Pressão Atmosférica |
| PP | Precipitação Pluviométrica |
| RS | Radiação Solar |
| SIGT | Desvio Padrão da Direção do Vento |
| T | Temperatura |
| UR | Umidade Relativa |
| VV | Velocidade do Vento |

Cabe salientar que a estação EMQAr – RGV7, localizada ao lado do colégio Marista, no centro de Vila Velha, encontra-se desativada desde o ano de 2021. A estação responsável pelo monitoramento da qualidade do ar na região do Centro de Vila Velha será reposicionada em breve.

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 gestão do contrato realizada por servidores do IEMA.

4.1.1 Monitor de Particulado

Os monitores de Partículas Inaláveis (MP_{10}) e Partículas Respiráveis ($MP_{2,5}$), utilizam a metodologia de medição *Tapered Element Oscillating Microbalance* - TEOM. 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 (O₃)

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.

4.1.6 Situação operacional do monitoramento da Qualidade do ar

Conforme mencionado acima, a RAMQAR RGV teve suas operações iniciadas no ano de 2000. Contudo, em virtude do tempo decorrido, verificou-se a necessidade de atualização das estações devido à defasagem dos equipamentos instalados, bem como a paralisação do monitoramento de alguns poluentes dado a indisponibilidade de peças de reposição e consumíveis para tais equipamentos.

A tabela 9 a seguir detalha a situação dos monitores de poluentes das estações e o estado de cada um destes observados no mês de dezembro de 2022.

Destacamos que a atualização da RAMQAR RGV é objeto dos convênios nº 001/2021 e 002/2022, firmados com as empresas Vale e Arcelor, respectivamente. Dentre as ações previstas cumpre destacar a aquisição de novos analisadores de gases e material particulado, bem como instalação de novos sensores de meteorologia.

A conclusão das intervenções de modernização das estações de medição da qualidade do ar se deu ao final do mês de agosto de 2023.

Tabela 9: Situação operacional da RAMQAR RGV por poluente monitorado em Dezembro/2022.

| Estação | SO ₂ | NO ₂ | CO | O ₃ | HC | PM 2,5 | PM 10 | PTS |
|---------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| RAMQAR RGV 01 | Inoperante | Em operação | Em operação | Em operação | Não instalado | Não instalado | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 02 | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 03 | Em operação | Em operação | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 04 | Em operação | Em operação | Inoperante | Em operação | Inoperante | Inoperante | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 05 | Em operação | Inoperante | Em operação | Não instalado | Inoperante | Não instalado | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 06 | Em operação | Em operação | Em operação | Em operação | Inoperante | Inoperante | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 07 | Inoperante | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Inoperante | Não instalado |
| RAMQAR RGV 08 | Inoperante | Em operação | Em operação | Inoperante | Não instalado | Não instalado | Inoperante | Inoperante |
| RAMQAR RGV 09 | Inoperante | Em operação | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Não instalado | Inoperante | Inoperante |

4.2 Rede Manual de Monitoramento de Poeira Sedimentável (RMPS)

A RMPS foi implantada em abril de 2009 com nove pontos de monitoramento. Em dezembro do mesmo ano, a rede foi ampliada para 11 pontos de monitoramento. No ano de 2022 a rede contou com 13 pontos ativos. O ponto de monitoramento PMPS – RGV7, localizado ao lado do Colégio Marista, encontra-se temporariamente inoperante, com previsão de realocação no ano de 2023, e o ponto conhecido por PMPS - RGV12, situado no Hotel Aruan, foi desligado permanentemente desde abril de 2022.

A Tabela 10 apresenta a localização dos pontos de monitoramento de poeira sedimentável.

Tabela 10: Localização dos pontos de monitoramento de poeira sedimentável em operação.

| Ponto | Localização | Bairro | Município | Coordenadas | |
|---------------|---------------------------------------------------|--------------------|------------|-------------|---------|
| | | | | X | Y |
| PMPS - RGV1 | Hospital Dório Silva | Laranjeiras | Serra | 369917 | 7766305 |
| PMPS – RGV2 | ArcelorMittal Tubarão | Carapina | Serra | 368945 | 7762315 |
| PMPS – RGV3 | Unidade de Saúde | Jardim Camburi | Vitória | 367429 | 7760371 |
| PMPS – RGV4 | Corpo de Bombeiros | Enseada do Suá | Vitória | 365266 | 7753279 |
| PMPS – RGV5 | Ministério da Fazenda | Centro | Vitória | 360857 | 7752450 |
| PMPS – RGV6 | 4º Batalhão da Polícia Militar | Ibes | Vila Velha | 362532 | 7749346 |
| PMPS – RGV7 | Ao lado do Colégio Marista | Centro | Vila Velha | 365354 | 7750721 |
| PMPS – RGV8 | CEASA | Vila Capixaba | Cariacica | 353697 | 7749998 |
| PMPS – RGV9 | Hotel SENAC | Ilha do Boi | Vitória | 366107 | 7753649 |
| PMPS - RGV10 | Clube Ítalo Brasileiro | Ilha do Boi | Vitória | 366640 | 7753590 |
| PMPS - RGV 11 | ArcelorMittal Tubarão | Cidade Continental | Serra | 371218 | 7763588 |
| PMPS - RGV 12 | Hotel Aruan | Jardim da penha | Vitória | 365444 | 7756934 |
| PMPS - RGV 13 | Instituto Dom João Batista | Praia do canto | Vitória | 365733 | 7755437 |
| PMPS - RGV 14 | CMEI Prof Sandra Maria Nepomuceno Dallabernardina | Carapebus | Serra | 374013 | 7763820 |

Nota: Sistema de Coordenadas UTM – SIRGAS 2000.

Cada ponto de monitoramento é dotado de coletores no padrão ASTM D1739-98 (2004), em número suficiente que assegure a medição da deposição de poeira sedimentável. Em alguns casos, podem ser adotados mais coletores por ponto de

monitoramento, a fim de possibilitar o acúmulo de massa em quantidade suficiente para análises específicas.

A Figura 5 apresenta o aparato utilizado para coleta de poeira sedimentável. Este aparato consiste, basicamente, num 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.

Figura 5: Aparato para coleta de Poeira Sedimentável.



Para a quantificação da taxa de deposição de poeira sedimentável são empregados os procedimentos descritos na norma ASTM D1739-98 (2004). O coletor é exposto por 30 dias, e após este período a massa depositada é seca e quantificada por gravimetria. 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 coletores instalados em cada ponto de monitoramento.

4.3 Métodos de Tratamento de Dados

Os dados brutos utilizados para elaboração deste relatório são as concentrações médias horárias para cada poluente e variáveis meteorológicas monitoradas. A partir desses dados são calculadas as concentrações médias aritméticas anuais (MP_{10} , $\text{MP}_{2,5}$, NO_2 e SO_2), médias geométricas anuais (PTS), médias móveis de 24 horas (PTS, MP_{10} , $\text{MP}_{2,5}$, SO_2 , e NO_2), médias móveis de 8 horas (CO e O_3) e médias horárias (CO).

Neste relatório utilizam-se as médias móveis de 8 horas e 24 horas para a realização das comparações com os padrões previstos na legislação vigente e com as recomendações da OMS.

As médias móveis representam a melhor estratégia para a verificação da exposição ao poluente monitorado, pois a exposição ocorre em horas consecutivas e não de acordo com o período de tempo fixo de 24 horas existente num dia. Desse modo, para cada dia de monitoramento são calculadas 24 médias móveis de 24 horas, perfazendo 8.760 médias em um ano. 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 horas 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.

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 não coletados representarem períodos críticos ou de condições meteorológicas desfavoráveis, como os meses de inverno, por exemplo. 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 11 apresenta os critérios de representatividade dos parâmetros monitorados utilizados neste relatório.

Tabela 11: Descrição dos critérios de representatividade dos parâmetros.

| 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 |
| Média Mensal | 2/3 das medias diárias válidas no mês |
| Média 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 podem ser apresentados nos gráficos e tabelas com a indicação “não representativos”.

No Apêndice A é apresentado a classificação de representatividade dos dados de meteorologia e qualidade do ar para as estações componentes da RAMQAr para o ano de 2022

5 - Dados Meteorológicos

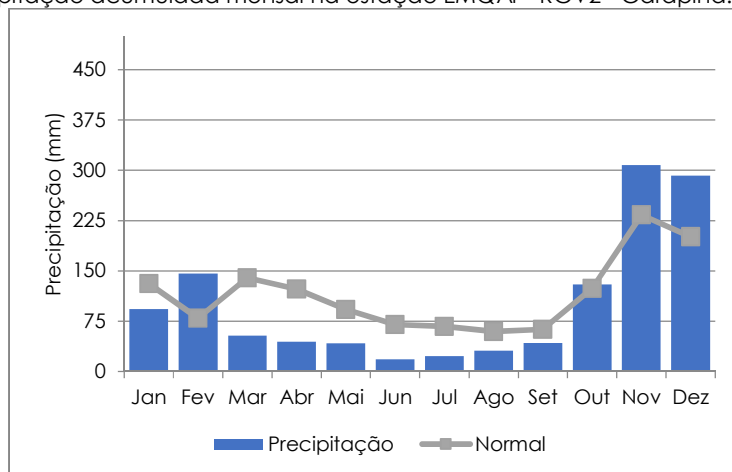
A dispersão dos poluentes, e consequentemente o nível de concentração destes na atmosfera, é diretamente influenciada pelas variáveis meteorológicas. Dentre as variáveis meteorológicas o regime de ventos, a umidade do ar, a radiação solar, a temperatura ambiente e a ocorrência de chuvas são alguns fatores climáticos locais que podem interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. Fenômenos meteorológicos de circulação geral da atmosfera também interferem na dispersão de poluentes, uma vez que a movimentação das grandes massas de ar afeta a circulação meteorológica local.

Neste capítulo, as condições meteorológicas para o ano de 2022, utilizando-se as normais climatológicas de Vitória de 1991 a 2020, e na região onde estão instaladas as estações da RAMQAr serão representadas pelas medições realizadas na estação EMQAr - RGV2 (Carapina), uma vez que nesta é realizada a medição de todas as variáveis meteorológicas de interesse. Outra análise realizada neste capítulo é a identificação das ocorrências de dias desfavoráveis a dispersão atmosférica de poluentes.

5.1 Precipitação

A Figura 6 apresenta a evolução mensal de chuva acumulada registrada na estação Carapina em 2022. Observa-se que o índice pluviométrico ficou abaixo do esperado na maioria dos meses do ano.

Figura 6: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr - RGV2 - Carapina.



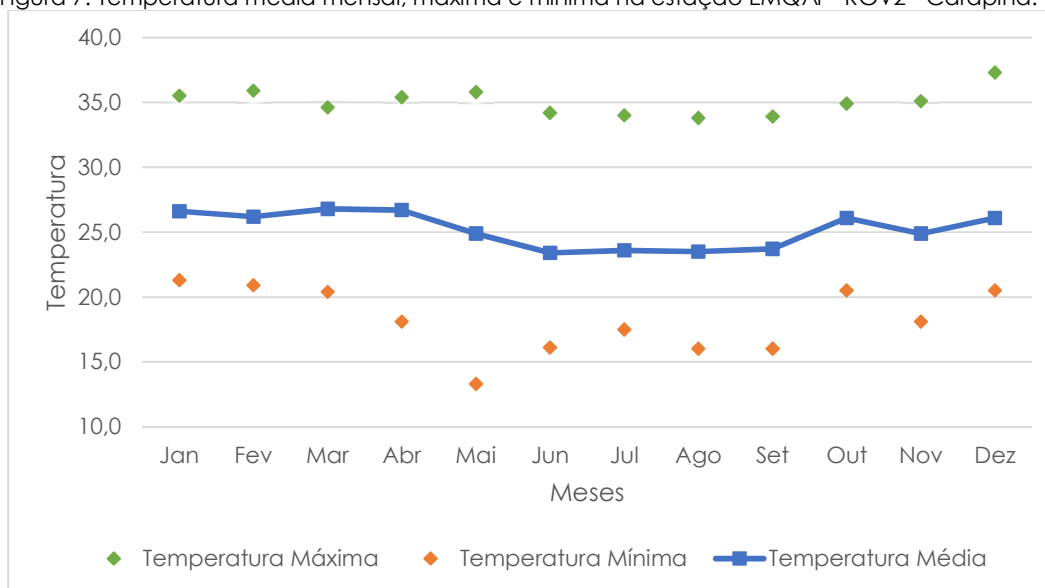
Para esta região, normalmente, o período chuvoso inicia-se no mês de novembro e se estende até março. Nessa época do ano, a atuação de sistemas sinóticos favorece o aumento da precipitação. No ano de 2022 essa tendência se confirmou com o verão mais chuvoso, com o período de chuva estendendo-se somente até o mês de fevereiro. Períodos atípicos também foram registrados, com destaque para o mês de fevereiro, onde foram registrados altos índices de precipitação em relação ao esperado.

Para o ano de 2022, a ocorrência de chuva ficou abaixo do esperado, resultando numa precipitação total anual de aproximadamente 1224,2 mm, resultando em 160,2 mm inferior à normal climatológica para região.

5.2 Temperatura

A Figura 7 apresenta os valores de temperatura média mensal, máxima e mínima, baseados nas medidas horárias realizadas em 2022 na estação Carapina.

Figura 7: Temperatura média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina.



As médias mensais da temperatura do ar ao longo de 2022 não apresentaram grandes variações. A temperatura média anual na estação Carapina foi de 25,2°C, sendo essa temperatura superior à normal climatológica (24,9°C).

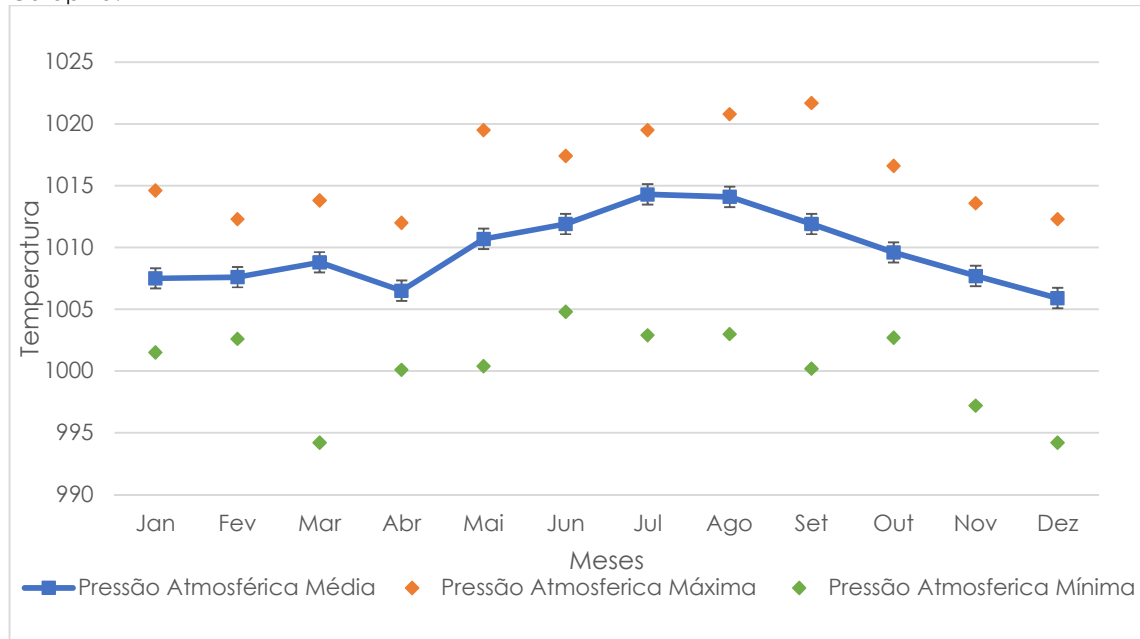
A maior temperatura foi registrada no mês de dezembro (37,3°C), já a temperatura mínima ocorreu no mês de maio (13,3°C).

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.

A Figura 8 apresenta do comportamento desse parâmetro no ano de 2022.

Figura 8: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina.

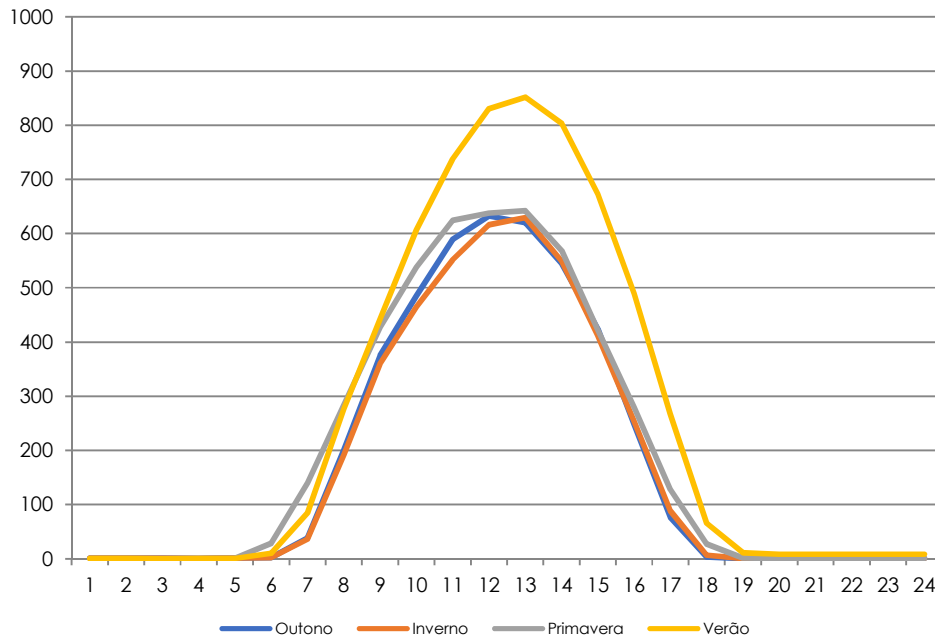


A pressão atmosférica média anual foi 1009,708 mbar. Os dados de pressão atmosférica medidos na estação Carapina foram representativos, sendo registrado 98,7% dos dados horários válidos.

5.4 Radiação Solar

A radiação solar indica o fluxo de energia solar incidente sobre uma determinada área. A Figura 9 apresenta a variação da incidência da radiação solar ao longo do dia para as estações do ano em 2022.

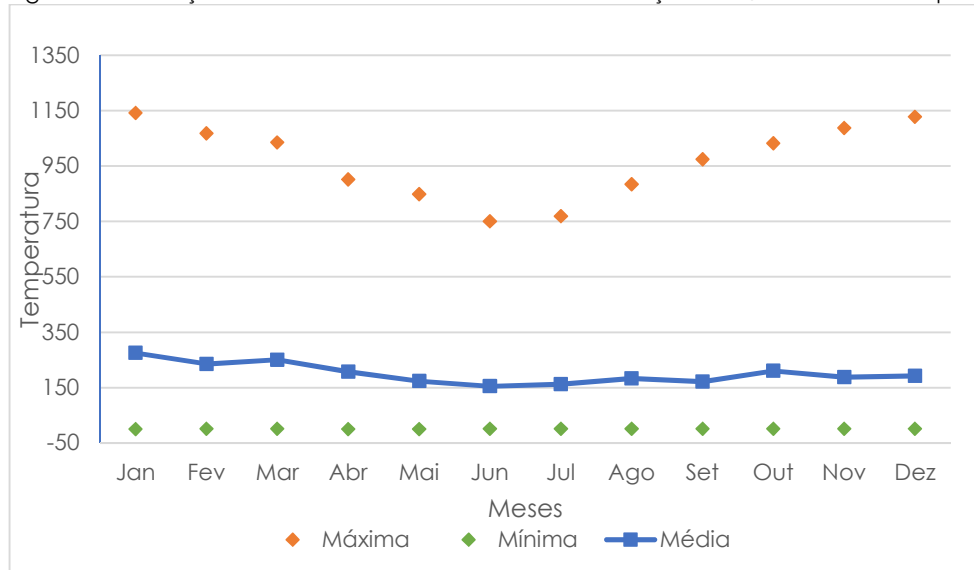
Figura 9: Perfil da radiação solar ao longo do dia, para as estações do ano em 2022, na EMQAr - RGV2 - Carapina.



Verifica-se um comportamento típico, com máximos ocorrendo por volta do meio dia, com fluxo de radiação médio incidente em 201,8 W/m².

No Figura 10 pode-se verificar o comportamento dos valores registrados ao longo do ano de 2022, sendo apresentados as médias mensais, valores máximos e mínimos para cada mês do ano.

Figura 10: Radiação solar média mensal e máxima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina.



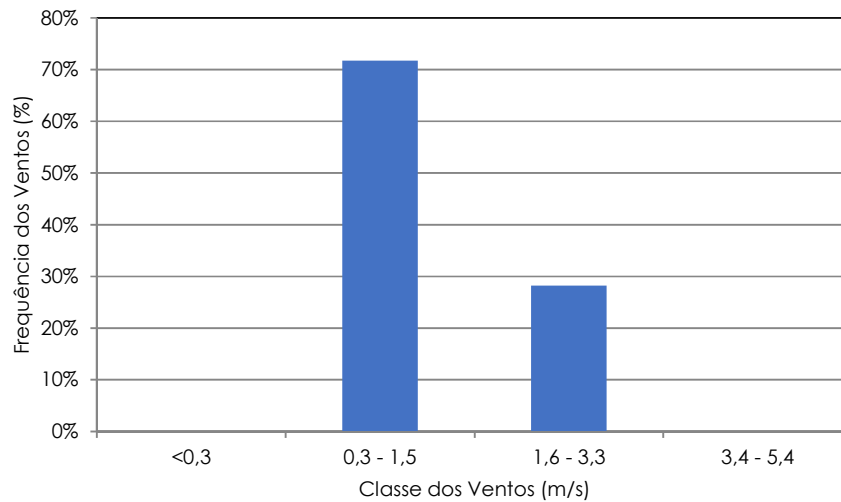
5.5 Umidade

Para estação Carapina, no ano de 2022, não houveram dados representativos válidos, não sendo desta forma considerados neste relatório.

5.6 Ventos

A Figura 11 apresenta distribuição de frequência para o registro de velocidade dos ventos na estação EMQAR - RGV2 (Carapina) ao longo do ano de 2022.

Figura 11: Distribuição de frequência de ocorrência das classes de vento na estação EMQAR - RGV2 (Carapina) para do ano de 2022.

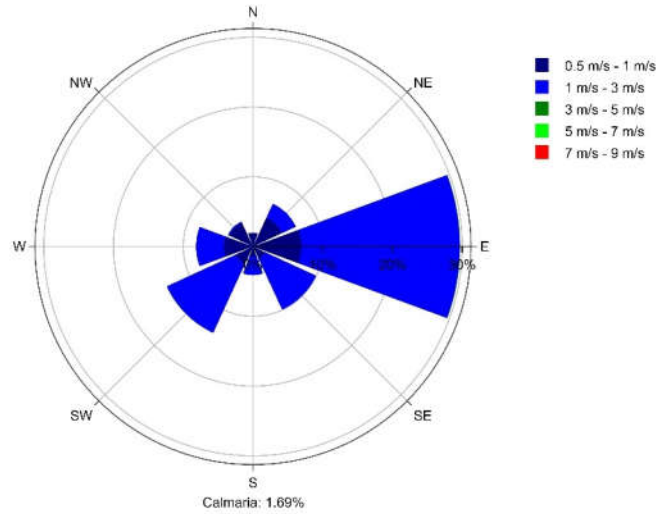


A velocidade média na estação Carapina foi de 1,2 m/s, de acordo com a classificação de intensidade dos ventos de Beaufort (PRIMAULT, 1979), os ventos predominantes são classificados como de Grau 1, nomeados como Aragem.

5.6.1 Rosa dos Ventos

A Figura 12 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação Carapina para o ano de 2022.

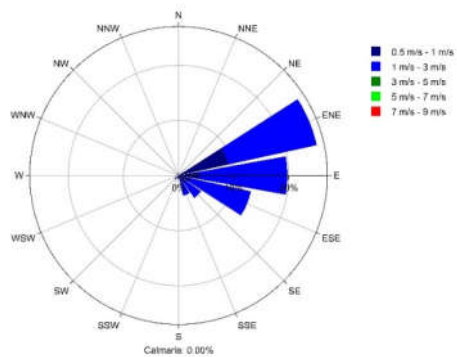
Figura 12: Rosa dos ventos para estação EMQAr - RGV2 (Carapina)- Ano de 2022.



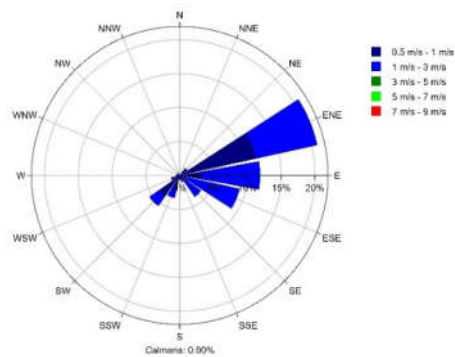
Para a estação avaliada verificou-se que os ventos mais frequentes e intensos ocorrem em direções situadas no primeiro e o segundo quadrante (0 a 180°).

As Figuras 13, 14, 15 e 16 apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2022 para estação EMQAr - RGV2 (Carapina).

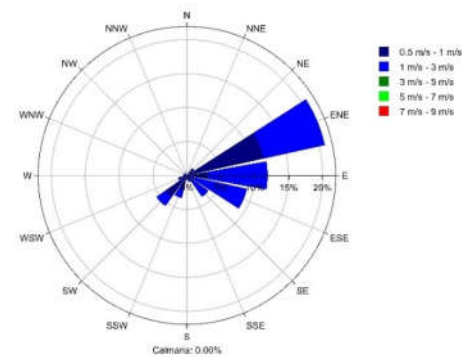
Figura 13: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina).



(a) Janeiro

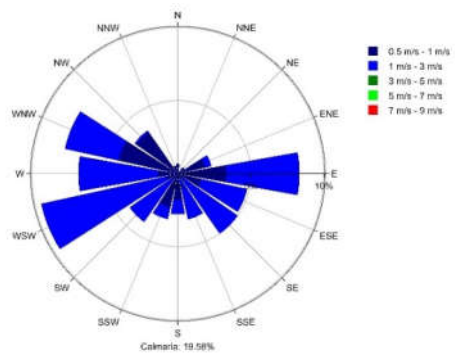


(b) Fevereiro

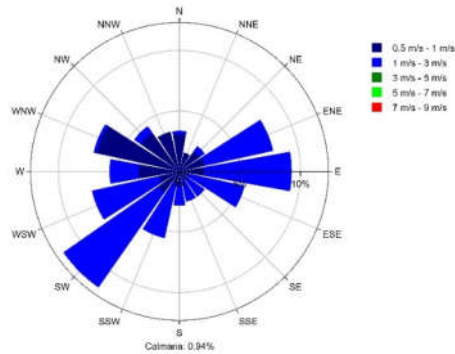


(c) Março

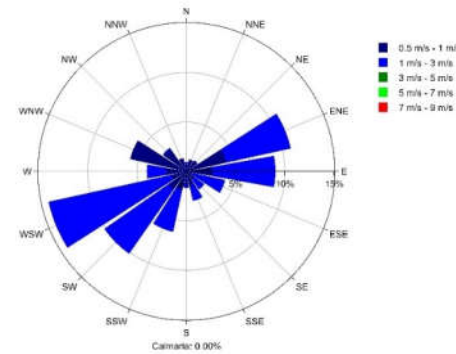
Figura 14: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina).



(d) Abril



(e) Maio



(f) Junho

Figura 15: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina).

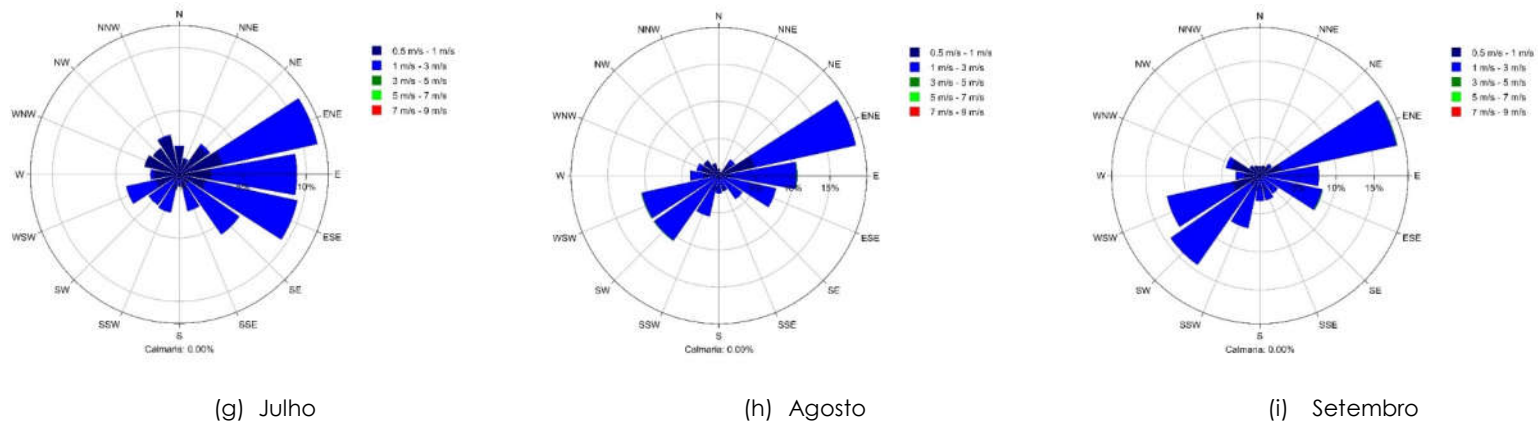
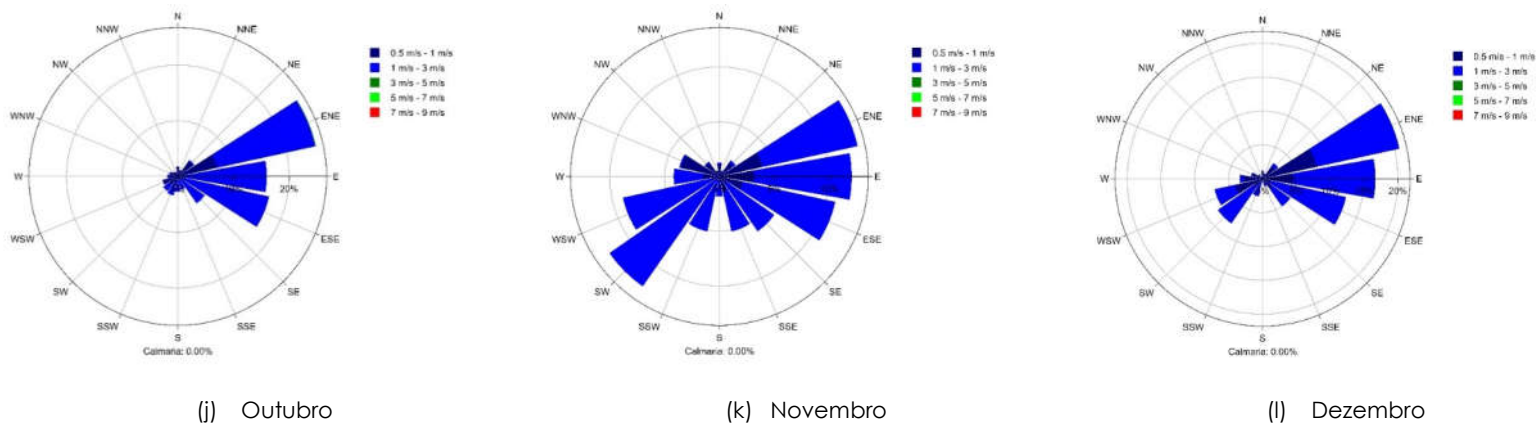


Figura 16: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2022 – EMQAr - RGV2 (Carapina).



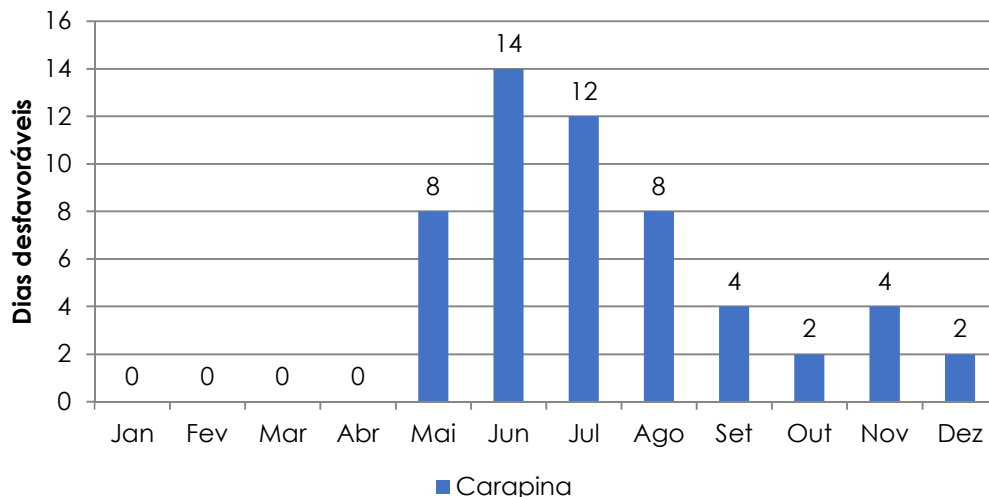
Como pode ser observado foi observado gráficos acima, pode se observar no primeiro, terceiro e quarto trimestres considerável influência de ventos no primeiro Quadrante (Nordeste - ENE). Entre os meses de abril e junho foi observado influencia de ventos nordeste e sudoeste (primeiro e terceiro quadrantes).

No Espírito Santo as velocidades médias dos ventos apresentam 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).

5.6.2 Dias Desfavoráveis à Dispersão de Poluentes

Com o objetivo de identificar as condições de dispersão atmosférica na região coberta pela RAMQAr em 2022, foi realizado, com base em metodologia utilizada pela CETESB-SP, a classificação de dias desfavoráveis a dispersão de poluentes. Tal metodologia considera apenas as condições meteorológicas para dispersão de poluentes primários. Os critérios para identificar dias desfavoráveis à dispersão adotados 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 (CETESB, 2013). Na Figura 17 é apresentado a distribuição anual dos dias considerados como desfavoráveis a dispersão de poluentes, considerando os dados de precipitação e velocidade dos ventos registrados na estação EMQAr - RGV2 (Carapina) no ano de 2022.

Figura 17: Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes na estação EMQAr - RGV2 (Carapina).



Verifica-se que para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril não foram identificados dias consideráveis desfavoráveis a dispersão de poluentes haja vista que não foram registrados ventos com velocidades inferiores a 0,5 m/s no período e ausência de

precipitação. Foram identificados os meses de junho e julho como os meses com maiores números de dias desfavoráveis. Meses com baixas precipitações, diminuições de temperaturas e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica, resultam em condições mais desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera (CETESB, 2010).

6 – Qualidade do Ar

Neste capítulo apresenta-se os dados de qualidade do ar medidos pela rede de monitoramento do IEMA no ano de 2022, estando dividido em 6 seções. A Seção 6.1 apresenta os resultados e discussões para Material Particulado, incluindo os resultados para MP_{2,5}, MP₁₀, e PS. A Seção 6.2 apresenta os resultados e discussões para Dióxido de Enxofre (SO₂). A Seção 6.3 apresenta os resultados e discussões para Dióxido de Nitrogênio (NO₂). A Seção 6.4 apresenta os resultados e discussões para Ozônio (O₃). A Seção 6.5 apresenta os resultados e discussões para Monóxido de Carbono (CO). E finalmente, a seção 6.6 apresenta o Índice de Qualidade do Ar (IQAr) para o ano de 2022.

Cumprir destacar que a análise que segue considerou os limites estabelecidos pela OMS 2021, do Decreto Estadual nº 3.463-R/2013 e da CONAMA nº 491/2018, sendo considerado o limite mais restritivo entre os dois últimos citados.

6.1 Material Particulado (MP)

6.1.1 Partículas Respiráveis (MP_{2,5})

O monitoramento de MP_{2,5} é previsto em duas estações da RAMQAr, sendo elas a EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá) e EMQAr – RGV6 (Vila Velha - Ibes). A partir do monitoramento são calculadas as máximas médias de 24 horas e as médias aritméticas anuais (MAA) obtidas a partir dos dados registrados nas estações para o ano, porém no ano de 2022 não houve monitoramento do parâmetro nas estações.

6.1.2 Partículas Inaláveis (MP₁₀)

A Tabela 12 apresenta as máximas médias de 24 horas e as médias aritméticas anuais (MAA) obtidas a partir dos dados registrados, no ano de 2022, nas estações da RAMQAr para o poluente MP₁₀.

Tabela 12: Valores das máximas médias móveis de 24h e da MAA das concentrações de MP₁₀ (µg/m³).

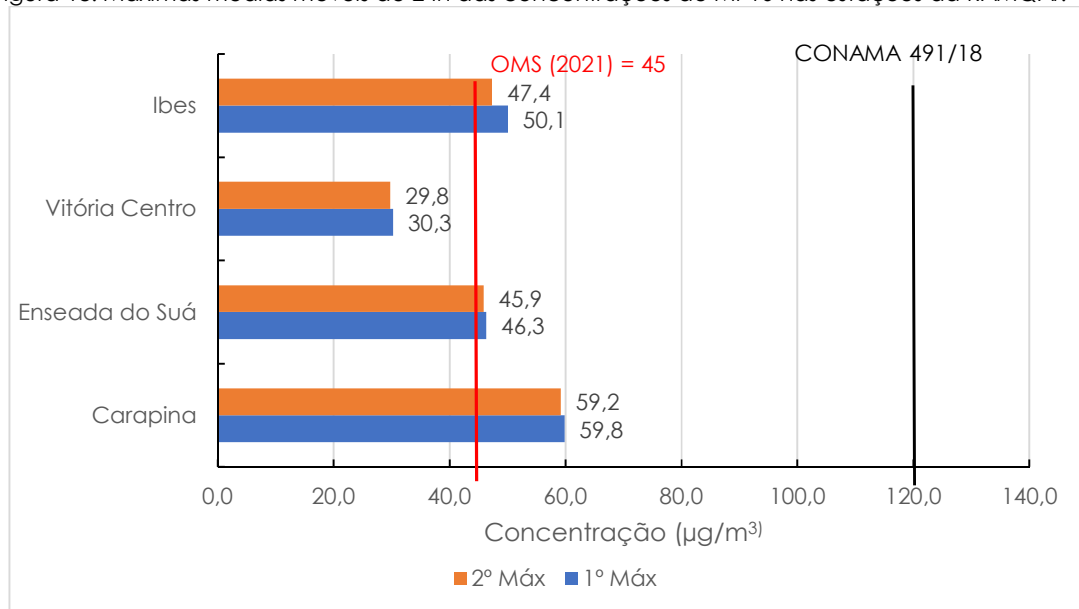
| Máxima | Laranjeiras | Carapina | Jardim Camburi | Enseada do Suá | Centro Vitória | Ibes | Centro Vila Velha | Vila Capixaba | Cidade Continental |
|---------|-------------|----------|----------------|----------------|----------------|------|-------------------|---------------|--------------------|
| 1ª Max. | - | 59,8 | - | 46,3 | 30,2 | 50,1 | - | - | - |
| 2ª Max. | - | 59,2 | - | 45,9 | 29,8 | 47,4 | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|------------------------|---|-------|---|-------|-------|------|---|---|---|
| Média Aritmética Anual | - | 20,3* | - | 17,2* | 18,0* | 20,4 | - | - | - |
|------------------------|---|-------|---|-------|-------|------|---|---|---|

* Valores não representativos

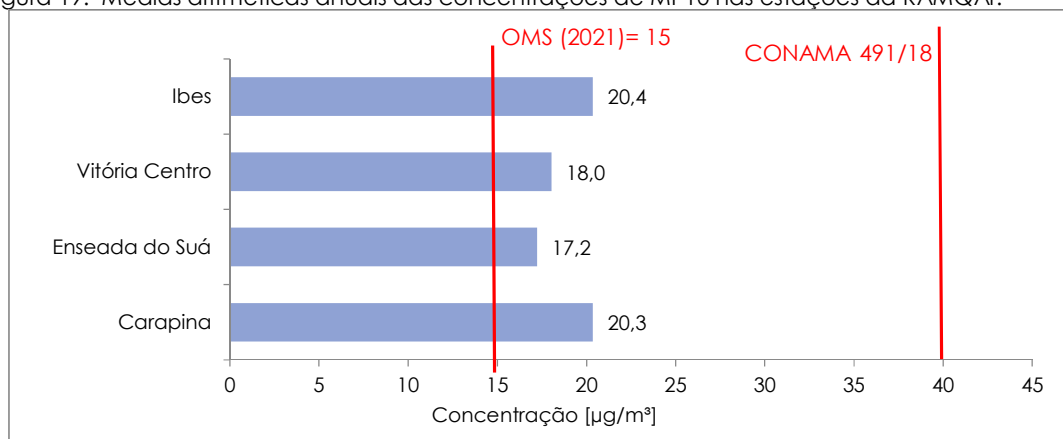
Nas Figuras 18 e 19 pode-se verificar a comparação das médias calculadas a partir dos dados monitorados com o padrão de qualidade do ar vigente e com as diretrizes recomendadas pela OMS, considerando as médias de curta (24 horas) e longa (anual) exposição.

Figura 18: Máximas médias móveis de 24h das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr.



Obs: Valores das estações Carapina, Enseada e Vitória Centro não foram representativos conforme informado na tabela 12.

Figura 19: Médias aritméticas anuais das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr.



Obs: Valores das estações Carapina, Enseada e Vitória Centro não representativos conforme informado na tabela 09

A Tabela 13 apresenta o número de ultrapassagens registradas para o poluente MP₁₀ em relação ao padrão vigente, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018, assim como em relação as diretrizes recomendadas pela OMS 2021. Neste ponto esclarece-se que o padrão CONAMA foi considerado uma vez que é mais restritivo que a meta intermediária 1 (MI1) estabelecida no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013.

Tabela 13: Registro de ultrapassagens às médias de curta e longa duração para o parâmetro MP10.

| Referencial | Duração da Exposição | Laranjeiras | Carapina | Jardim Camburi | Enseada do Suá | Centro-Vitória | Ibes | Centro-Vila Velha | Vila Capixaba | Cidade Continental |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|------|-------------------|---------------|--------------------|
| | | Número de ultrapassagens | | | | | | | | |
| Resolução CONAMA nº 491/2018 (PI-1) | 24h* | - | | | | | | - | - | - |
| OMS | 24h* | - | 65 | - | 4 | 0 | 5 | - | - | - |
| Resolução CONAMA nº 491/2018 (PI-1) | Anual** | - | Não | - | Não | Não | Não | - | - | - |
| OMS | Anual** | - | Sim | - | Sim | Sim | Sim | - | - | - |

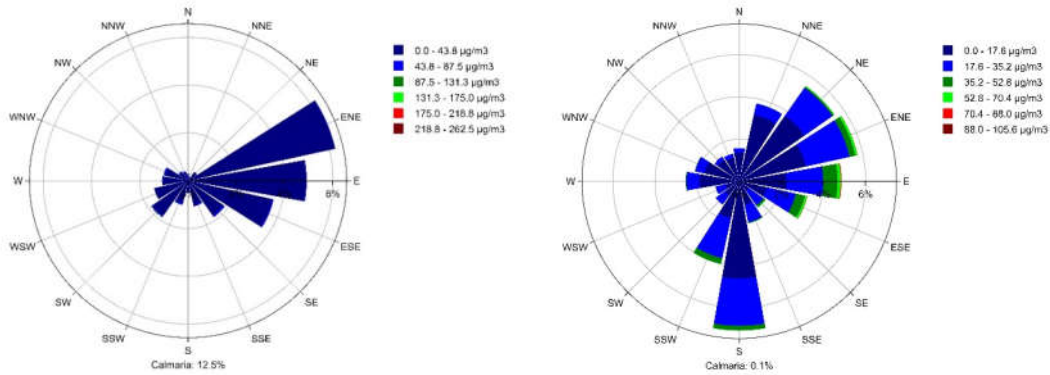
* Média Móvel de 24 horas

** Média Aritmética Anual

Cabe destacar que no ano de 2021 foram publicadas as novas Diretrizes de Qualidade do Ar pela OMS, sendo observada a vigência de limites mais restritivos quando comparados com as diretrizes anteriores (2005), que estabeleciam como limites 50 µg/m³ para curta exposição e 20 µg/m³ para longa exposição do poluente MP₁₀. Assim, é possível observar maior número de ultrapassagem dos limites em comparação com o ano anterior.

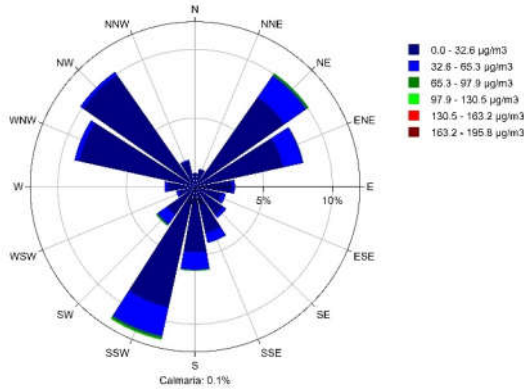
A Figura 20 apresenta a distribuição dos dados horários de concentração de MP₁₀ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. Para que seja realizada esta análise, é necessário que as estações monitorem dados de direção e velocidade dos ventos, além de dados de concentração de poluentes.

Figura 20: Distribuição das médias horárias das concentrações de MP₁₀ em relação a direção do vento registrado nas estações (a) EMQAr – RGV2, (b) EMQAr – RGV4 e (c) EMQAr – RGV6.



(a) Rosa de Poluentes - MP₁₀
EMQAr – RGV2 (Carapina)

(b) Rosa de Poluentes - MP₁₀
EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá)

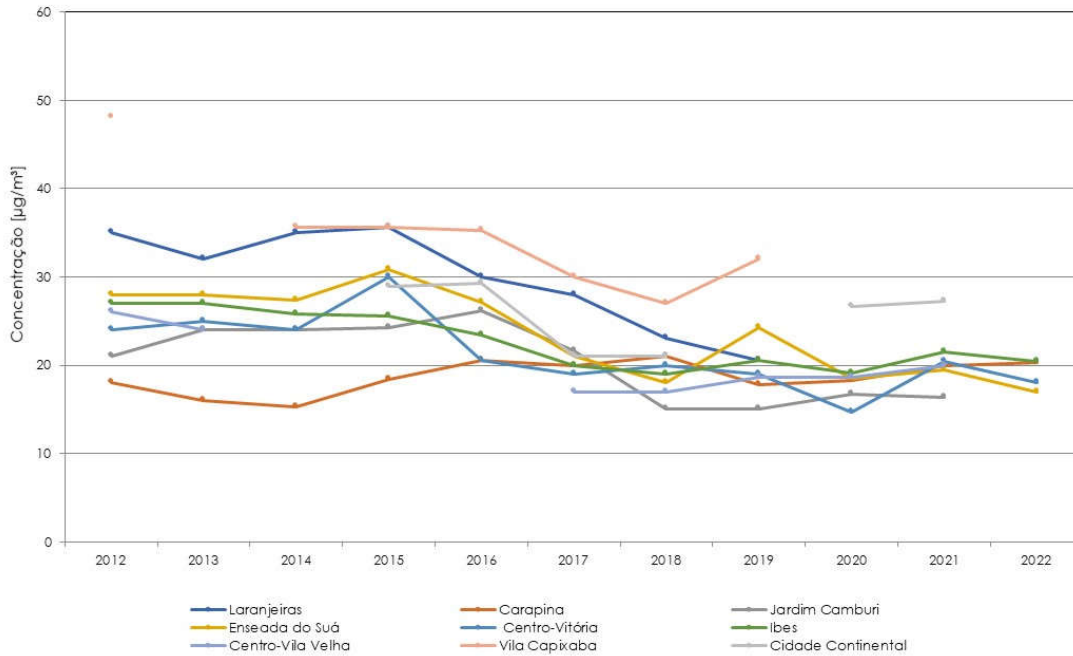


(c) Rosa de Poluentes - MP₁₀
EMQAr – RGV6 (Vila Velha - Ibes)

Conforme pode ser observado nas figuras acima, a estação Carapina teve maiores concentrações do poluente com teve predominância de ventos na direção Nordeste. A estação Enseada do Suá teve maiores concentrações com ventos nos quadrantes Sul e Nordeste. A Estação Ibes apresentou concentrações significativas em ventos do quadrante sudeste.

A Figura 21 apresenta a série histórica de monitoramento, registrada para o poluente MP₁₀ nas estações da RAMQAr.

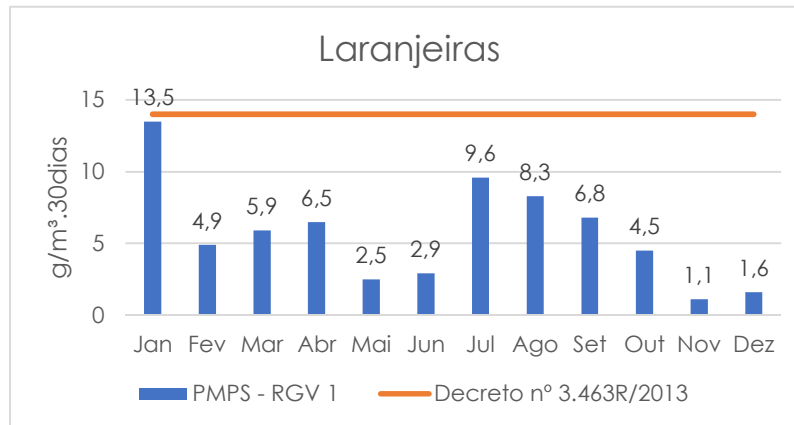
Figura 21: Séries históricas das médias aritméticas anuais das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr.



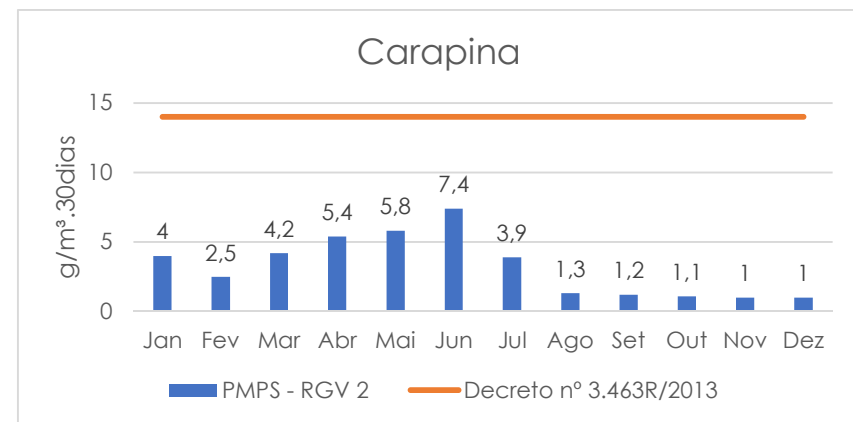
6.1.3 Poeira Sedimentável (PS)

As figuras 22 a 25 mostram as medições de Poeira Sedimentável (PS), registradas nas estações que compõem a Rede Manual de poeira sedimentável da Grande Vitória (RMPS). Com base nos valores registrados e ao padrão vigente para esse poluente (MI1-ES do Decreto nº 3.463R/2013), cujo valor é de 14 g/m².30dias, para o ano de 2022 foram observadas ultrapassagens apenas na estação Vitória Centro, onde no mês de março a estação registrou uma taxa de 17,9 g/m².30dias.

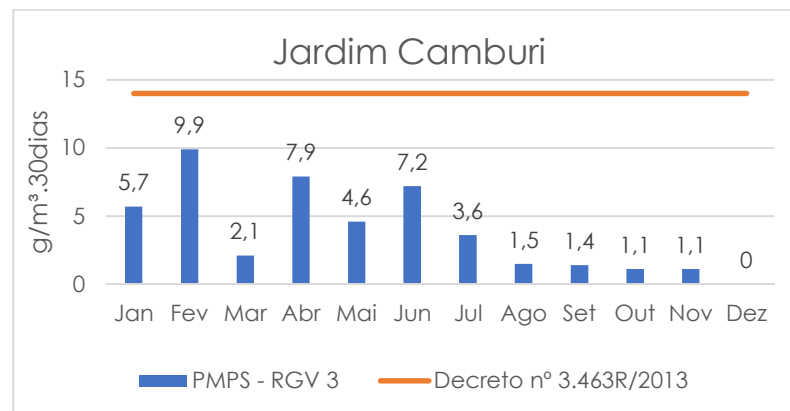
A Figura 26 a 33 apresenta a série histórica de monitoramento a partir de abril de 2017 para este parâmetro nas estações da RMP.

Figura 22: Taxa de deposição de partículas (g/m³.30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS (continua).

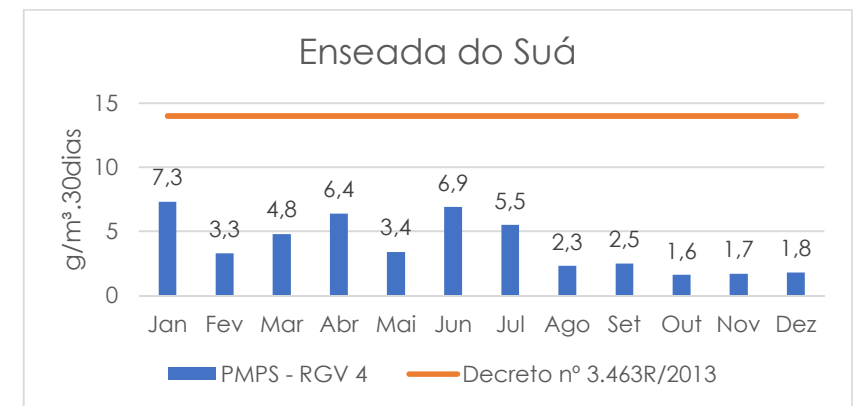
(a) PMPS – RGV1 - Laranjeiras



(b) PMPS – RGV2 - Carapina

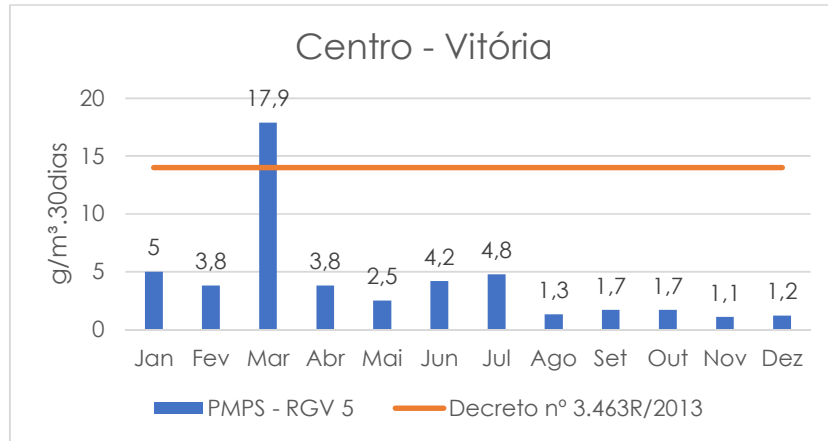


(c) PMPS – RGV3 - Jardim Camburi

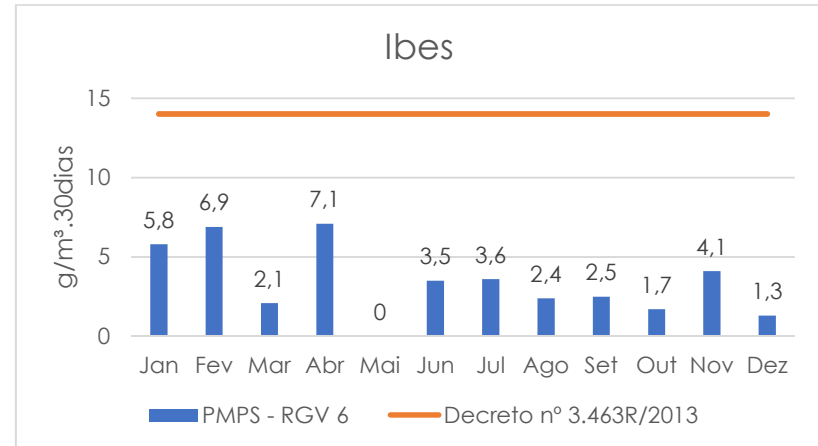


(d) PMPS – RGV4 - Enseada do Suá

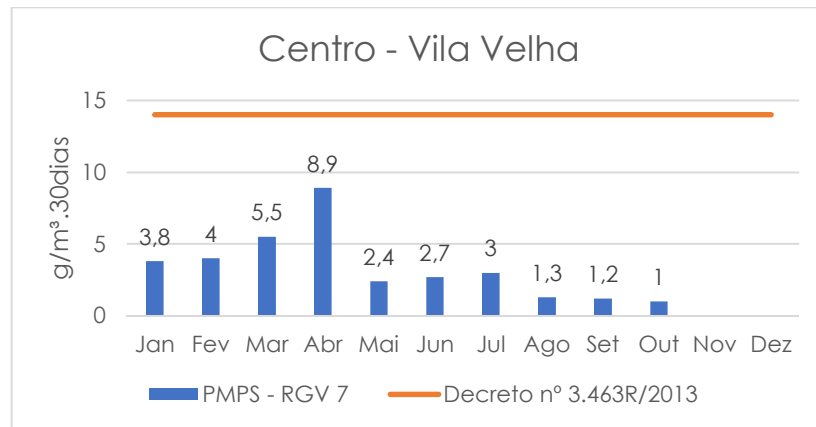
Figura 23: Taxa de deposição de partículas (g/m².30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS (continua).



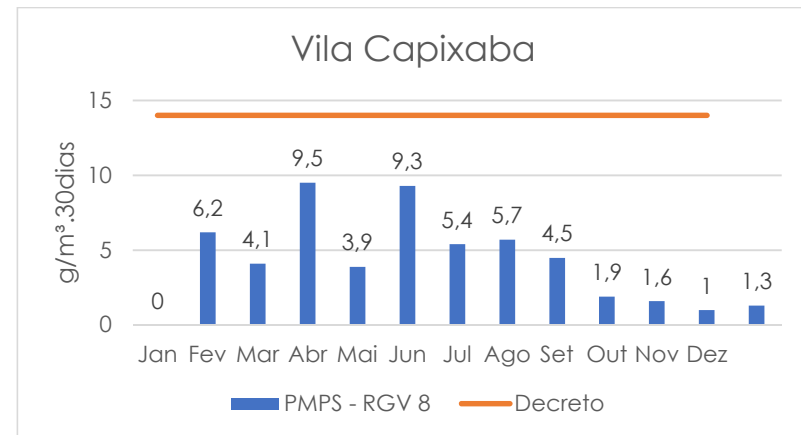
(e) PMPS – RGV5 – Vitória - Centro



(f) PMPS – RGV6 – Vila Velha - Ibes

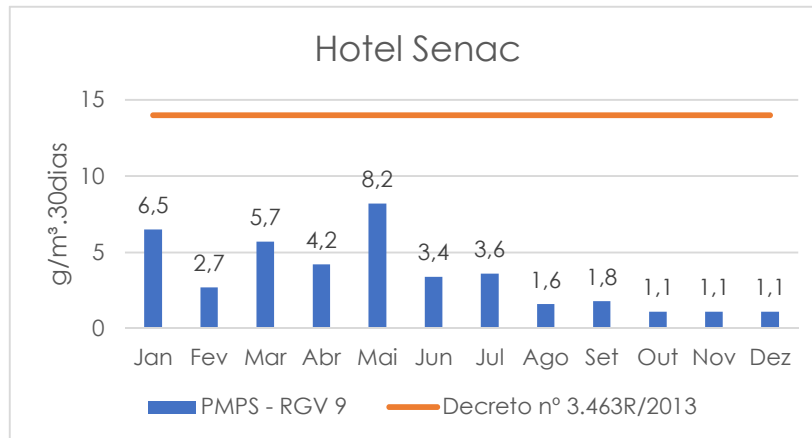


(g) PMPS – RGV7 – Vila Velha - Centro

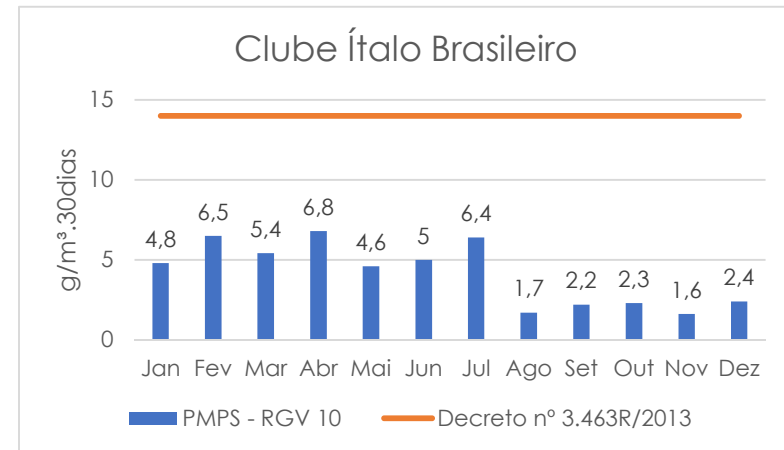


(h) PMPS – RGV8 - Vila Capixaba

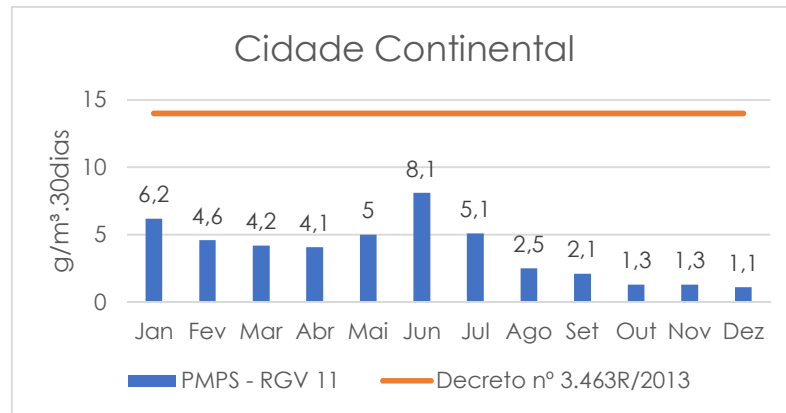
Figura 24: Taxa de deposição de partículas (g/m².30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS (continua).



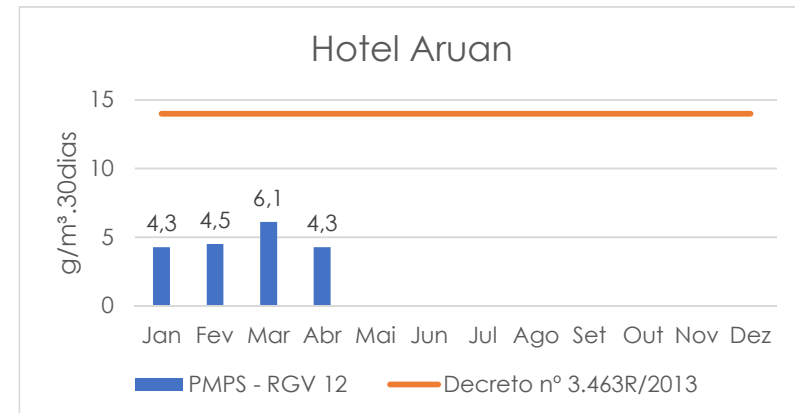
(i) PMPS – RGV9 – Hotel SENAC



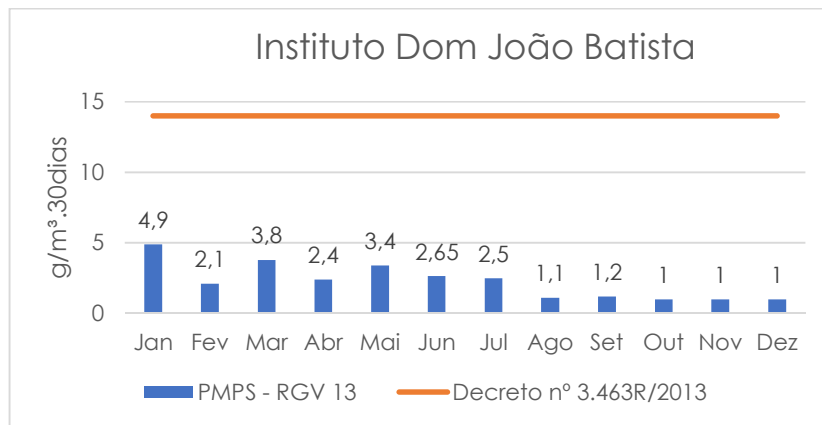
(j) PMPS – RGV10 - Clube Ítalo



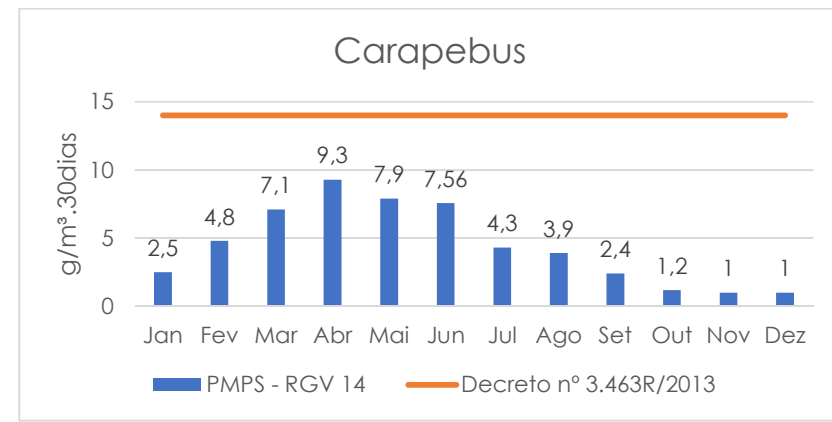
(k) PMPS – RGV11 – Cidade Continental



(l) PMPS – RGV12 – Hotel Aruan

Figura 25: Taxa de deposição de partículas (g/m².30 dias) nas estações de monitoramento de poeira sedimentável nas estações da RMPS.

(m) PMPS – RGV13 – Instituto Dom João Batista



(l) PMPS – RGV14 – Carapebus

Figura 26: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).

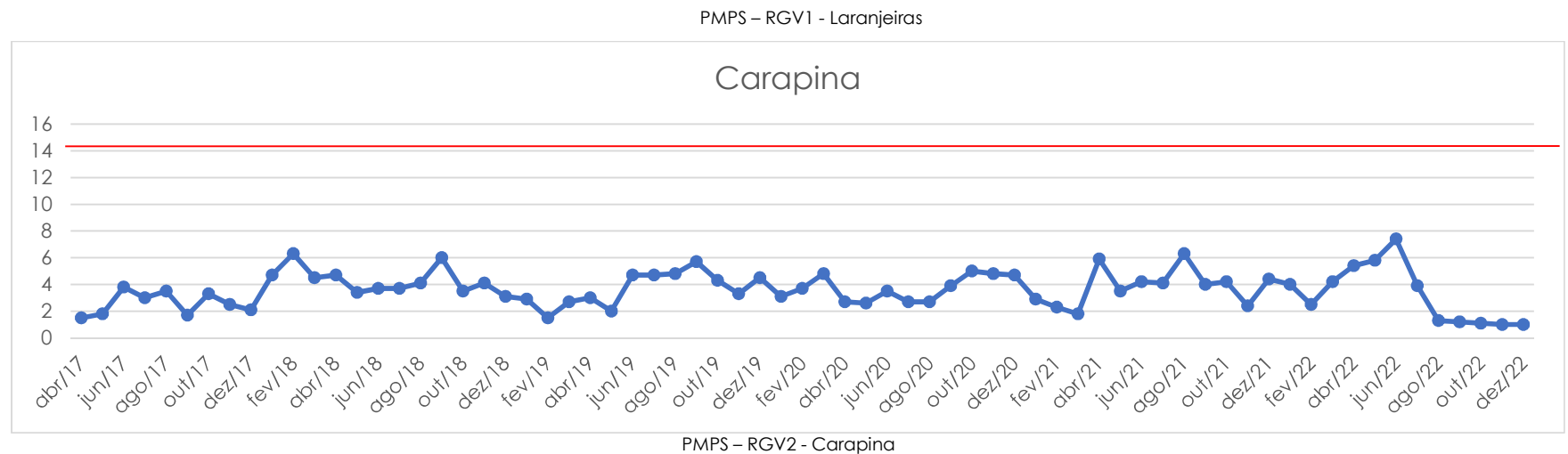
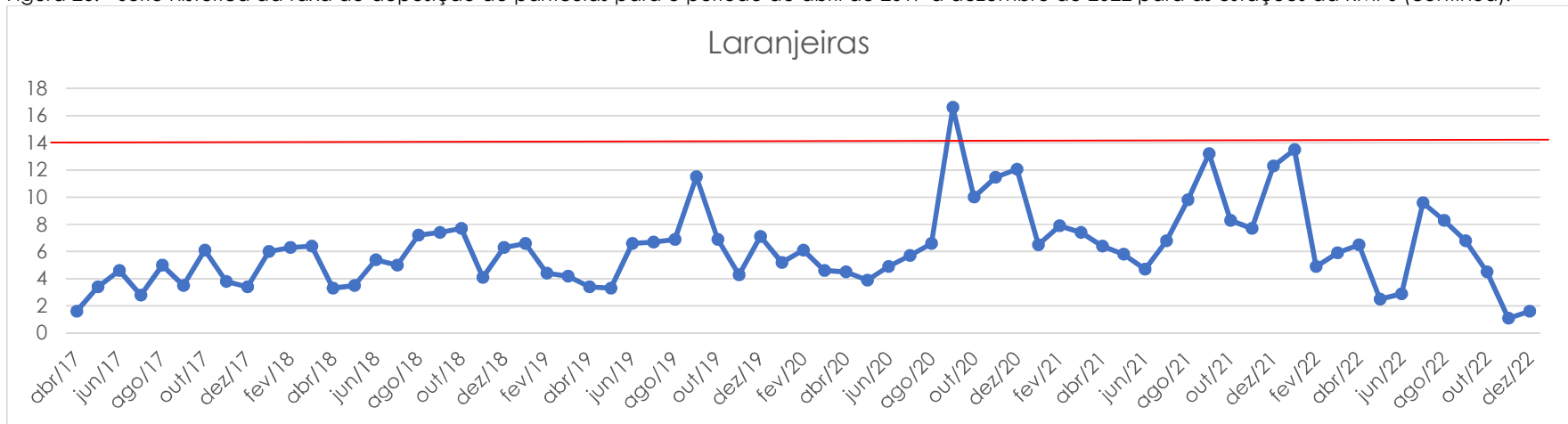


Figura 27: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).

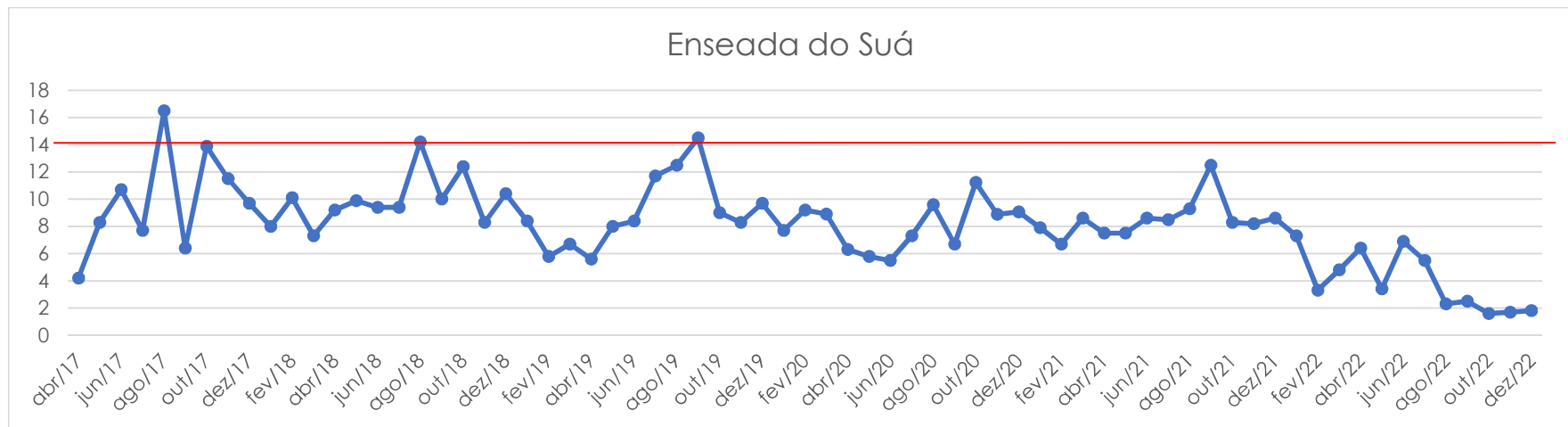
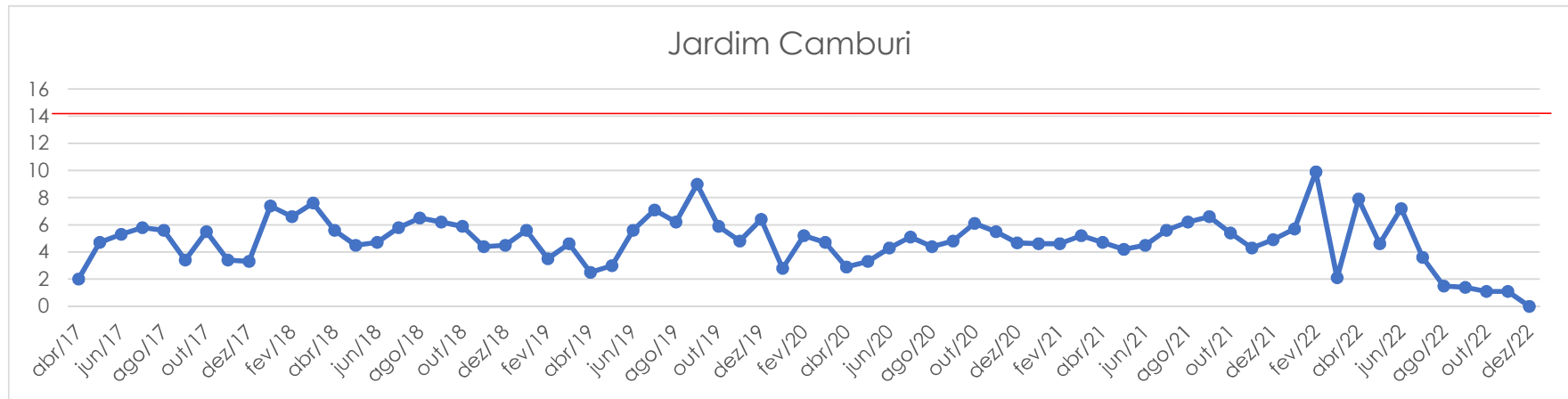
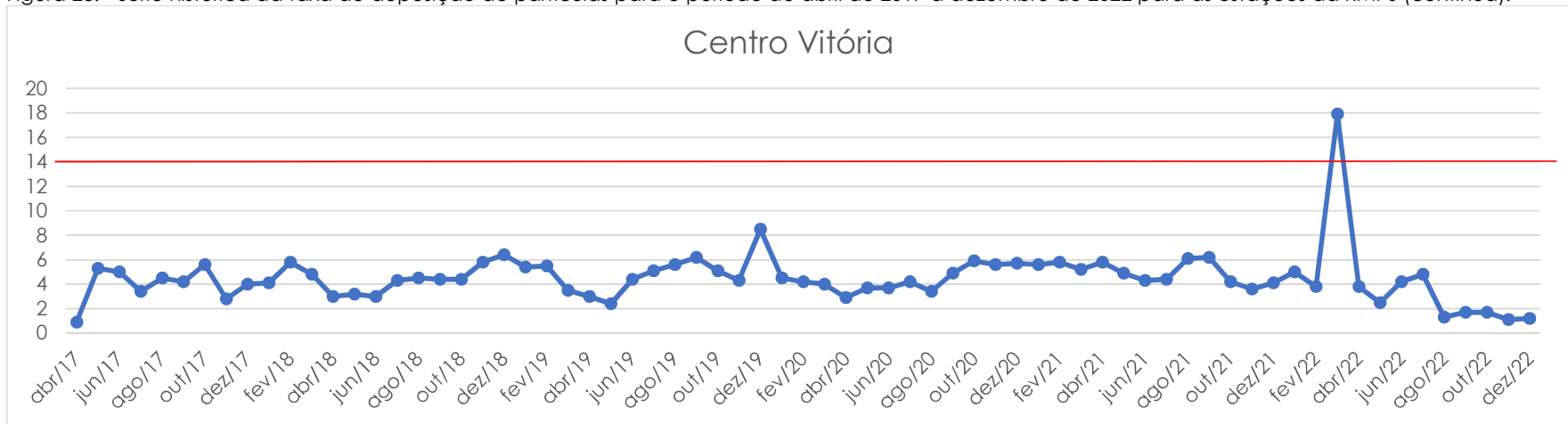
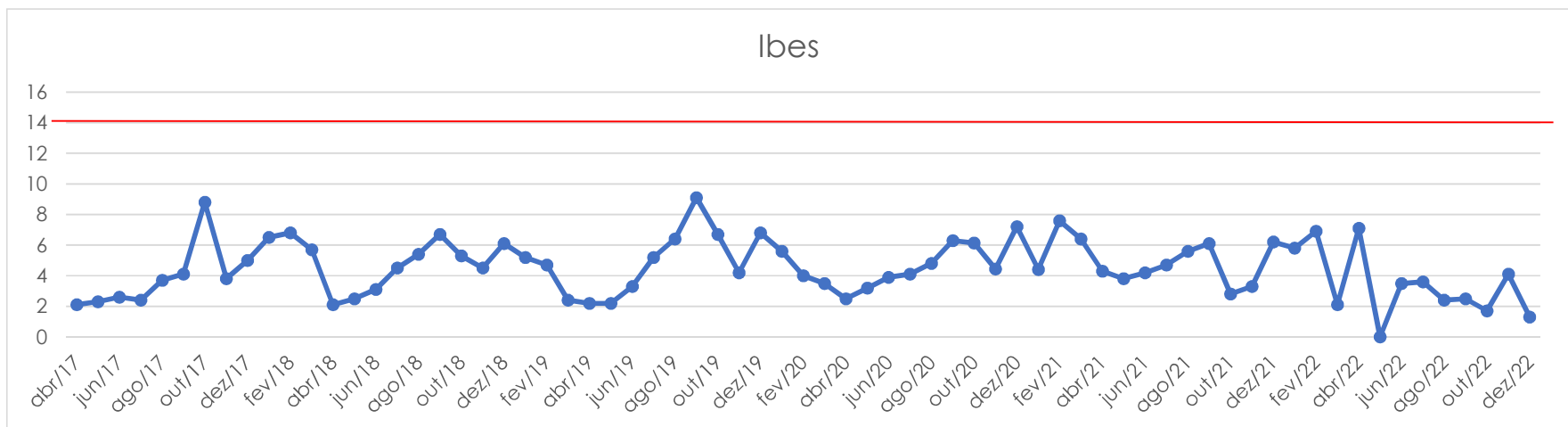


Figura 28: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).

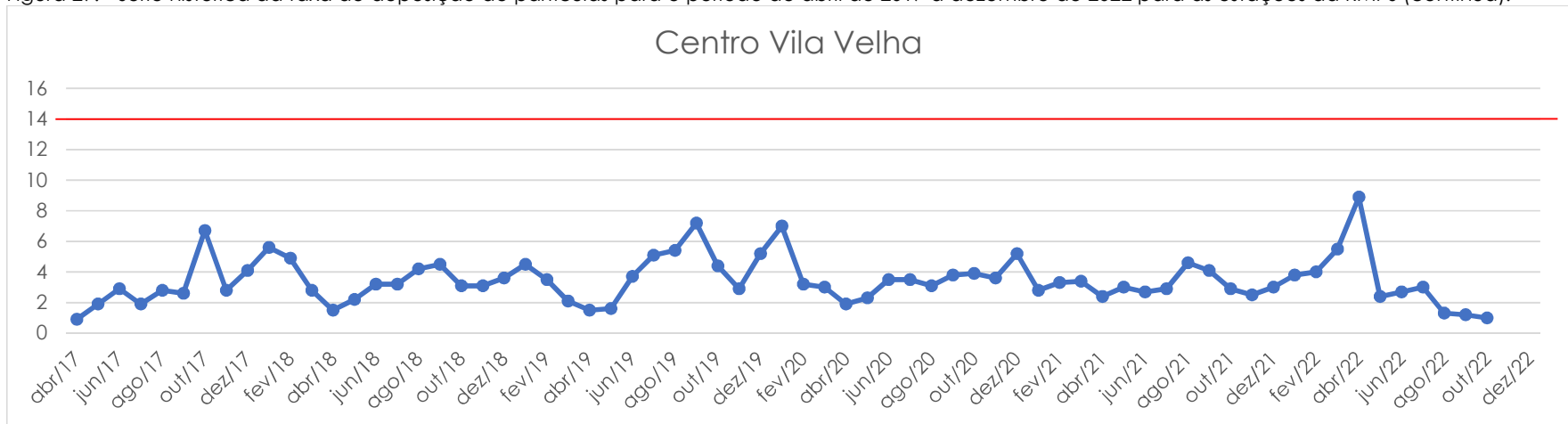


PMPS – RGV5 - Vitória-Centro

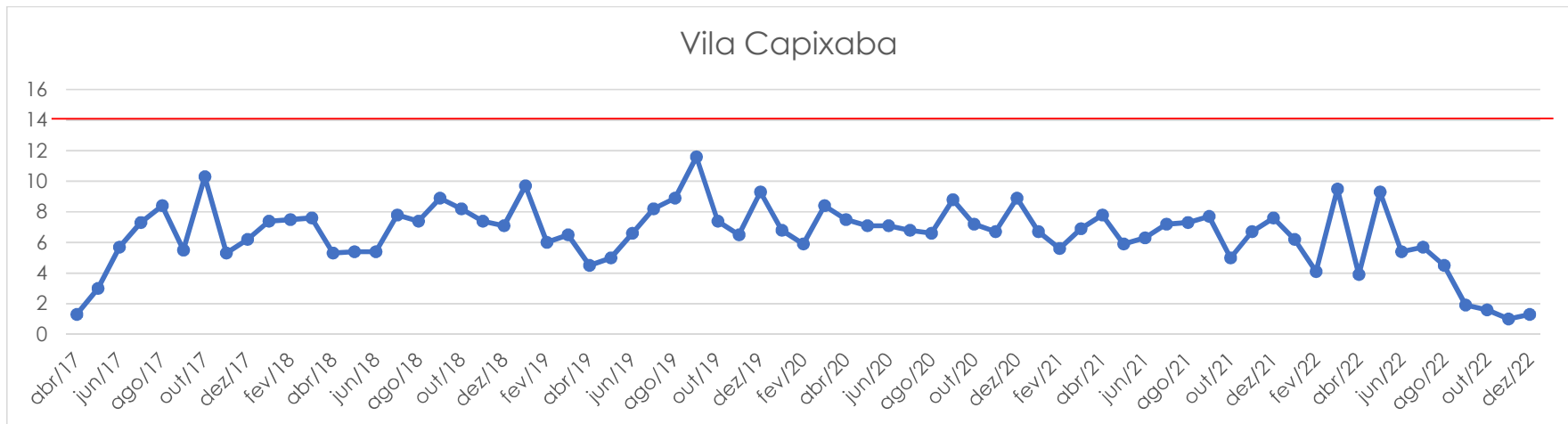


PMPS – RGV6 - Vila Velha-Ibes

Figura 29: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).

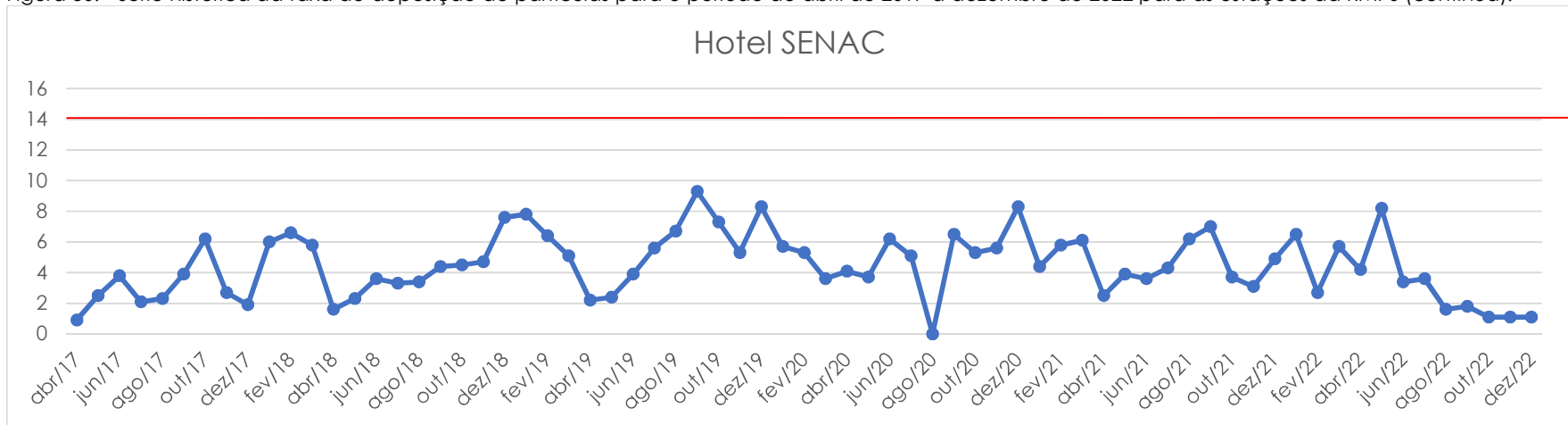


PMPS – RGV7 - Vila Velha-Centro

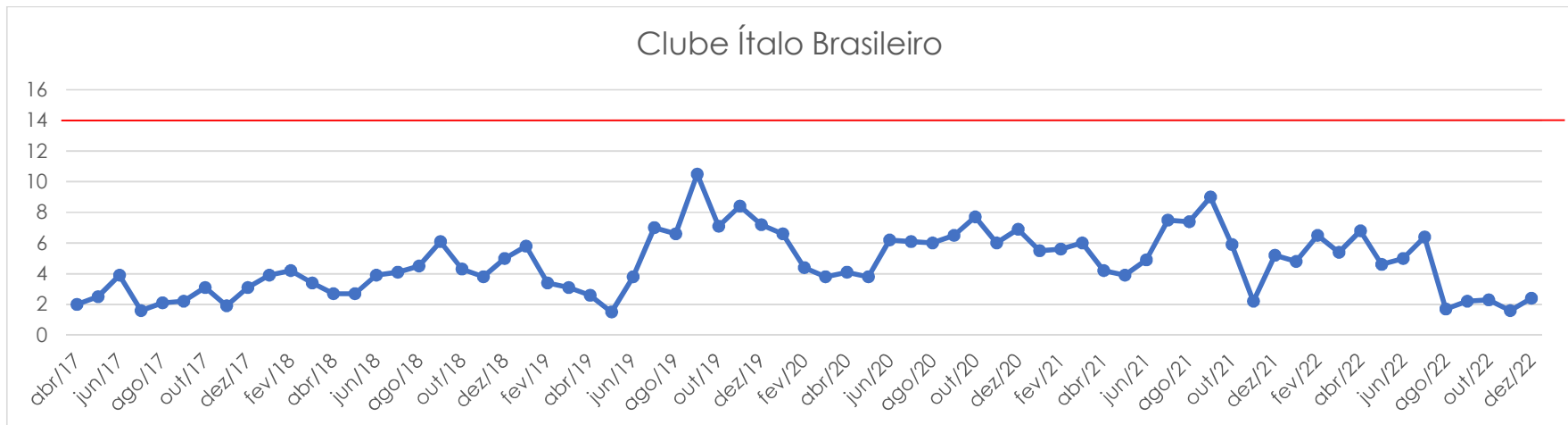


PMPS – RGV8 - Vila Capixaba

Figura 30: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).



PMPS – RGV9 - Hotel Senac



PMPS – RGV10 - Clube Ítalo

Figura 31: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).

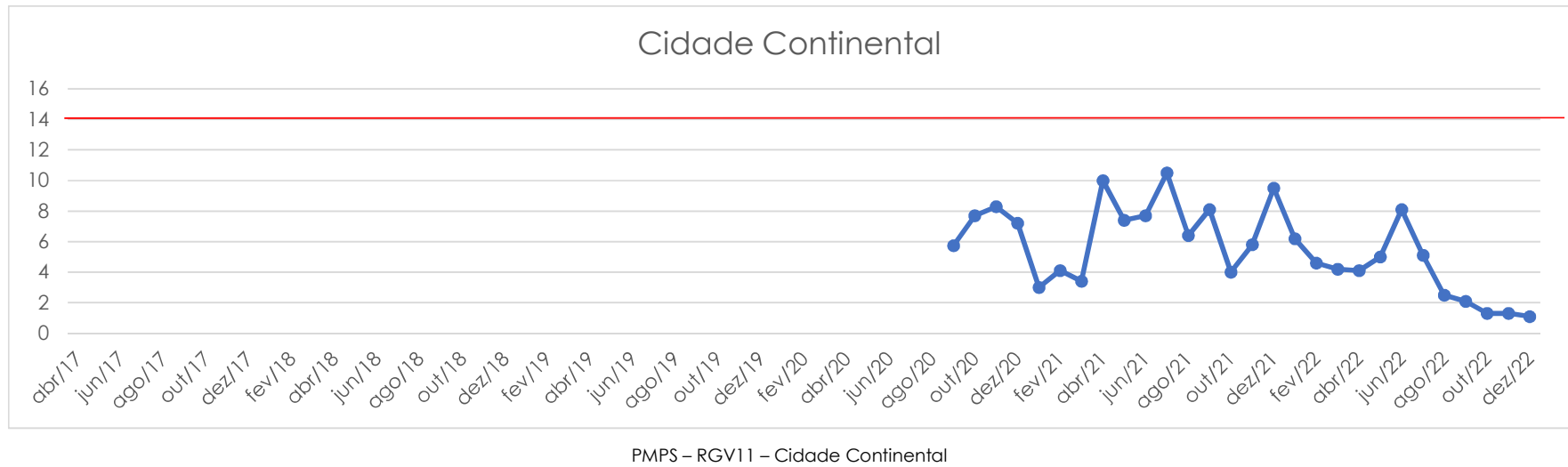
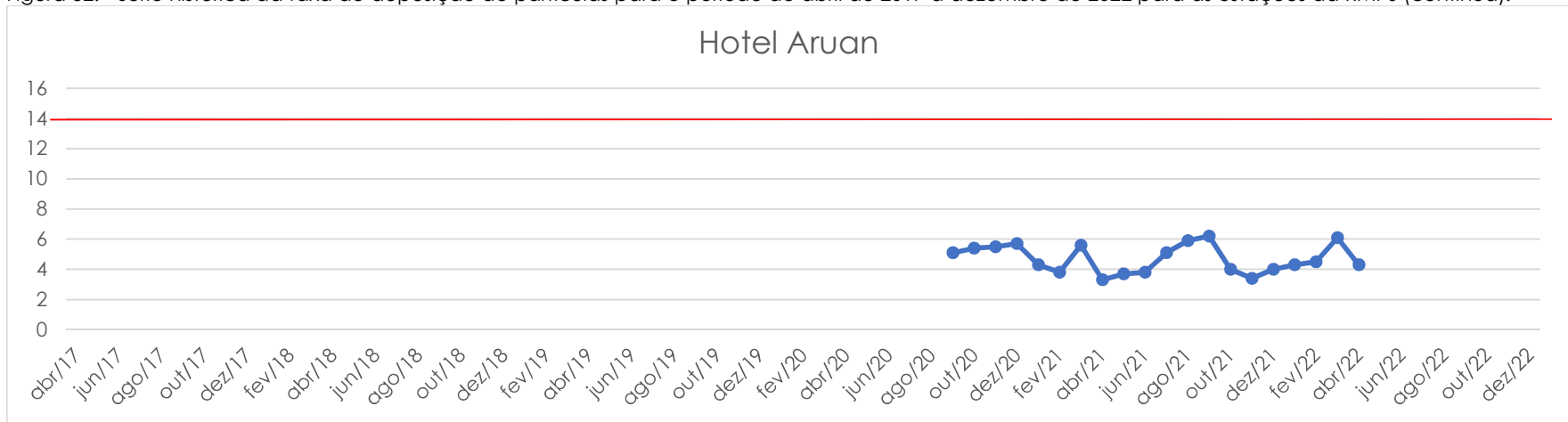
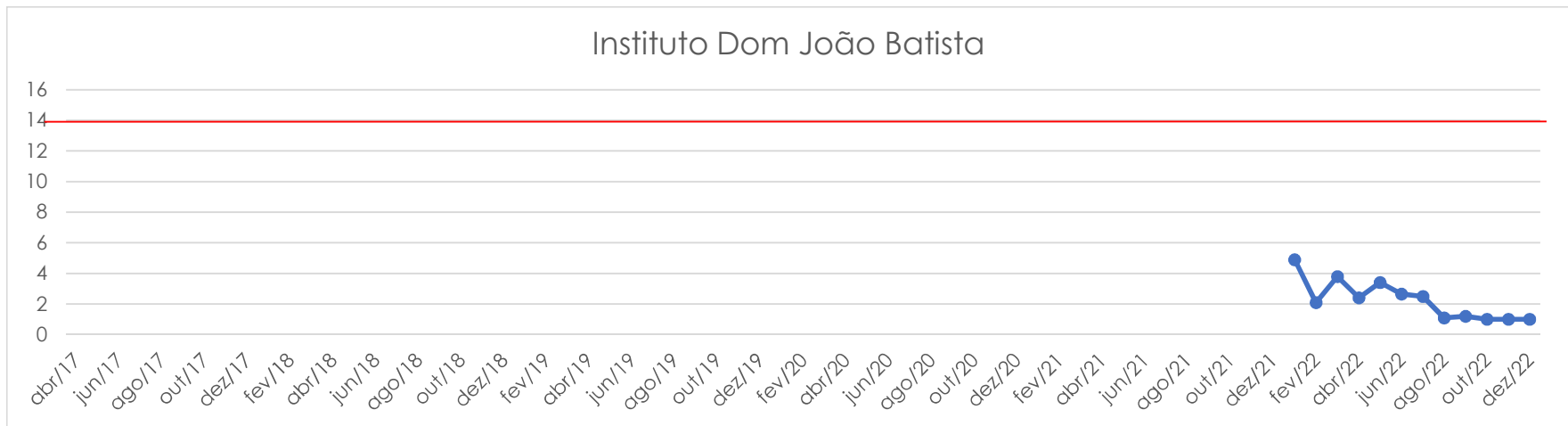


Figura 32: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).

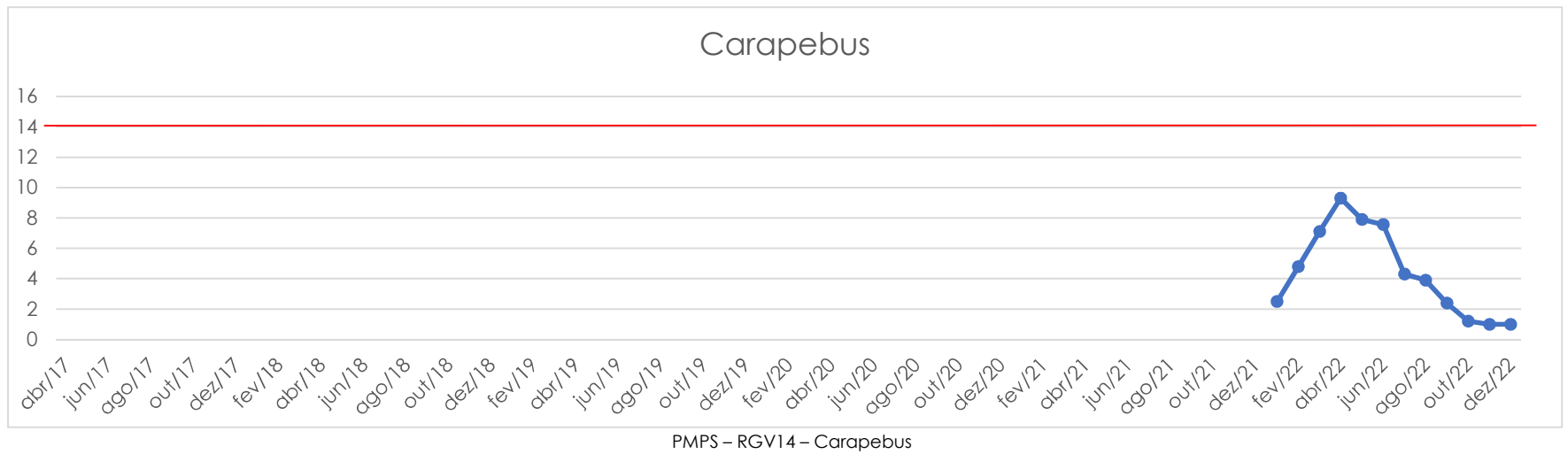


PMPS – RGV12 – Hotel Aruan



PMPS – RGV13 – Instituto Dom João Batista

Figura 33: - Série histórica da taxa de deposição de partículas para o período de abril de 2017 a dezembro de 2022 para as estações da RMPS (continua).



Observadas as taxas de deposição de Poeira sedimentável registradas entre os meses de janeiro e dezembro/2022, verificou-se uma ultrapassagem do limite estabelecido pelo decreto 3463-R/2013 na estação Vitória Centro no mês de março/2022.

Cumprir destacar que entre os meses de Agosto e Dezembro/2022 foi observada uma sensível redução das taxas de deposição de poeira sedimentável em comparação com o ano anterior. Tal redução dos níveis tem sido objeto de acompanhamento deste IEMA.

6.2 Dióxido de Enxofre (SO₂)

A Tabela 14 apresenta as máximas médias de 24 horas e as médias aritméticas anuais (MAA) obtidas a partir dos dados registrados nas estações para o ano de 2022 para SO₂.

Tabela 14: Valores das máximas médias móveis de 24 horas e da MAA de concentração de SO₂ (µg/m³).

| Máxima | Laranjeiras | Jardim Camburi | Enseada do Suá | Centro Vitória | Ibes | Centro Vila Velha | Vila Capixaba | Cidade Continental** |
|---------|-------------|----------------|----------------|----------------|------|-------------------|---------------|----------------------|
| 1ª Max. | - | 31,5 | 19,9 | 17,9 | 22,0 | - | - | 2,1 |
| 2ª Max. | - | 31,4 | 19,8 | 17,8 | 22,0 | - | - | 2,1 |
| MAA | - | 2,7 | 3,6 | 3,7 | 4,4 | - | - | 1,0 |

Valores não Representativos

** A estação Cidade Continental teve o monitoramento interrompido para o parâmetro SO₂, causando assim a baixa disponibilidade de dados válidos no período.

Nos Figuras 34 e 35 pode-se verificar a comparação das médias calculadas a partir dos dados monitorados com o padrão de qualidade do ar vigente (MI1-ES), considerando as médias de curta (24 horas) e longa (anual) exposição.

Figura 34: Máximas médias móveis de 24h das concentrações de SO₂ nas estações da RAMQAr.

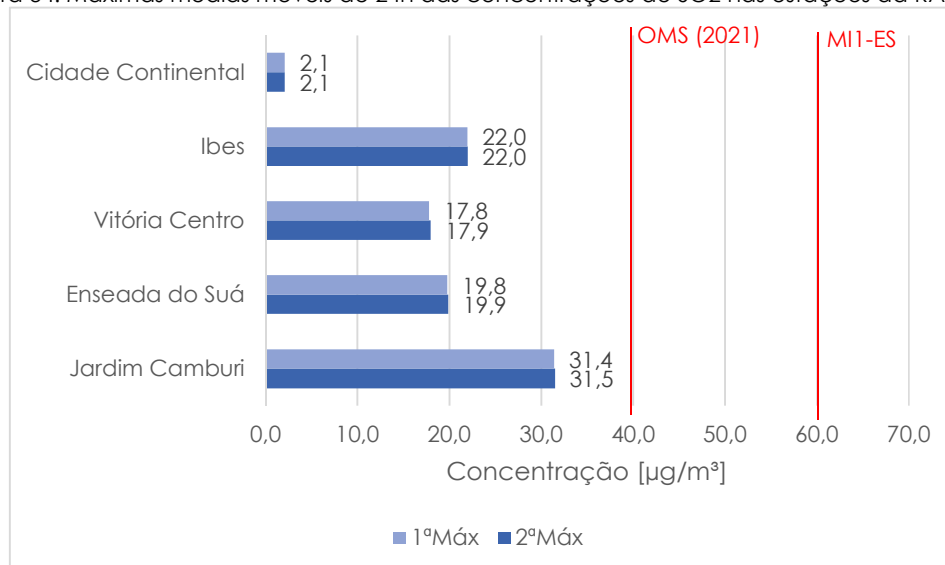
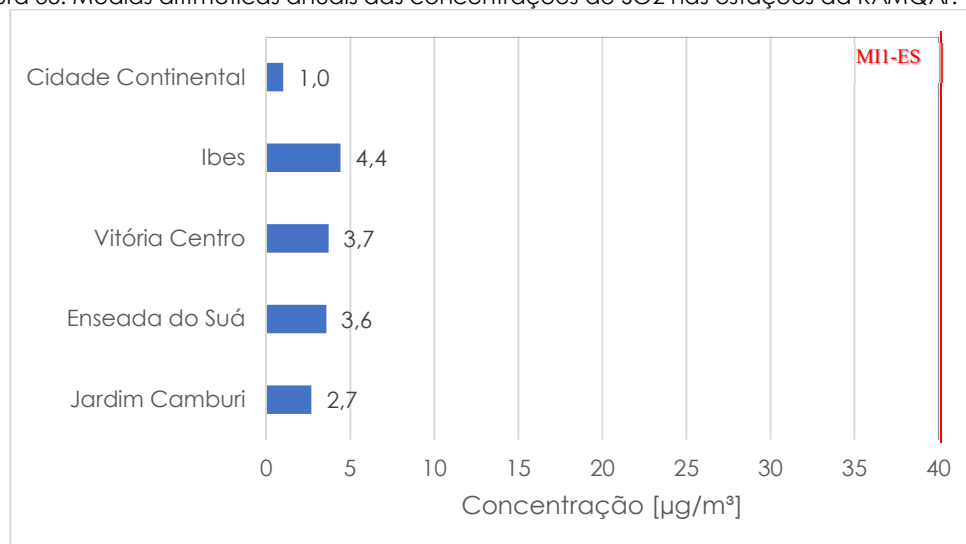


Figura 35: Médias aritméticas anuais das concentrações de SO₂ nas estações da RAMQAr.

A média de 24 horas mais elevada de SO₂ foi registrada na EMQAr – RGV3 (Jardim Camburi), com o valor de 31,5 µg/m³.

A Tabela 15 apresenta o número de ultrapassagens registradas para o poluente SO₂ em relação à legislação vigente (MI1- ES) e às diretrizes da OMS.

Tabela 15: Número ultrapassagens aos valores limites de concentração de SO₂.

| Referencial | Duração da Exposição | Laranjeiras | Jardim Camburi | Enseada do Suá | Centro-Vitória | Ibes | Centro-Vila Velha | Vila Capixaba | Cidade Continental |
|-------------|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|------|-------------------|---------------|--------------------|
| | | Número de ultrapassagens | | | | | | | |
| MI1-ES | Anual** | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Não |
| MI1-ES | 24 horas* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| OMS | 24 horas* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

* Média Móvel de 24 horas

** Média Aritmética Anual

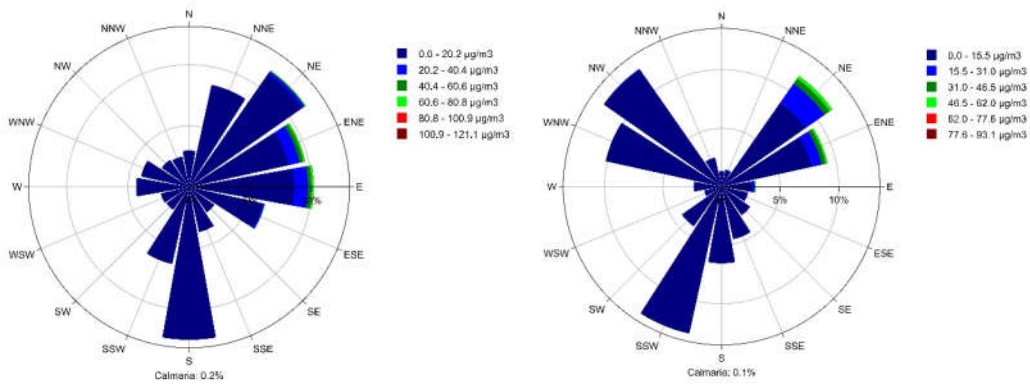
Observadas as diretrizes OMS de 2021 e as médias anuais registradas em todas as estações para o poluente SO₂, informamos que não foram observadas ultrapassagens.

Cabe destacar que no ano de 2021 foram publicadas as novas Diretrizes de Qualidade do Ar pela OMS, sendo observada a vigência de limites menos restritivos para o poluente SO₂ quando comparados com as diretrizes anteriores (2005), que estabeleciam como limites 20 µg/m³ para curta e longa exposição. Assim, é possível observar a redução do número de ultrapassagens para o poluente em comparação com o ano anterior.

A Figura 36 apresenta a distribuição dos dados horários de concentração de SO₂ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. Para que seja realizada esta análise, é necessário que as estações monitorem dados de direção e velocidade dos ventos, além de dados de concentração de poluentes.

Pode-se observar a influência da direção do vento nos valores de concentração de SO_2 monitorados, onde verifica-se que as maiores concentrações registradas estão associadas a ventos provenientes do quadrante norte-leste, utilizando o ponto de localização da estação como referência.

Figura 36: Perfil das médias horárias das concentrações de SO_2 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).



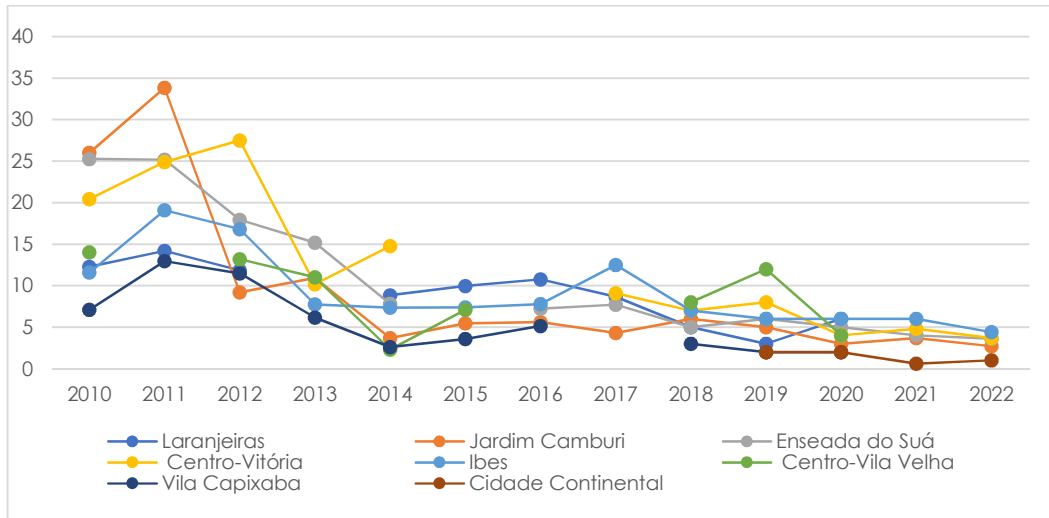
(a) Rosa de Poluentes – SO_2
EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá)

(b) Rosa de Poluentes – SO_2
EMQAr – RGV6 (Ibes)

A estação Enseada do Suá registrou no período a predominância de ventos sul e Nordeste, com maiores concentrações observadas no quadrante Nordeste. A estação Ibes registrou uma predominância de ventos sudoeste e Nordeste, sendo verificada maiores concentrações de ventos no quadrante Nordeste.

O registro histórico das médias anuais da concentração de SO_2 monitoradas nas estações da RAMQAr pode ser visualizado na Figura 37.

Figura 37: Séries históricas das médias aritméticas anuais da concentração de SO_2 nas estações da RAMQAr.



6.3 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

A Tabela 16 apresenta as máximas médias horárias e as médias aritméticas anuais (MAA) obtidas a partir dos dados registrados nas estações para o ano de 2022 para NO₂.

Tabela 16: Valores das máximas médias horárias e da MAA das concentrações de NO₂ (µg/m³).

| Referencial | Laranjeiras | Jardim Camburi | Enseada do Suá | Ibes | Vila Capixaba | Cidade Continental |
|------------------------|-------------|----------------|----------------|------|---------------|--------------------|
| 1ª Max. | 43,0 | 39,4 | 60,8 | 44,3 | 61,6 | 26,0 |
| 2ª Max. | 43,0 | 39,3 | 60,4 | 44,1 | 61,5 | 25,9 |
| Média Aritmética Anual | 19,7 | 17,3 | 20,2 | 15,9 | 24,6 | 7,7 |

Nos Gráficos 38 e 39 pode-se verificar a comparação das médias calculadas a partir dos dados monitorados com o padrão de qualidade do ar vigente (MI1-ES) e OMS 2021, considerando as médias de curta (1 hora) e longa (anual) exposição.

Figura 38: Máximas médias de 1h das concentrações de NO₂ nas estações da RAMQAr.

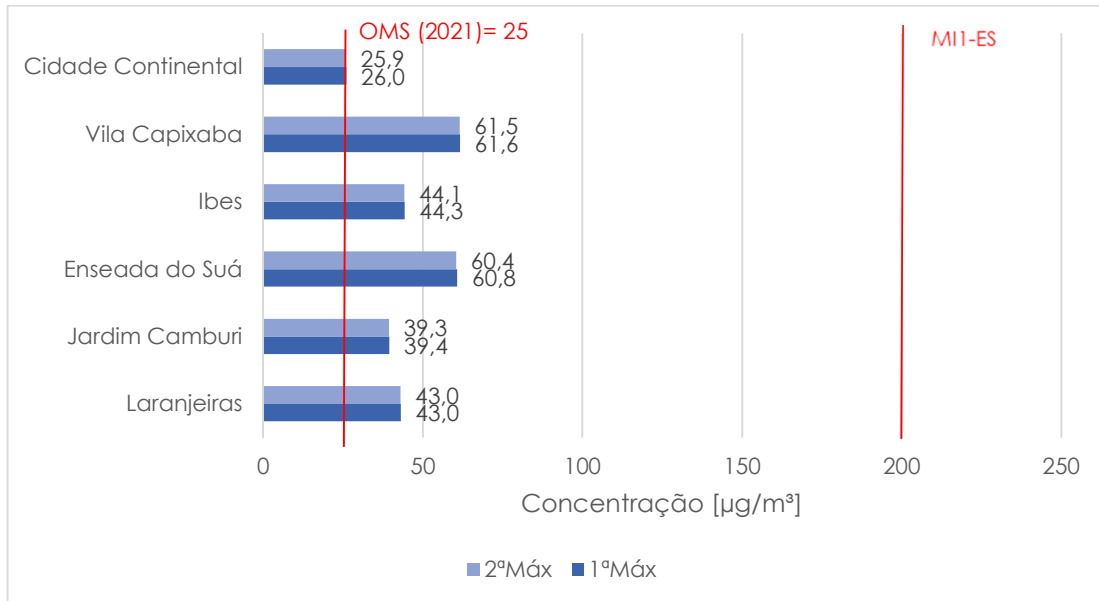
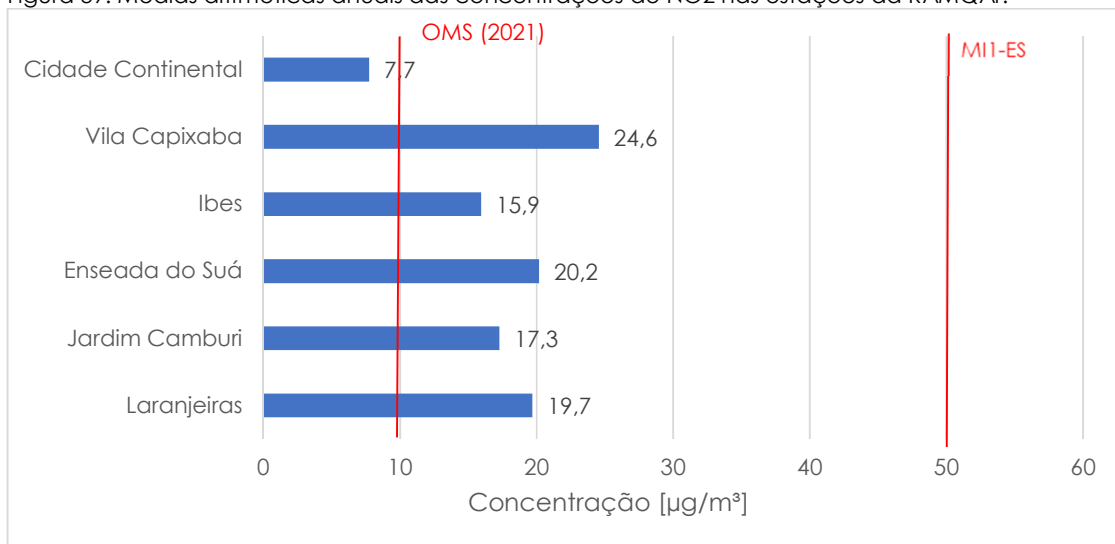


Figura 39: Médias aritméticas anuais das concentrações de NO₂ nas estações da RAMQAr.



Cabe destacar que no ano de 2021 foram publicadas as novas Diretrizes de Qualidade do Ar pela OMS, sendo observada a vigência de limites mais restritivos quando comparados com as diretrizes anteriores (2005), que estabeleciam como limites 200 µg/m³ para curta exposição e 40 µg/m³ para longa exposição. Assim, é possível observar maior número de ultrapassagens dos limites OMS em comparação com o ano anterior.

A Tabela 17 apresenta o número de ultrapassagens registradas para o poluente SO₂ em relação à legislação vigente (MI1- ES) e às diretrizes da OMS.

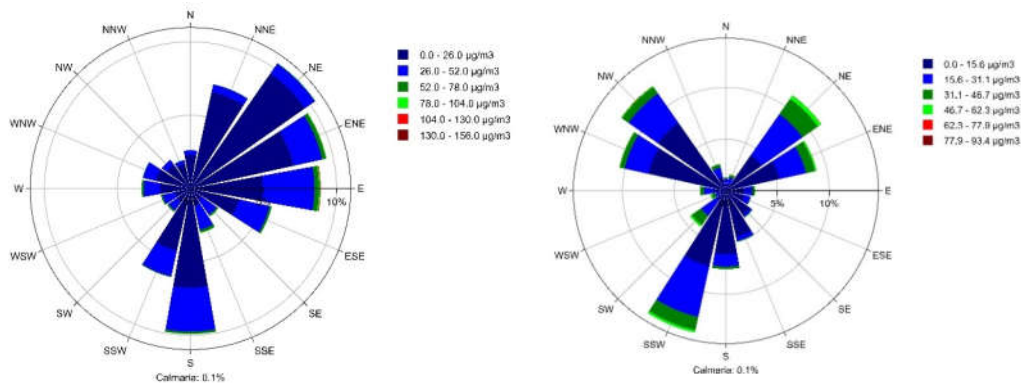
Tabela 17: Número ultrapassagens aos valores limites de concentração de NO₂.

| Referencial | Duração da Exposição | Laranjeiras | Jardim Camburi | Enseada do Suá | Ibes | Vila Capixaba | Cidade Continental |
|-------------|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|------|---------------|--------------------|
| | | Número de ultrapassagens | | | | | |
| MI1-ES | Anual** | Não | Não | Não | Não | Não | Não |
| MI1-ES | 24 horas* | 0 | 19 | 0 | 0 | 101 | 0 |
| OMS | 24 horas* | 1878 | 975 | 1524 | 750 | 3839 | 4 |

* Média móvel de 24h
 ** Média Aritmética Anual

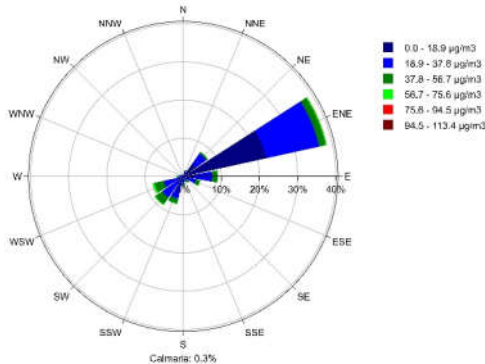
A Figura 40 apresenta a distribuição dos dados horários de concentração de NO₂ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. Para que seja realizada esta análise, é necessário que as estações monitorem dados de direção e velocidade dos ventos, além de dados de concentração de poluentes.

Figura 40: Perfil das médias horárias da concentração de NO₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).



(a) Rosa de Poluentes – NO₂ EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá)

(b) Rosa de Poluentes – NO₂ EMQAr – RGV6 (Ibes)

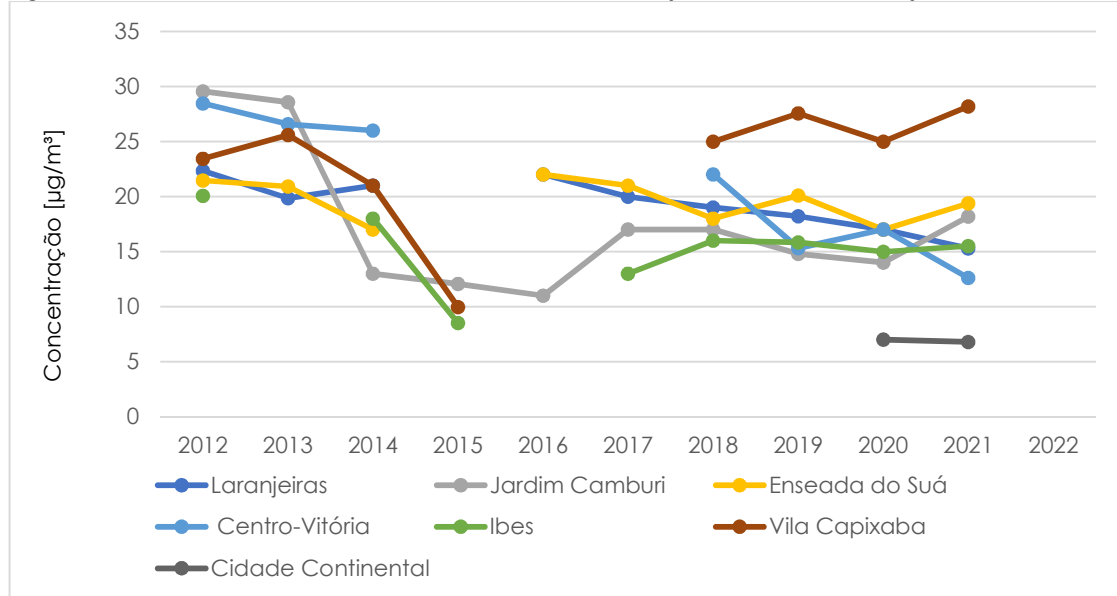


(c) Rosa de Poluentes – NO₂ EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba)

As figuras acima indicam para a estação Enseada do Suá influência dos ventos Nordeste e Sul, sendo observadas maiores concentrações no quadrante Nordeste. A estação Ibes apresentou maiores concentrações com predominância em ventos sudoeste e nordeste. A estação Vila Capixaba apresentou maiores concentrações em ventos Nordeste.

O registro histórico das médias anuais de NO₂ monitoradas nas estações da RAMQAR pode ser visualizado na Figura 41.

Figura 41: Séries históricas das médias anuais das concentrações de NO₂ nas estações RAMQAR.



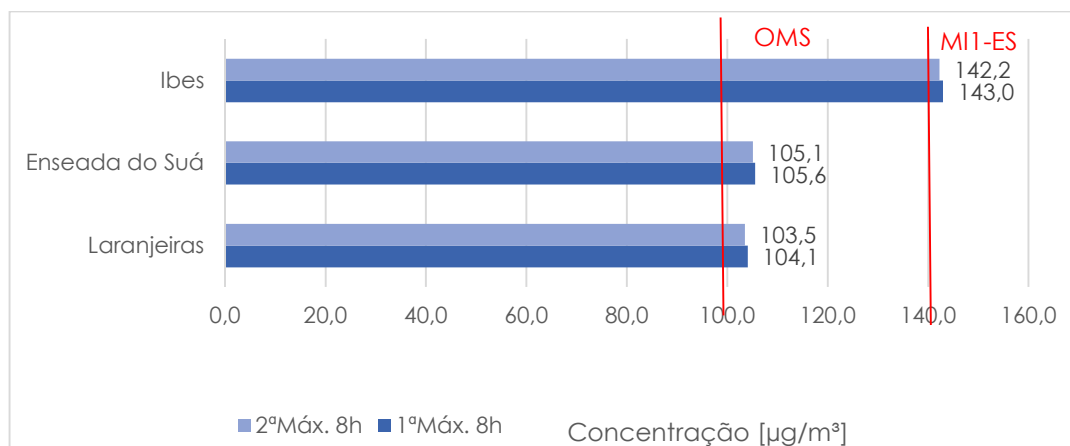
6.4 Ozônio (O₃)

A Tabela 18 apresenta as máximas médias de 8 horas e as médias aritméticas anuais (MAA) obtidas a partir dos dados registrados nas estações para o ano de 2022 para O₃.

Tabela 18: Máximas médias de 8h das concentrações de O₃ em (µg/m³).

| Referencial | Laranjeiras | Enseada do Suá | Ibes |
|--------------|-------------|----------------|-------|
| 1ª Max. (8h) | 104,1 | 105,6 | 143,0 |
| 2ª Max. (8h) | 103,5 | 105,1 | 142,2 |

No Figura 42 pode-se verificar a comparação das médias calculadas a partir dos dados monitorados com o padrão de qualidade do ar vigente (MI1-ES), considerando as médias de 8 horas.

Figura 42: Máximas médias móveis de 8h para as concentrações de O₃ nas estações da RAMQAr.

Segundo a OMS, 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 (OMS, 2005).

Observadas as diretrizes OMS 2021 de qualidade do ar, verificou-se que o limite para o poluente O₃ permaneceu o mesmo valor.

A Tabela 19 apresenta o número de ultrapassagens registradas para o poluente O₃ em relação à legislação vigente (MI1- ES) e às diretrizes da OMS.

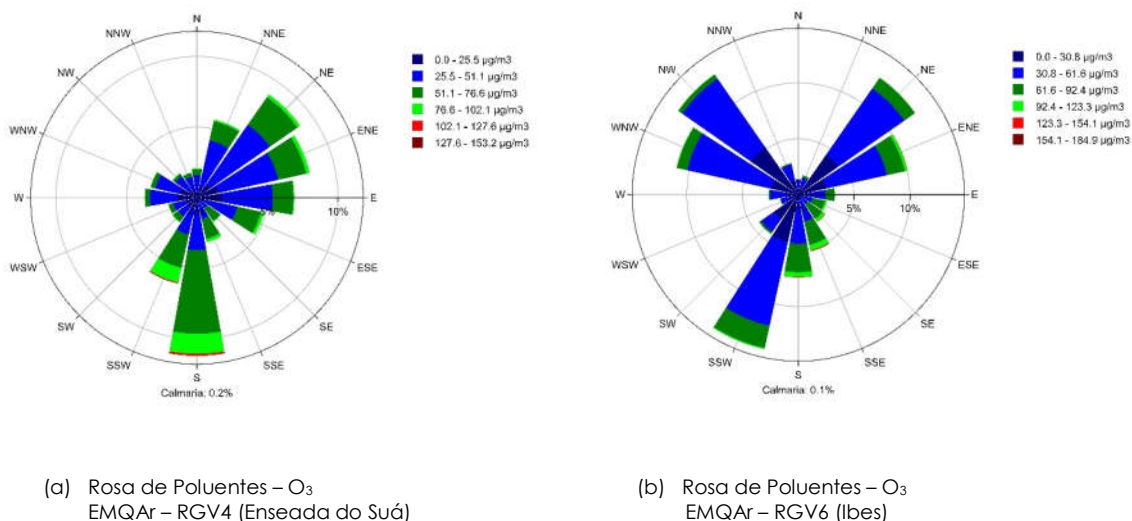
Tabela 19: Número de médias de 8 horas que ultrapassaram os valores limites de concentração de O₃.

| Referencial | Duração da Exposição | Laranjeiras | Enseada do Suá | Ibes |
|----------------------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------|------|
| | | Número de ultrapassagens | | |
| MI1-ES e Resolução CONAMA nº 491/2018 (PI-1) | 8h | 0 | 0 | 2 |
| OMS | 8h | 5 | 6 | 65 |

As médias móveis de 8 horas calculadas foram mais elevadas na estação Ibes (143 µg/m³), estando acima do valor estabelecido pela em relação à legislação vigente (MI1- ES). Além disso, todas as estações de monitoramento do poluente ultrapassaram o recomendado pela OMS ao menos em uma oportunidade.

A Figura 43 apresenta o perfil de concentração de O₃ 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.

Figura 43: Perfil das médias horárias das concentrações de O₃ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).



Conforme pode ser observado acima, a estação Enseada do Suá esteve sob influência de ventos sudeste e Nordeste para o poluente sendo observada maiores concentrações em vento sudeste. A Estação do Ibes apresentou maiores concentrações em ventos nos quadrantes Nordeste e Sudoeste.

O O₃ é um poluente secundário, não sendo diretamente emitido por nenhuma fonte direta, mas formado na atmosfera a partir de reações químicas de outros poluentes.

6.5 Monóxido de Carbono (CO)

A Tabela 20 apresenta as máximas médias de 1h e 8h (curta exposição) obtidas a partir dos dados registrados nas estações para o ano de 2022 para CO.

Tabela 20: Máximas horárias de 1h e 8h e da MAA das concentrações de CO (µg/m³).

| Referencial | Laranjeiras | Enseada do Suá | Centro-Vitória | Ibes | Vila Capixaba |
|--------------|-------------|----------------|----------------|----------|---------------|
| 1ª Max. (1h) | 2.113,68 | -* | 2.551,25 | 2.894,35 | 2.122,53 |
| 2ª Max. (1h) | 1.915,60 | -* | 2.511,49 | 1.846,36 | 1.989,14 |
| 1ª Max. (8h) | 1.121,04 | -* | 1.766,78 | 1.383,19 | 1.200,95 |
| 2ª Max. (8h) | 1.117,71 | -* | 1.759,23 | 1.333,55 | 1.189,78 |

*Sem dados

Nas Figuras 44 e 45 pode-se verificar a comparação das médias calculadas a partir dos dados monitorados com o padrão de qualidade do ar vigente (PF-ES), considerando as médias de 1 e 8 horas.

Figura 44: Máximas das médias de 1h das concentrações de CO nas estações da RAMQAr.

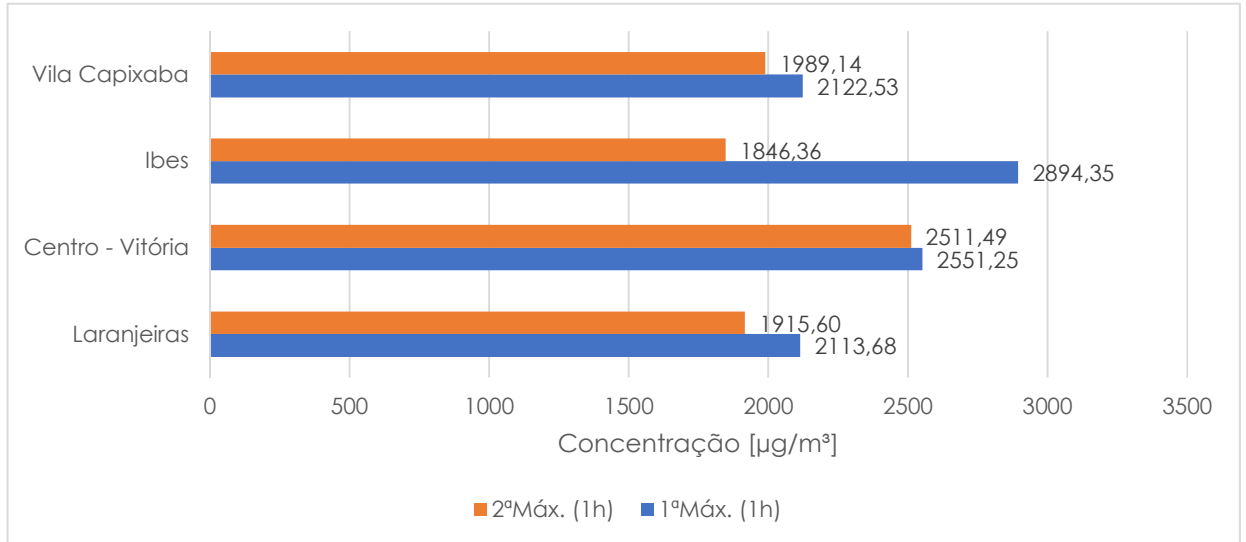
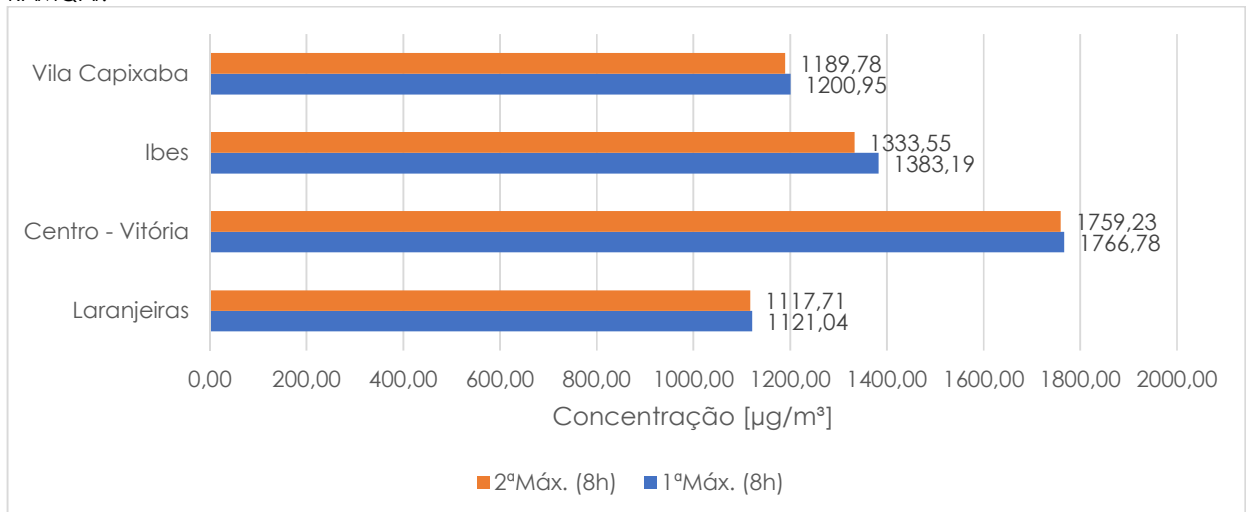


Figura 45: Máximas das médias móveis de 8h das concentrações de CO nas estações da RAMQAr.

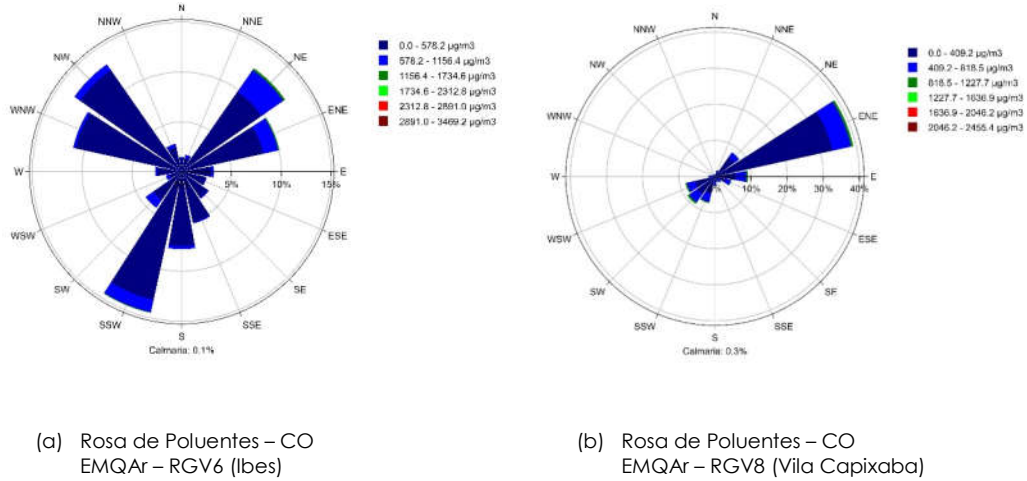


Os valores máximos das médias de 8h de concentração de CO foram mais elevados na estação Vitória-Centro (1.766,78 µg/m³). Com relação as máximas médias de 1 hora de concentração de CO, foi registrado o valor mais elevado na estação Ibes (2.894,35 µg/m³), contudo não sendo observadas ultrapassagens tanto ao padrão OMS 2021 quanto ao Decreto Estadual.

A Figura 46 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.

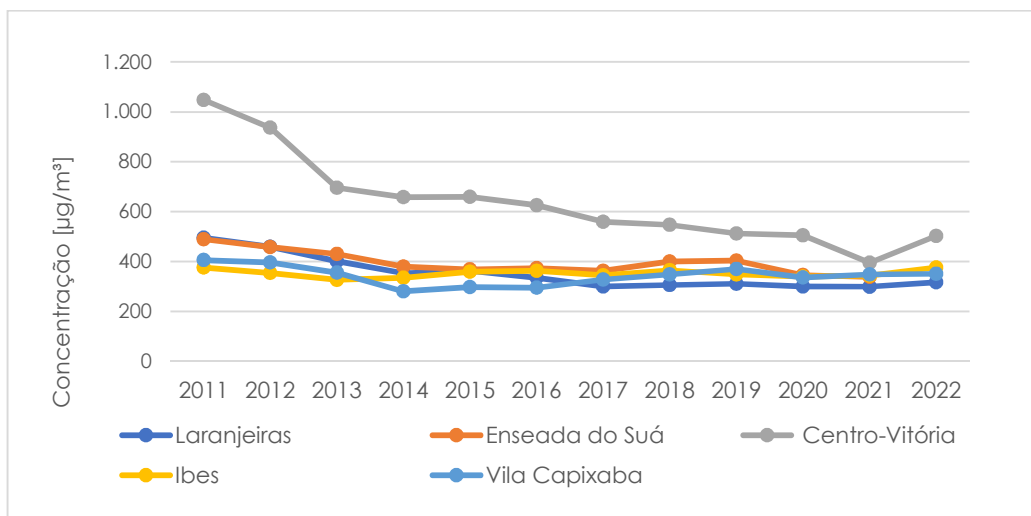
Figura 46: Perfil das médias horárias da concentração de CO nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico da rosa de poluentes).



Pode-se observar a influência da direção do vento sudoeste e nordeste e noroeste para a estação Enseada do Suá sendo observadas maiores concentrações no quadrante Nordeste. A estação Vila Capixaba para os valores de concentração de CO monitoradas se apresentaram predominantemente no ventos Nordeste.

O registro histórico das médias anuais de CO monitoradas nas estações da RAMQAR pode ser visualizado na Figura 47.

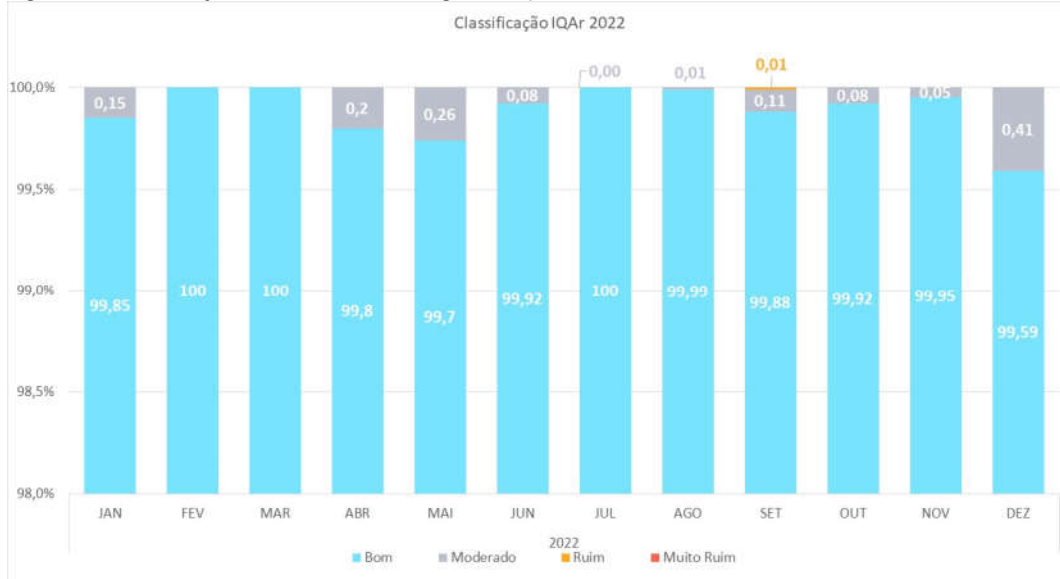
Figura 47: Séries históricas das médias anuais das concentrações de CO nas estações RAMQAR



6.6 Índice da Qualidade do Ar (IQAr)

A Figura 48 apresenta a distribuição da classificação anual do IQAr, calculado a partir das concentrações dos poluentes medidos nas estações da RAMQAr.

Figura 48: Distribuição anual do IQAr registada pela RAMQAr.

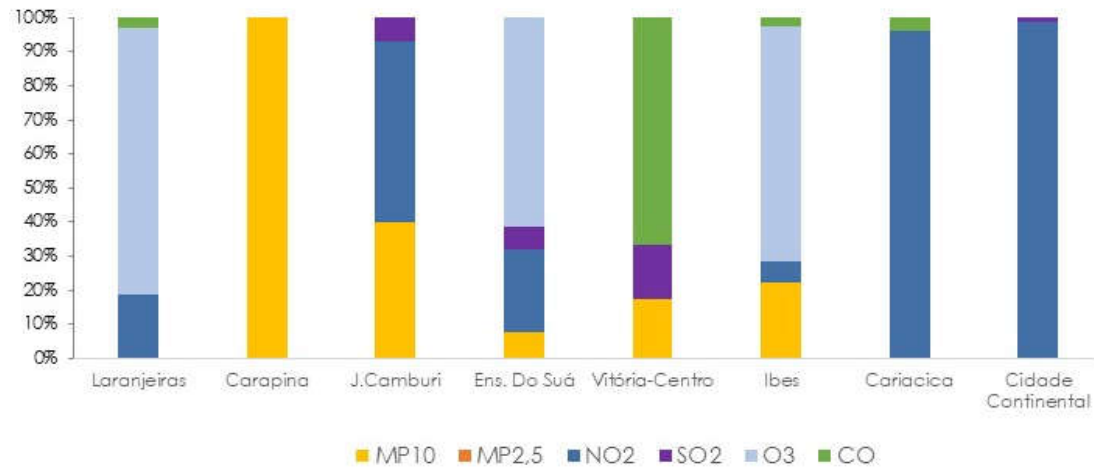


Para o ano de 2022 foi registrado 01 ocorrência de IQAr “Ruim”, devido a um evento atípico de pico concentração de O₃ na estação localizada no Ibes – Vila Velha, no dia 23/09/2022. Neste ano, a qualidade do ar foi classificada, majoritariamente, como “Boa” e, em algumas vezes como “Moderada” nas 8 estações de monitoramento.

O IQAr é calculado com base nas concentrações horárias de poluentes registradas nas estações, sendo divulgado o maior índice, ou seja, o pior resultado.

A Figura 49 apresenta, por estação, como os poluentes monitorados impactam no Índice de Qualidade do Ar (IQAr). Neste gráfico é possível verificar, em termos percentuais, quais são os poluentes que resultam nos maiores valores de Índices de Qualidade do Ar para cada estação, cabendo destacar que quanto maior o IQAr calculado pior será a classificação da qualidade do ar.

Figura 49: Poluentes mais significativos para composição do IQAr por estação da RAMQAr.



A análise da Figura 49, como por exemplo, permite inferir que no ano de 2022, na estação de monitoramento em Cariacica (EMQAr – RGV8) ao poluente Dióxido de Nitrogênio (NO₂) pode ser atribuído cerca de 90% dos maiores índices horários de qualidade do ar calculados para a estação. Importante esclarecer que, atualmente, as estações componentes da RAMQAr não têm a mesma configuração para os parâmetros que são monitorados.

7 - Considerações Finais

O monitoramento da qualidade do ar é um assunto de suma importância para a gestão deste recurso ambiental, visto que, por meio dele, é possível obter um diagnóstico da situação ambiental, assim como avaliar a efetividade de medidas ou políticas adotadas, assim como a adoção de novas com direcionamentos atualizados. Além disso, o monitoramento permite por meio de seus registros a geração de um histórico, formando um banco de dados, de grande importância para utilização em estudos e pesquisas científicas. Observando as possibilidades geradas pelo monitoramento realizada na Rede Estadual de Qualidade do AR – RAMQAr o IEMA vem trabalhando para a geração de um banco de dados que possa subsidiar a adoção de diretrizes a serem adotadas para o efetivo controle ambiental das atividades da RMGV e efetividade das ações a serem adotadas para garantir o bem estar da população localizada/instalada na referida Região.

O ano de 2022 foi marcado pelo início das adequações de melhorias e atualização da Rede Automática da Qualidade do Ar da Grande Vitória e, na interrupção de parâmetros monitorados em virtude das dificuldades operacionais observados pelo avançada idade dos equipamentos utilizados, fato que pode influenciar na disponibilidade de dados válidos.

Cumprir destacar ainda a vigência das Novas Diretrizes de Qualidade do Ar estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) publicadas no ano de 2021, que definiu limites mais restritos de monitoramento da qualidade, que demandará

Dessa forma, comparando os dados de qualidade do ar monitorados no ano de 2022 com as, verificou-se os seguintes eventos:

- Para o parâmetro $MP_{2,5}$, em virtude da interrupção do monitoramento pelo motivos já citados não foi possível verificar e houveram ultrapassagens da diretriz de curta e longa exposição;
- Para o parâmetro MP_{10} , foram registradas ultrapassagens consistentes para as médias de 24h e médias anuais apenas nas estações Ibes e Carapina;
- Para o parâmetro SO_2 não foi registrada a ultrapassagem da diretriz da OMS 2022 de curta exposição em nenhuma estação avaliada;
- Para o parâmetro Ozônio foram registradas ultrapassagens na estação IBES, Enseada do Suá e Laranjeiras, para curta exposição dos limites OMS 2021 e na

estação IBES para os limites estabelecidos pelo Decreto Decreto no 3.463-R/2013;

- Foram observadas ultrapassagens da diretriz OMS 2021 para NO₂ nas estações Cidade Continental, Vila Capixaba, Ibes, Enseada do Suá, Jardim Camburi, e Laranjeiras para exposições de curta duração. As estações Vila Capixaba, Ibes, Enseada do Suá, Jardim Camburi, apresentaram ultrapassagens às diretrizes OMS 2021 na exposição curta e Longa.
- Durante o Período avaliado foi registrada 01 ultrapassagem dos valores da Taxa de Deposição de Poeira Sedimentável ao limite estabelecido pelo Decreto 3.463R/2013 no mês de setembro na estação Vitória Centro.

Com base nos resultados apresentados neste relatório, verifica-se que, para maioria dos dados, os padrões nacionais e federais de qualidade do ar foram atendidos. Entretanto, ao considerar às diretrizes finais estabelecidas pela OMS, verifica-se que ações devem ser tomadas a fim de reduzir as concentrações dos poluentes na atmosfera.

Os resultados e discussões apresentados nesse relatório demonstram a importância da manutenção de 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 D1739: Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter), 1998 (re-aprovada em 2004).

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 gerenciamento de emergências climáticas (CGE). Disponível em: <<https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>>, acessado em 20 de setembro de 2023.

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

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Condições meteorológicas desfavoreceram dispersão dos poluentes em 2010. Disponível em: <<https://cefesb.sp.gov.br/blog/2011/08/02/condicoes-meteorologicas-desfavoreceram-dispersao-dos-poluente-em-2010/>>. Acesso em: 22 setembro 2023.

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. Taxa de analfabetismo, 2010. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/censo/cnv/alfbr.def>>.

Department of Environmental Conservation of New York (DECNY). Disponível em: <<http://www.dec.ny.gov/regs/2492.html>>. New York, acessado em 26 de setembro 2023.

Department of Environmental Quality Montana (DEQM). Disponível em: <<http://www.deq.mt.gov/dir/legal/Chapters/Ch08-foc.mcp>>. Montana, USA, Acessa do em 26 de setembro de 2023.

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 3.463-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 Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 26 de setembro de 2023.

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). Mapeamento das Áreas Periurbanas do Espírito Santo. Vitória, ES, 2011.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Indicador Trimestral de PIB do Espírito Santo. IV Trimestre de 2019. Vitória, ES, 2020. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/artigos/5580-pib-trimestral-4-trimestre-de-2019>>. Acesso em: 26 de setembro de 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dados Climatológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 22 set. 2023.

Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. Gebr. Borntraeger, 1-44. Disponível em: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf>.

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

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.

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: 22 Set. 2023.

Primault, B. Wind measurement. In: SEEMANN, J.; CHIRKOV, Y.I.; LOMAS, J.; PRIMAULT, B. *Agrometeorology*. Heidelberg: Springer-Verlag, 1979.

Resolução CONAMA nº 491/2018, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre qualidade do ar. Revoga a Resolução Conama nº 3/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 5/1989.

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

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. Disponível em: <https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acessado em 22 de setembro de 2023

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.

Apêndice A – Representatividade dos Dados

| Representatividade | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|------------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|--------|--------|----------------|--------|
| Estação | Bairro | PM ₁₀ | | PM _{2,5} | | SO ₂ | | NO ₂ | | CO | | O ₃ | |
| | | Válido | % | Válido | % | Válido | % | Válido | % | Válido | % | Válido | % |
| RAMQAr 1 | Laranjeiras | N | 61,88% | - | - | S | 97,32% | S | 97,25% | S | 97,32% | N | 7,75% |
| RAMQAr 2 | Carapina | S | 96,34% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RAMQAr 3 | Jardim Camburi | S | 97,24% | - | - | N | 63,67% | S | 93,87% | - | - | - | - |
| RAMQAr 4 | Enseada do Suá | S | 89,97% | N | 48,90% | S | 95,54% | S | 97,20% | S | 96,64% | N | 47,81% |
| RAMQAr 5 | Centro | S | 97,18% | - | - | S | 77,49% | N | 72,04% | S | 97,14% | - | - |
| RAMQAr 6 | Ibes | S | 91,38% | N | 58,11% | S | 93,39% | S | 94,57% | S | 94,16% | N | 60,52% |
| RAMQAr 7 | Centro | S | 82,16% | - | - | N | 0,53% | - | - | - | - | - | - |
| RAMQAr 8 | Vila Capixaba | N | 50,15% | - | - | S | 90,87% | S | 96,70% | S | 97,50% | N | 7,98% |
| RAMQAr 9 | Cidade Continental | N | 0,00% | - | - | N | 59,43% | N | 45,89% | - | - | - | - |

| Representatividade - Meteorologia | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------------------------|-----------------------|----------------|-------------|
| Estação | Bairro | Precipitação | | Temperatura | | Pressão ATM | | Radiação | | Umidade | | Ventos | | | |
| | | Média anual | % | Média anual | % | Média anual | % | Média anual | % | Média anual | % | Média anual (Velocidade) | Média anual (Direção) | % (Velocidade) | % (Direção) |
| RAMQAr 2 | Carapina | 0,18 | 98,22% | 23,91 | 98,29% | 1013,78 | 98,23% | 207 | 98,24% | 80,32 | 98,29% | 1,22 | 157,1 | 98,34% | 98,34% |
| RAMQAr 4 | Enseada do Suá | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,93 | 137,86 | 93,81% | 93,64% |
| RAMQAr 6 | Ilbes | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,56 | 171,4 | 92,52% | 95,53% |
| RAMQAr 8 | Vila Capixaba | - | - | 26,22 | 96,05% | - | - | - | - | 72,36 | 66,39% | 1,78 | 139,82 | 97,64% | 97,85% |

SEAMA - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Rua Dr. João Carlos de Souza, 107, Barro Vermelho - CEP: 29057-530
Vitória, Espírito Santo
Tel.: (27) 99278-2076
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

CQA- COORDENAÇÃO DE QUALIDADE DO AR, ÁREAS CONTAMINADAS

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA/Prédio 2
Tel.: 3636-2590/3636-2546
E-mail: cqai@iema.es.gov.br