

Relatório Anual da Qualidade do Ar de Minas Gerais

Ano base **2016**



MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Subsecretaria de Gestão Ambiental
Superintendência de Qualidade Ambiental e Mudanças Climáticas
Diretoria de Qualidade e Monitoramento Ambiental
Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas

Relatório Anual da Qualidade do Ar de Minas Gerais
Ano Base – 2016

Belo Horizonte
RT NQA nº 19 de 2024

Governador do Estado de Minas Gerais

Romeu Zema Neto

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD

Marília Carvalho de Melo - Secretária

Subsecretaria de Gestão Ambiental – SUGA

Diogo Soares de Melo Franco

Superintendência de Qualidade Ambiental e Mudanças Climáticas – SQMC

Renata Maria de Araújo

Diretoria de Qualidade e Monitoramento Ambiental - DQMA

Priscila Cristina Pizano de Souza Koch – Diretora

Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas - NQA

David de Hollanda Vianna – Coordenador

Equipe técnica responsável pela elaboração

Gustavo Alexandre de Freitas Milian – Estagiário

Isadora Tomé Silva - Estagiária

Leidiane Santana Santos – Analista Ambiental

Mayara Franco Costa – Estagiária

Robson Fernando Justino – Analista Ambiental

Equipe NQA

Antônio Alves dos Reis – Analista Ambiental

Isabela Pereira Domingos – Estagiária

João Vitor Rocha de Matos - Estagiário

Leidiane Santana Santos – Analista Ambiental

Ricardo Silva Queiroz – Analista Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista Ambiental

Rúbia Cecília Augusta Francisco – Analista Ambiental

Sueli Batista Ferreira – Analista Ambiental

Ficha catalográfica elaborada por Márcia Beatriz Silva de Alcântara – CRB 1934/6

M663r Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
Relatório anual da qualidade do ar de Minas Gerais: ano base 2016 / Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. --- Belo Horizonte: Semad, 2024.
117 p. ; il.
RT NQA n° 19/2024.
1. Qualidade do ar- Minas Gerais 2. Estação de monitoramento. 3.
Poluição atmosférica. I. Título.

CDU: 614.71

Resumo

O presente relatório técnico apresenta um panorama da qualidade do ar no Estado de Minas Gerais para o ano de 2016, a partir dos dados provenientes das 31 estações de monitoramento contínuo da qualidade do ar: 13 instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, 8 situadas na Região Metropolitana do Vale do Aço e 10 nos municípios de Barra Longa, Paracatu e Itabira. Esse documento apresenta análise da qualidade do ar abrangendo também aspectos meteorológicos gerais. Os poluentes apresentados e discutidos foram os previstos e vigentes na Resolução CONAMA nº 03/1990: material particulado, compreendendo as Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (MP₁₀), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃), Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e Dióxido de Enxofre (SO₂). Destaca-se a apresentação de resultados do material particulado respirável (MP_{2,5}), que já era monitorado em algumas estações da rede. Com base nos dados obtidos para a concentração de partículas totais em suspensão, duas estações de monitoramento ultrapassaram os padrões de curta duração da legislação vigente, nas cidades Barra Longa e Brumadinho. No que se refere ao MP₁₀, observaram-se ultrapassagens dos padrões diários estabelecidos em Betim e Brumadinho. Em São José da Lapa, houve ultrapassagem do padrão anual. Quanto às partículas respiráveis, MP_{2,5}, foi constatada ultrapassagem do valor guia da OMS de curta duração em todas as cidades da RMBH e no município de Paracatu. Em relação aos poluentes gasosos, os resultados indicaram conformidade com os padrões para NO₂ e SO₂. Porém, registrou-se a ultrapassagem do padrão para o CO em Betim e para o O₃ em oito estações situadas nas regiões metropolitanas que realizavam o monitoramento desse poluente. Quanto à influência dos parâmetros meteorológicos na poluição atmosférica, em 2016, o fenômeno El Niño, foi perdendo sua intensidade ao longo do ano. O último trimestre do ano passou por um período mais seco, em função da falta de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), típicos deste período do ano. A SEMAD reforça a importância do monitoramento da qualidade do ar no estado de Minas Gerais, a divulgação dos resultados e sua utilização para subsidiar políticas públicas.

Lista de Siglas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO – Monóxido de carbono
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
DV – Direção do vento
EPA – *Environmental Protection Agency*
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQAr – Índice da Qualidade do Ar
MP_{2,5} – Partículas Respiráveis
MP₁₀ – Partículas Inaláveis
NAAQS – National Ambient Air Quality Standards
NO₂ – Dióxido de nitrogênio
NO_x – Óxidos de nitrogênio
NQA - Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas
O₃ – Ozônio
OMS – Organização Mundial de Saúde
PA – Pressão atmosférica
PP – Precipitação pluviométrica
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PSI – Pollutant Standards Index
PTS – Partículas Totais em Suspensão
QAr – Qualidade do Ar
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMVA – Região Metropolitana do Vale do Aço
RS – Radiação solar
SO₂ – Dióxido de enxofre
UR – Umidade relativa

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

VOCs – Compostos orgânicos voláteis

VV – Velocidade do vento

T – Temperatura

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

ZCAS – Zonas de Convergência do Atlântico Sul

Lista de Figuras

Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar no estado de Minas Gerais.	14
Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.	16
Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.	18
Figura 4: Estações de monitoramento da QAr em Itabira.	20
Figura 5: Estações de monitoramento da QAr em Paracatu.	21
Figura 6: Estações de monitoramento da QAr em Barra Longa.	22
Figura 7: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMBH.	26
Figura 8: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMBH.	27
Figura 9: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 na RMBH.	28
Figura 10: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2016 na RMBH.	31
Figura 11: Temperatura média mensal para o ano de 2016 na RMBH.	31
Figura 12: Velocidade do vento mensal para o ano de 2016 na RMBH.	32
Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão para o ano de 2016 na RMBH.	33
Figura 14: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.	33
Figura 15: Distribuição percentual do IQAr para PTS em Brumadinho.	34
Figura 16: Concentrações máximas diárias de MP ₁₀ nas estações da RMBH.	35
Figura 17: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na RMBH.	36
Figura 18: Concentrações médias anuais de MP ₁₀ na RMBH.	37
Figura 19: Evolução das concentrações médias anuais de MP ₁₀ nos municípios da RMBH.	38
Figura 20: Concentrações máximas diárias de MP _{2,5} nas estações da RMBH.	39
Figura 21: Concentrações Médias Anuais de MP _{2,5} nas estações da RMBH.	39
Figura 22: Evolução das concentrações médias anuais de MP _{2,5} nos municípios da RMBH.	40
Figura 23: Concentrações máximas diárias de SO ₂ nas estações da RMBH.	41
Figura 24: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ na RMBH.	42
Figura 25: Concentrações médias anuais de SO ₂ nas estações da RMBH.	42
Figura 26: Evolução das concentrações médias anuais de SO ₂ nos municípios da RMBH.	43
Figura 27: Concentrações máximas horárias de NO ₂ nas estações da RMBH.	44
Figura 28: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ na RMBH.	45
Figura 29: Concentrações médias anuais de NO ₂ nas estações da RMBH.	45
Figura 30: Evolução das concentrações médias anuais de NO ₂ nos municípios da RMBH.	46
Figura 31: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.	47
Figura 32: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.	48
Figura 33: Concentrações máximas horárias de O ₃ na RMBH.	48
Figura 34: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ na RMBH.	50
Figura 35: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMVA.	51
Figura 36: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMVA.	52
Figura 37: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 na RMVA.	53
Figura 38: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2016 na RMVA.	54

Figura 39: Temperaturas médias mensais para o ano de 2016 na RMVA.	54
Figura 40: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em Timóteo, no período de 2010 a 2016.....	55
Figura 41: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes, em 2016, para Ipatinga e INMET Timóteo.....	55
Figura 42: Velocidade do vento mensal na RMVA em 2016.	56
Figura 43: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.	56
Figura 44: Distribuição do IQAr para o PTS na RMVA.	57
Figura 45: Concentrações médias anuais de PTS para a RMVA.	58
Figura 46: Evolução das concentrações médias anuais de PTS nos municípios da RMVA.	59
Figura 47: Concentrações máximas diárias de MP ₁₀ para a RMVA.	60
Figura 48: Distribuição do IQAr para o MP ₁₀ na RMVA.	60
Figura 49: Concentrações médias anuais de MP ₁₀ na RMVA.	61
Figura 50: Evolução das concentrações médias anuais de MP ₁₀ nos municípios da RMVA.	62
Figura 51: Concentrações máximas diárias de MP _{2,5} para a RMVA.	62
Figura 52: Concentrações médias anuais de MP _{2,5} para a RMVA.....	63
Figura 53: Evolução das concentrações médias anuais de MP _{2,5} nos municípios da RMVA.	64
Figura 54: Concentrações máximas diárias de SO ₂ para a RMVA.	64
Figura 55: Distribuição do IQAr para o SO ₂ na RMVA.	65
Figura 56: Concentrações Médias Anuais de SO ₂ para a RMVA.	65
Figura 57: Evolução das concentrações médias anuais de SO ₂ nos municípios da RMVA.	66
Figura 58: Concentrações máximas horárias de NO ₂ para a RMVA.	66
Figura 59: Distribuição do IQAr para o NO ₂ na RMVA.	67
Figura 60: Concentrações médias anuais de NO ₂ para a RMVA em 2016.....	67
Figura 61: Evolução das concentrações médias anuais de NO ₂ nos municípios da RMVA.	68
Figura 62: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO para a RMVA.	68
Figura 63: Distribuição do IQAr para o CO na RMVA.....	69
Figura 64: Concentrações máximas horárias de O ₃ para a RMVA.	70
Figura 65: Distribuição do IQAr para o O ₃ na RMVA.	71
Figura 66: Crescimento da frota veicular de Paracatu.....	73
Figura 67: Focos de incêndio em Paracatu.....	73
Figura 68: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 em Paracatu. ..	74
Figura 69: Crescimento da frota veicular de Itabira.....	75
Figura 70: Focos de incêndio em Itabira.	75
Figura 71: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 em Itabira.	76
Figura 72: Crescimento da frota veicular de Barra Longa.	76
Figura 73: Focos de incêndio em Barra Longa.....	77
Figura 74: Precipitação acumulada para o ano de 2016 em Itabira.....	78
Figura 75: Temperatura média mensal para o ano de 2016 em Itabira.	78
Figura 76: Velocidade média mensal do vento para o ano de 2016 em Itabira.	79
Figura 77: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2016 em Paracatu.	80

Figura 78: Temperatura média mensal para o ano de 2016 em Paracatu.....	80
Figura 79: Velocidade média mensal do vento para o ano de 2016 em Paracatu.	81
Figura 80: Temperatura média mensal em Barra Longa, em 2016.	82
Figura 81: Velocidade média mensal do vento em Barra Longa, em 2016.....	82
Figura 82: Concentrações máximas diárias de PTS nos demais municípios.....	83
Figura 83: Distribuição percentual do IQAr de PTS nos demais municípios.....	84
Figura 84: Médias anuais de PTS nos demais municípios.	84
Figura 85: Evolução das concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios	85
Figura 86: Concentrações máximas diárias de MP_{10} para os demais municípios.....	86
Figura 87: Distribuição percentual do IQAr de MP_{10} nos demais municípios.....	87
Figura 88: Médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.	87
Figura 89: Evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.	88
Figura 90: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ para os demais municípios.	89
Figura 91: Médias anuais de $MP_{2,5}$ para os demais municípios.	89
Figura 92: Evolução das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	90

Lista de Tabelas

Tabela 1: Concentrações médias dos padrões primários e secundários.....	9
Tabela 2: Qualidade do ar e os respectivos valores de concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação do IQAr.	10
Tabela 3: Índices de qualidade do ar e efeitos à saúde.	11
Tabela 4: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde.	12
Tabela 5: Especificações das estações da RMBH.	15
Tabela 6: Especificações das estações da RMVA.	17
Tabela 7: Especificações das estações dos demais municípios.	19
Tabela 8: Tipos de médias para o cálculo dos parâmetros e critérios de validação.	23
Tabela 9: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 74/2004.	28
Tabela 10: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 74/2004.	53

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. PARÂMETROS, PADRÕES E ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR.....	4
2.1 Parâmetros da Qualidade do Ar.....	4
2.1.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)	4
2.1.2 Partículas Inaláveis (MP_{10}).....	5
2.1.3 Partículas Respiráveis ($MP_{2,5}$).....	5
2.1.4 Dióxido de Enxofre (SO_2).....	6
2.1.5 Monóxido de Carbono (CO)	6
2.1.6 Ozônio (O_3).....	6
2.1.7 Dióxido de Nitrogênio (NO_2).....	7
2.2 Padrões de Qualidade do Ar	7
2.3 Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde.....	9
3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR	13
3.1. Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais	13
3.2 Estações de Monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais.....	13
3.3 Tratamento dos dados	23
3.3.1. Dados de qualidade do ar	23
3.3.2. Dados meteorológicos	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. RMBH	25
4.1.1 Caracterização das fontes de poluição da RMBH	25
4.1.2 Meteorologia da RMBH.....	29
4.1.3 PTS na RMBH	33
4.1.4 MP_{10} na RMBH	35
4.1.5 $MP_{2,5}$ na RMBH	38
4.1.6 SO_2 na RMBH.....	41
4.1.7 NO_2 na RMBH.....	43
4.1.8 CO na RMBH.....	46
4.1.9 O_3 na RMBH	48
4.2 RMVA	50
4.2.1 Caracterização das fontes de poluição da RMVA	51
4.2.2 Meteorologia da RMVA.....	54
4.2.3 PTS na RMVA.....	56
4.2.4 MP_{10} na RMVA.....	59

4.2.5 MP _{2,5} na RMVA	62
4.2.6 SO ₂ na RMVA	64
4.2.7 NO ₂ na RMVA	66
4.2.8 CO na RMVA	68
4.2.9 O ₃ na RMVA	69
4.3 Demais municípios	71
4.3.1 Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios	72
4.3.1.1 Paracatu	72
4.3.1.2 Itabira	74
4.3.1.3 Barra Longa	76
4.3.2 Meteorologia dos demais municípios	77
4.3.3 PTS nos demais municípios	82
4.3.4 MP ₁₀ nos demais municípios	85
4.3.5 MP _{2,5} nos demais municípios	88
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1. INTRODUÇÃO

Poluente atmosférico é 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 (Brasil, 2018). Os poluentes podem ser introduzidos na atmosfera de forma natural (erupções vulcânicas, erosão do solo, processos de decomposição de animais e plantas, emissão de compostos orgânicos voláteis pela vegetação, tempestades de areia, raios, polinização, dentre outros) ou pela ação antrópica (queima de combustíveis de origem fóssil, queima de biomassa, processos industriais, atividades agrícolas, etc). Cada um desses processos apresenta diferentes emissões de poluentes atmosféricos, que podem provocar impacto na saúde humana e no ambiente.

Os efeitos da poluição do ar na saúde podem ser agudos (os sinais e sintomas surgem até 24 horas após o contato) ou crônicos (observados após dias, meses ou anos) (INCA, 2021). A exposição prolongada a esses poluentes pode levar a diminuição da função pulmonar e desenvolvimento de doenças respiratórias como asma, bronquite, enfisema pulmonar. Em 2021, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que a cada ano, 7 milhões de mortes prematuras no mundo estão relacionadas à poluição atmosférica (NAÇÕES UNIDAS, 2021). No Brasil, estudo realizado pelo Ministério da Saúde estimou a ocorrência de 44.228 mortes por doenças crônicas não transmissíveis atribuídas à poluição do ar no país, em 2016 (Brasil, 2019). Crianças, idosos, pessoas com problemas respiratórios e trabalhadores, cuja jornada de trabalho ocorre ao ar livre, são particularmente vulneráveis aos efeitos prejudiciais da poluição atmosférica. Estes efeitos não se limitam à saúde humana, também se estendem aos materiais, à fauna, à flora e ao solo, influenciando na estrutura e função dos ecossistemas, afetando a qualidade de vida (OMS, 2000).

Existem inúmeros compostos químicos considerados poluentes atmosféricos, o que dificulta medir e estudar todos eles. Desta forma, baseados em estudos

científicos de toxicidade e da frequência de ocorrência, os órgãos reguladores internacionais regulamentaram alguns poluentes atmosféricos como indicadores da qualidade do ar (CETESB, 2023). Entre eles, destacam-se: material particulado (MP), ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO) e chumbo (Pb) (MMA, 2023). A interação dos poluentes na atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar acompanhado por meio do monitoramento da qualidade do ar.

Ressalta-se, que a qualidade do ar é produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais destacam-se a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes (MMA, s.d.). Acrescenta-se a essa interação as condições de uso e ocupação do solo urbano.

O monitoramento da qualidade do ar é um importante instrumento de gestão da qualidade do ar, possibilita a verificação do grau de exposição da população aos vários poluentes, além de propiciar o acompanhamento de tendências de médio e longo prazo para orientar a tomada de decisão e verificar a eficácia dos programas de controle e a necessidade de aprimoramentos (MMA, 2020).

Nesse contexto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989, criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR, com o intuito de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas.

Os padrões de qualidade do ar mencionados na Resolução CONAMA nº 05/1989 foram estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, que adotou os poluentes estabelecidos pela *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS) e OMS, estabelecendo limites máximos para suas concentrações na atmosfera para garantir a proteção da saúde da população e do meio ambiente (Brasil, 1990). O monitoramento da qualidade do ar é o instrumento utilizado para

o acompanhamento dos níveis de qualidade do ar e sua comparação com os respectivos padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores.

Em Minas Gerais, o monitoramento contínuo da qualidade do ar ocorre por meio de estações automáticas, instaladas e operadas por empreendimentos em atendimento a condicionantes do processo de licenciamento ambiental e/ou Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) assinado com o Ministério Público. Em 2016, a rede de monitoramento do estado contava com 31 estações automáticas, sendo 13 instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, 8 na Região Metropolitana do Vale do Aço e 10 distribuídas entre os municípios de Paracatu, Itabira e Barra Longa. Os dados do monitoramento são transmitidos, em tempo real, para a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), responsável por divulgá-los para a sociedade.

Neste sentido, o objetivo deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2016, considerando os dados do monitoramento contínuo, o atendimento aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03/1990 e a meteorologia da região.

2. PARÂMETROS, PADRÕES E ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR

2.1 Parâmetros da Qualidade do Ar

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

A identificação, quantificação e monitoramento dos principais poluentes presentes em uma determinada região mostra-se necessário para que medidas mitigadoras e corretivas possam ser tomadas, visando evitar danos à saúde da população e ao meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 03/1990, legislação ambiental vigente em 2016, definiu padrões para os principais poluentes para o monitoramento da qualidade do ar. Esses poluentes, suas origens e as principais fontes são discutidos brevemente, a seguir.

2.1.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

As partículas totais em suspensão (PTS) consistem em partículas de material sólido ou líquido que têm a característica de ficar suspensos no ar, podendo ser na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, entre outras. De forma natural, as principais fontes são o pólen, o aerossol marinho e o solo. Já de forma antrópica, as principais fontes são de processos industriais, emissões veiculares provenientes da exaustão, ressuspensão de poeira de rua e queima de biomassa (FEPAM, 2021), além de queimadas, sendo que, durante a atuação de determinados sistemas atmosféricos e em situações de inversão térmica, a dispersão desses poluentes pode ser prejudicada, ocasionando redução da visibilidade, danos à vegetação, problemas respiratórios e outras patologias (SILVA, 2017).

Dessa forma, compreende-se que as partículas totais em suspensão são aquelas que apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 50 µm. O tamanho das partículas está diretamente associado à sua potencialidade de penetração no trato respiratório e possibilidade de causar efeitos adversos à saúde humana, especialmente doenças respiratórias.

2.1.2 Partículas Inaláveis (MP₁₀)

As partículas inaláveis apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 µm. A presença desse poluente no ar atmosférico pode causar danos à saúde humana, pois quando essas partículas de até 10 µm são inaladas por seres humanos, elas podem ficar retidas no sistema respiratório superior, ou até nos alvéolos pulmonares. Quando isso acontece, a eficiência do sistema respiratório é prejudicada, possibilitando a ocorrência das doenças respiratórias (CETESB, 2021). As principais fontes de forma natural são o pólen, o aerossol marinho e o solo. Já de forma antrópica, as principais fontes são processos de combustão provenientes do setor industrial e emissões veiculares e o aerossol secundário formado na atmosfera (FEPAM, 2021).

2.1.3 Partículas Respiráveis (MP_{2,5})

Partículas menores que 10 µm são as mais preocupantes, pois podem afetar o coração e os pulmões, bem como, atingirem a corrente sanguínea causando efeitos graves à saúde (DELFINO *et al.*, 2005; USEPA, 2022). Em especial, a fração de material particulado que compreende partículas de diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm, como é o caso das partículas respiráveis, capaz de alcançar o trato respiratório a nível alveolar, onde os recursos de expulsão desses poluentes não são efetivos (FREITAS *et al.*, 2009).

Ademais, podem ocasionar lesões agudas ao sistema circulatório, acarretando em modificações no ritmo cardíaco, isquemia miocárdica e, alterações na coagulação sanguínea. Além disso, uma vez na corrente sanguínea, podem transportar também substâncias tóxicas e cancerígenas (FERNANDES *et al.*, 2010).

As partículas finas, majoritariamente, são provenientes dos processos de combustão tanto do setor industrial quanto da frota veicular. Além da queima de combustíveis, os incêndios florestais, bem como, as reações secundárias que ocorrem na atmosfera a partir de gases como o SO_2 , alimentam a sua formação e disponibilidade no ambiente (FREITAS *et al.*, 2009).

Portanto, o relatório também contemplará os resultados relativos às partículas finas, haja vista a sua preocupação a nível de saúde pública, bem como, o acompanhamento desse parâmetro em algumas estações da rede de monitoramento da qualidade do ar no ano de 2016.

2.1.4 Dióxido de Enxofre (SO_2)

O dióxido de enxofre (SO_2) é um gás altamente reativo, tóxico, incolor e com odor característico que pode ser formado no ambiente ou por atividades antrópicas. Em áreas urbanizadas, para que a emissão desse poluente ocorra é necessária a queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre na sua composição. A inalação de SO_2 pode ocasionar prejuízos para a saúde humana, sobretudo problemas respiratórios. O SO_2 atua como um dos principais componentes na formação de chuva ácida e em altas concentrações pode prejudicar a visibilidade (BATISTA, 2008).

2.1.5 Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro e incolor resultante de processos de combustão incompleta, o qual pode ser emitido por fontes naturais e/ou antropogênicas. Em ambientes urbanizados as principais emissões deste poluente são derivadas de veículos automotores, especialmente em áreas de intensa circulação de veículos (MOTTIN, 2009). Ainda conforme MOTTIN (2009), o CO estabelece uma ligação muito forte com as moléculas de ferro das hemoglobinas, formando a carboxihemoglobina, que não é capaz de desempenhar a função vital de uma hemoglobina saudável, podendo causar diversos efeitos à saúde humana.

2.1.6 Ozônio (O_3)

O ozônio (O_3) é um poluente secundário formado por processos fotoquímicos, a partir de reações químicas entre os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), na presença de luz solar (USEPA, 2003). As medições realizadas referem-se à concentração de ozônio troposférico, é válido salientar que o impacto ambiental proveniente da concentração de ozônio em uma área depende da sua altitude, sendo que não deve ser confundido com a concentração de ozônio estratosférico, que não é considerado um poluente atmosférico (HARRIS *et al.*, 1997).

O ozônio troposférico apresenta-se como um poluente tóxico capaz de trazer prejuízos para a saúde humana e danos à vegetação, além de ser o responsável pela formação do *smog* fotoquímico, que prejudica a visibilidade. Já o ozônio estratosférico consiste no elemento majoritário da camada estratosférica terrestre e desempenha a função de proteção contra a radiação ultravioleta (FONSECA *et al.*, 2008).

2.1.7 Dióxido de Nitrogênio (NO_2)

O dióxido de nitrogênio (NO_2) consiste em um gás marrom com odor característico, altamente reativo e com ação oxidante que pertence a um grupo de gases classificados como óxidos de nitrogênio (NO_x). Esses são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas, sendo que a presença de NO_2 na atmosfera é essencial para a formação do ozônio troposférico. Pode ser formado naturalmente no ambiente, contudo, em áreas urbanas a sua formação é condicionada principalmente por atividades ligadas ao setor primário e secundário, por meio das emissões de origem veicular. A exposição dos diversos grupos etários populacionais à alta concentração de NO_2 pode ocasionar efeitos adversos para a saúde, além da formação de chuvas ácidas (FEAM, 2016).

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Em Minas Gerais, no ano de 1981, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) estabeleceu os padrões de qualidade do ar por meio da Deliberação

Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981. Nela foram estabelecidos os padrões para partículas em suspensão, SO₂, CO, oxidantes fotoquímicos e partículas sedimentáveis.

Posteriormente, em 1990, os padrões de qualidade do ar foram fixados a nível federal pelo CONAMA, por meio da Resolução CONAMA nº 03/1990, a qual determina os padrões de qualidade do ar primários e secundários, conforme previsto pelo PRONAR. Conceitualmente esses padrões são:

- Os padrões primários são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassados, poderão afetar a saúde da população;
- Os padrões secundários são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, bem como, danos à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

A Tabela 1 apresenta os padrões primários e secundários conforme determinado na Resolução CONAMA nº 03/1990. Os padrões estaduais são equivalentes aos padrões primários da legislação federal. Como avanço, a legislação federal determinou padrões para os poluentes partículas inaláveis (MP₁₀) e dióxido de nitrogênio (NO₂), e por este motivo foi a legislação utilizada para comparação dos resultados neste relatório.

Tabela 1: Concentrações médias dos padrões primários e secundários.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60
Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	24 horas ¹	150	150
	MAA ³	50	50
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas ¹	365	100
	MAA ³	80	40
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora ¹	320	190
	MAA ³	100	100
Ozônio (O ₃)	1 hora ¹	160	160
Monóxido de carbono (CO)	1 hora ¹	40000	40000
		35 ppm	35 ppm
	8 horas ¹	10000	10000
		9 ppm	9 ppm

¹. Não deve ser excedido mais que uma vez no ano; ² Média geométrica anual (MGA); ³ Média aritmética anual (MAA).

Fonte: Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990.

Conforme observado na Tabela 1, para a obtenção dos valores de concentrações dos poluentes, utiliza-se a média geométrica anual para PTS, enquanto que para o SO₂, MP₁₀ e NO₂ é aplicada a média aritmética anual.

É importante citar que, apesar de a legislação no ano vigente (2016) não contemplar os padrões para as partículas respiráveis (MP_{2,5}), algumas estações da RMBH, RMVA e do município de Paracatu já faziam o monitoramento desse poluente. À época, a Organização Mundial de Saúde estabelecia uma concentração anual média de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (percentil 99) para 24 horas de exposição como valores orientadores para esse poluente (OMS, 2006).

2.3 Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde

O índice de qualidade do ar consiste na conversão de um valor numérico de concentração de determinado poluente para um valor adimensional,

compreendido na escala de 0 a 500. A partir disso, é atribuído ao índice obtido uma qualificação expressa por uma cor (verde, amarelo, laranja, vermelho e roxo) e um adjetivo (boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica) que caracteriza o IQAr, de forma que seja facilmente compreendido pela população, conforme apresentado na Tabela 2. Os índices de qualidade do ar, *Pollutant Standards Index* (PSI), foram desenvolvidos pela USEPA.

Tabela 2: Qualidade do ar e os respectivos valores de concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação do IQAr.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (24h)	PTS (24h)	SO ₂ (24h)	NO ₂ (1h)	O ₃ (8h)	CO ¹ (1h)
Bom	0-50	0-50	0-80	0-80	0-100	0-80	0-4,5
Regular	51-100	51-150	81-240	81-365	101-320	81-160	4,6-9
Inadequada	101-200	151-250	241-375	366-800	321-1130	161-400	9,1-15
Ruim	201-300	251-420	376-625	801-1600	1131-2260	401-800	15, 1-30
Péssima	301-400	421-500	626-875	1601-2100	2261-3000	801-1000	30,1-40
Crítica	401-500	501-600	876-1000	2101-2620	3001-3750	1001-1200	40,1-50

¹ Unidade: ppm.

Fonte: Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 e USEPA.

A qualidade do ar de uma área monitorada é definida pelo pior índice registrado dentre os poluentes mensurados. Para o cálculo do índice, utiliza-se a Equação 1:

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

Equação 1

Sendo que:

- I_{ini} – Valor do índice correspondente à concentração inicial da faixa;
- I_{fin} – Valor do índice correspondente à concentração final da faixa;
- C_{ini} – Concentração inicial da faixa onde se encontra a concentração medida;
- C_{fin} – Concentração final da faixa onde se encontra a concentração medida;
- C – Concentração medida.

A USEPA também apresenta os principais efeitos à saúde que determinadas concentrações de poluentes podem ocasionar (Tabela 3), e as medidas preventivas que podem ser tomadas pela população, considerando os poluentes elencados na Resolução CONAMA nº 03/1990 (Tabela 4). A partir da caracterização diária da qualidade do ar é possível alertar a população em caso de episódios críticos de poluição do ar, com níveis de atenção, alerta e emergência, possibilitando a tomada de ações preventivas voltadas principalmente aos grupos populacionais sensíveis.

Tabela 3: Índices de qualidade do ar e efeitos à saúde.

QUALIDADE DO AR E EFEITOS À SAÚDE							
Qualidade	Índice	PM10 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO Média de 8 horas (ppm)	NO ₂ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	-	-	-	-	-	-
Regular	51 - 100	Pessoas sensíveis podem apresentar sintomas de doenças respiratórias, além de possível agravamento de doenças cardíacas e pulmonares em idosos e indivíduos que apresentam doenças cardiopulmonares.		-	-	-	-
Inadequada	101 - 200	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias em pessoas sensíveis, agravamento de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos que apresentam doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento dos sintomas de doenças respiratórias e desconforto na respiração em indivíduos que apresentam doenças pulmonares, crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Aumento da probabilidade de redução da tolerância à exercícios e atividades ao ar livre devido ao aumento de sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias, como dores no peito e desconforto respiratório, em pessoas com asma.	
Má	201 - 300	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; agravamento de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos com doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; maior probabilidade de sintomas de doenças respiratórias e dificuldade na respiração em indivíduos com doenças pulmonares, como asma, em crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Redução da tolerância à exercícios e atividades ao ar livre devido ao aumento de sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias, como dores no peito e respiração ofegante em indivíduos com asma; possível agravamento de outras doenças pulmonares.	
Péssima	301 - 400	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; agravamento significativo de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos com doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; severo aumento dos sintomas de doenças respiratórias e comprometimento da respiração em indivíduos com doenças pulmonares, como asma, em crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Agravamento significativo dos sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Aumento significativo dos sintomas de doenças respiratórias, como respiração ofegante e falta de ar, em indivíduos com asma; possível agravamento de outras doenças pulmonares.	
Crítica	401 - 500	Sérios riscos de aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; sério agravamento de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos com doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento severo dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; severos efeitos respiratórios e comprometimento da respiração em indivíduos com doenças pulmonares, como asma, em crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Prejuízos para o desenvolvimento de atividades extenuantes para a população em geral; sério agravamento de sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Possível aumento dos sintomas de doenças respiratórias para a população em geral; aumento no agravamento de outras doenças pulmonares; severo aumento dos sintomas de doenças respiratórias, como respiração ofegante e falta de ar, em indivíduos com asma.	

Fonte: USEPA, 2013.

Tabela 4: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde.

QUALIDADE DO AR E PREVENÇÃO DE RISCOS À SAÚDE							
Qualidade	Índice	PM10 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO Média de 8 horas (ppm)	NO ₂ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	-	-	-	-	-	-
Regular	51 - 100	Indivíduos de grupos sensíveis devem considerar a redução de atividades prolongadas ou intensas.		-	-	Indivíduos de grupos sensíveis devem considerar a redução de atividades prolongadas, especialmente nas proximidades de vias movimentadas.	-
Inadequada	101 - 200	Indivíduos que já apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem reduzir as atividades que exigem esforço intenso ou prolongado.		Crianças, idosos, pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre e indivíduos que já apresentam doenças pulmonares, como asma, devem reduzir as atividades que exigem esforço intenso ou prolongado.	Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem reduzir as atividades intensas e evitar a proximidade de fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem reduzir o esforço prolongado, especialmente nas proximidades de vias movimentadas.	Indivíduos que apresentam asma devem reduzir as atividades ao ar livre.
Má	201 - 300	A população em geral deve reduzir as atividades intensas ou prolongadas. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem evitar as atividades que exigem esforço intenso ou prolongado.		A população em geral deve reduzir as atividades intensas ou prolongadas. Indivíduos que apresentam doenças pulmonares, como asma, crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre devem evitar realizar esforços prolongados ou intensos.	Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem reduzir as atividades que exigem esforços moderados e evitar a proximidade das fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	A população em geral deve reduzir as atividades prolongadas, especialmente nas proximidades de vias movimentadas. Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem evitar atividades que exigem esforço intenso ou prolongado nas proximidades de vias de tráfego.	Crianças e indivíduos que apresentam asma, ou outras doenças pulmonares, devem reduzir as atividades ao ar livre.
Péssima	301 - 400	A população em geral deve evitar atividades intensas ou prolongadas. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem evitar todas as atividades físicas ao ar livre.		A população em geral deve reduzir as atividades ao ar livre. Indivíduos que apresentam doenças pulmonares, como asma, crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre devem evitar o exercício de atividades ao ar livre.	Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem evitar realizar atividades nas proximidades de fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	A população em geral deve evitar atividades prolongadas, especialmente nas proximidades de vias movimentadas. Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem evitar todas as atividades ao ar livre.	A população em geral deve reduzir as atividades ao ar livre. Crianças e indivíduos que apresentam asma, ou outras doenças pulmonares, devem evitar as atividades ao ar livre.
Crítica	401 - 500	A população em geral deve evitar qualquer atividade física ao ar livre. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem permanecer em ambientes fechados e realizar atividades que não exigem esforço.		A população em geral deve evitar o exercício de qualquer atividade ao ar livre.	A população em geral deve reduzir as atividades intensas. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem evitar realizar atividades nas proximidades de fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	A população em geral deve evitar qualquer esforço ao ar livre. Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem permanecer em ambientes fechados.	A população em geral deve evitar qualquer esforço ao ar livre. Crianças e indivíduos que apresentam asma, ou outras doenças pulmonares, devem permanecer em ambientes fechados.

Fonte: USEPA, 2013.

3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

3.1. Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais

No contexto nacional, cada estado adota diferentes modelos de gestão das estações de monitoramento da qualidade do ar. A rede de monitoramento da qualidade do ar do Estado de Minas Gerais é operada e mantida por empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras licenciadas pelo órgão ambiental. As estações são solicitadas por meio de condicionantes das licenças ambientais ou Termos de Ajustamento de Conduta (TAC).

Os dados das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar são coletados e enviados para o Centro Supervisório da SEMAD, vinculado ao Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas (NQA). No Centro Supervisório, os dados são processados e divulgados no formato do Boletim Diário da Qualidade do ar.

3.2 Estações de Monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais

No ano de 2016, o estado de Minas Gerais possuía 33 estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar, localizadas em 13 municípios conforme a Figura 1 apresenta. Entretanto, cabe ressaltar que as 2 estações existentes em Pirapora passaram por problemas operacionais nesse ano, de forma que não compõem a análise apresentada neste RT.

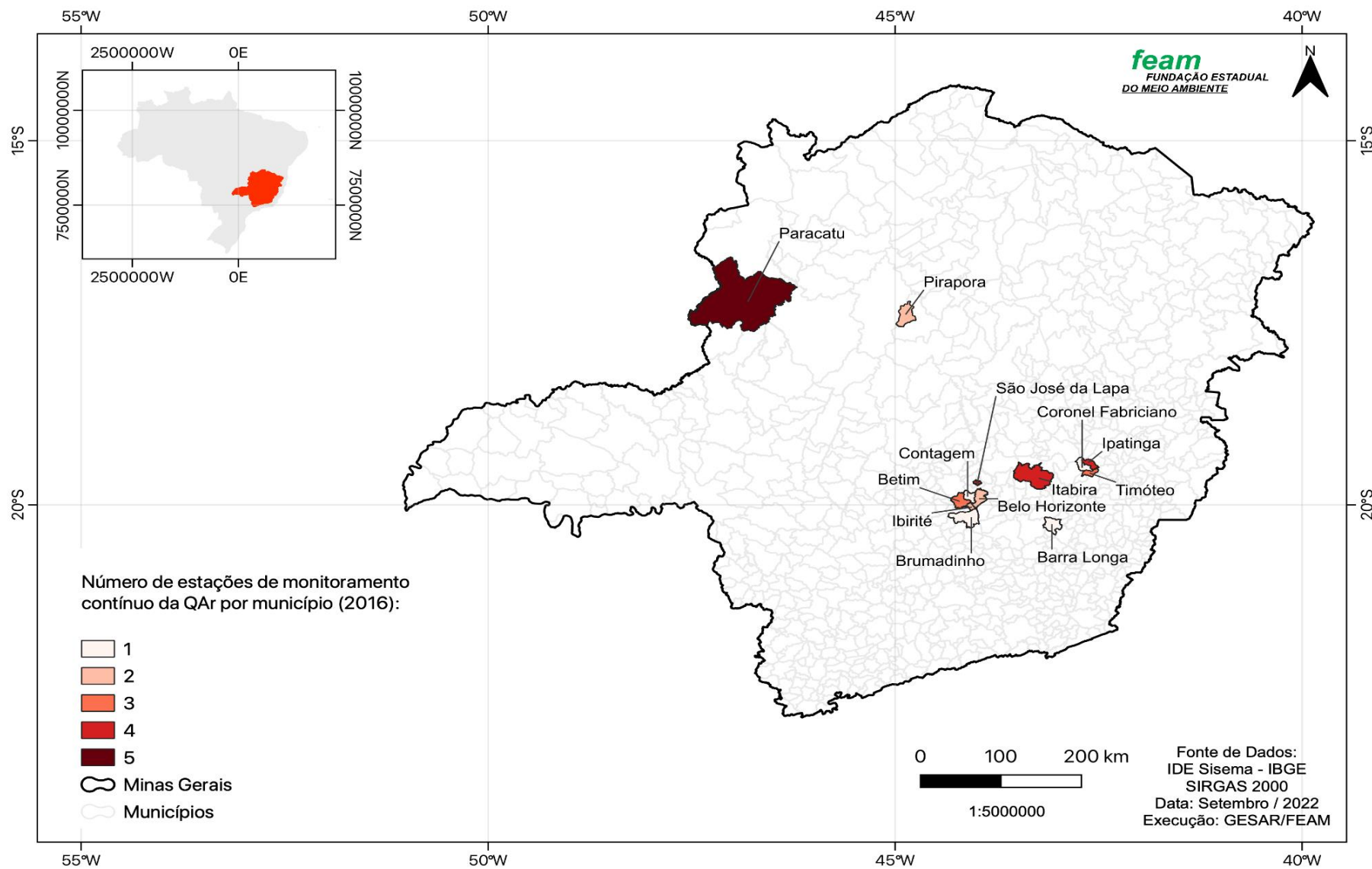


Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar no estado de Minas Gerais.

O presente relatório agrupou as estações em três regiões principais: Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA) e demais municípios. As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam as especificações das estações, suas distribuições, localização nos municípios, bem como, os parâmetros monitorados, enquanto que as Figuras 2 a 6 mostram a distribuição das estações em cada região.

Tabela 5: Especificações das estações da RMBH.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Parâmetros Meteorológicos*
Belo Horizonte	Delegacia Amazonas	19° 56' 14.900" S	43° 59' 41.500" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Centro Av. do Contorno	19° 54' 47.959" S	43° 56' 8.678" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
Betim	Alterosa	19° 56' 51.263" S	44° 9' 39.060" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Centro Administrativo Betim	19° 58' 8.159" S	44° 12' 25.999" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Petrovale	19° 59' 39.930" S	44° 6' 40.050" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
Brumadinho	Comunidade do Feijão	20° 8' 11.88" S	44° 7' 20.81" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Contagem	Cidade Industrial	19° 57' 38.556" S	44° 1' 52.885" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Ibirité	Cascata	19° 59' 15.392" S	44° 5' 10.655" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Piratinunga	20° 0' 14.270" S	44° 3' 34.891" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
São José da Lapa	Centro	19° 42' 0.612" S	43° 57' 36.706" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Escola Municipal Filhinha Gama - Vila Ical	19° 42' 47.452" S	43° 57' 50.731" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Célia (Vespasiano)	19° 41' 49.211" S	43° 56' 17.329" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Jardim Encantado	19° 42' 45.004" S	43° 58' 7.914" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação (PP), temperatura (T), radiação solar (RS), umidade relativa (UR) e pressão atmosférica (PA).

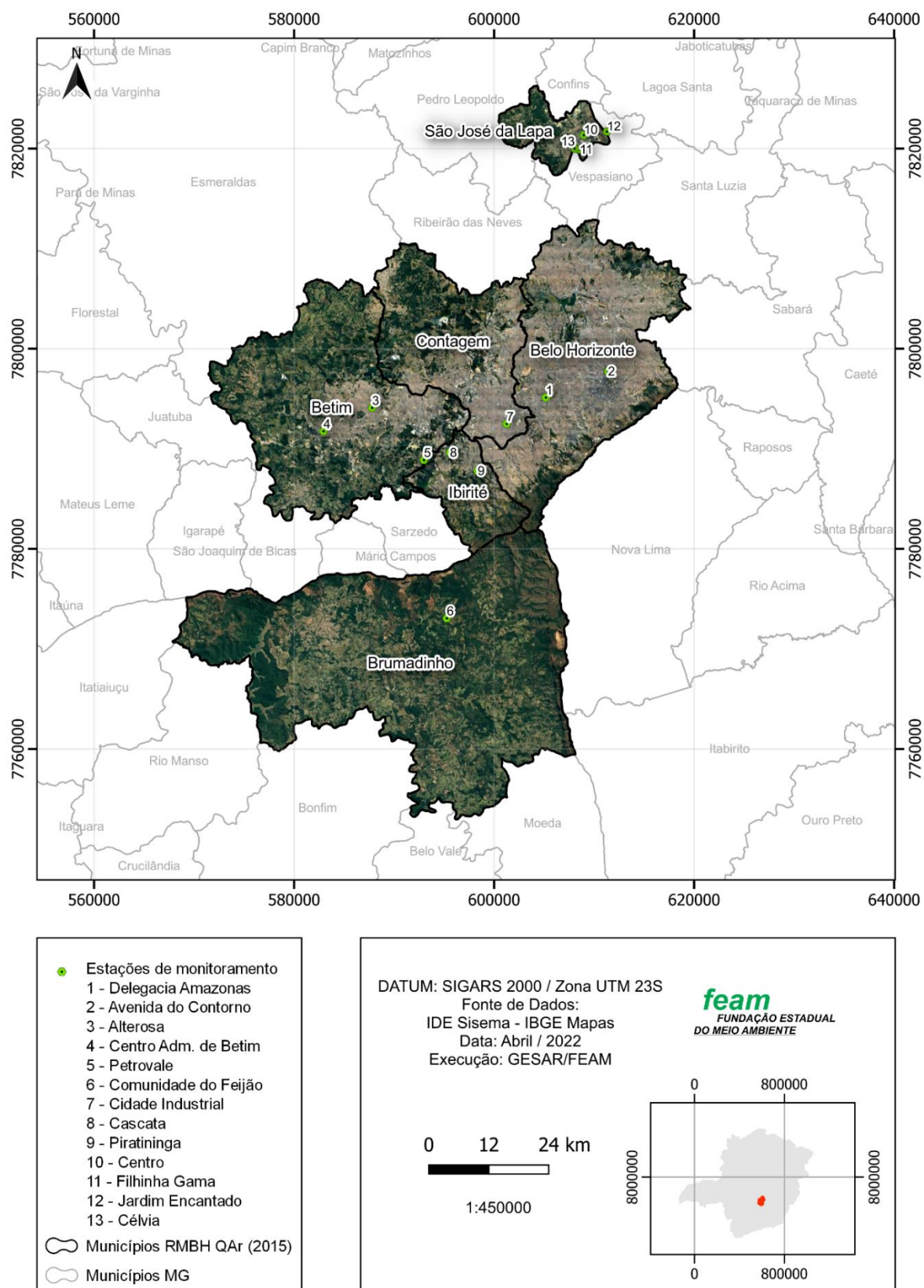


Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.

Tabela 6: Especificações das estações da RMVA.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Coronel Fabriciano	SENAC (Vale do Aço)	19° 31' 51.550" S	42° 37' 40.180" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T, UR, PA
Ipatinga	Veneza	19° 28' 17" S	42° 31' 35.2" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Bom Retiro	19° 30' 34.466" S	42° 33' 25.409" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Cariru	19° 29' 28.921" S	42° 31' 43.460" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Cidade Nobre	19° 27' 40.219" S	42° 33' 36.742" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Timóteo	Hospital Vital Brazil	19° 33' 0.370" S	42° 38' 38.840" W	MP _{2,5}	VV, DV, T, UR
	Cecília Meireles	19° 32' 49.930" S	42° 39' 23.890" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃	VV, DV, T, UR
	Escola Sementinha	19° 32' 12.340" S	42° 40' 18.620" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T, UR

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação (PP), temperatura (T), radiação solar (RS), umidade relativa (UR) e pressão atmosférica (PA).

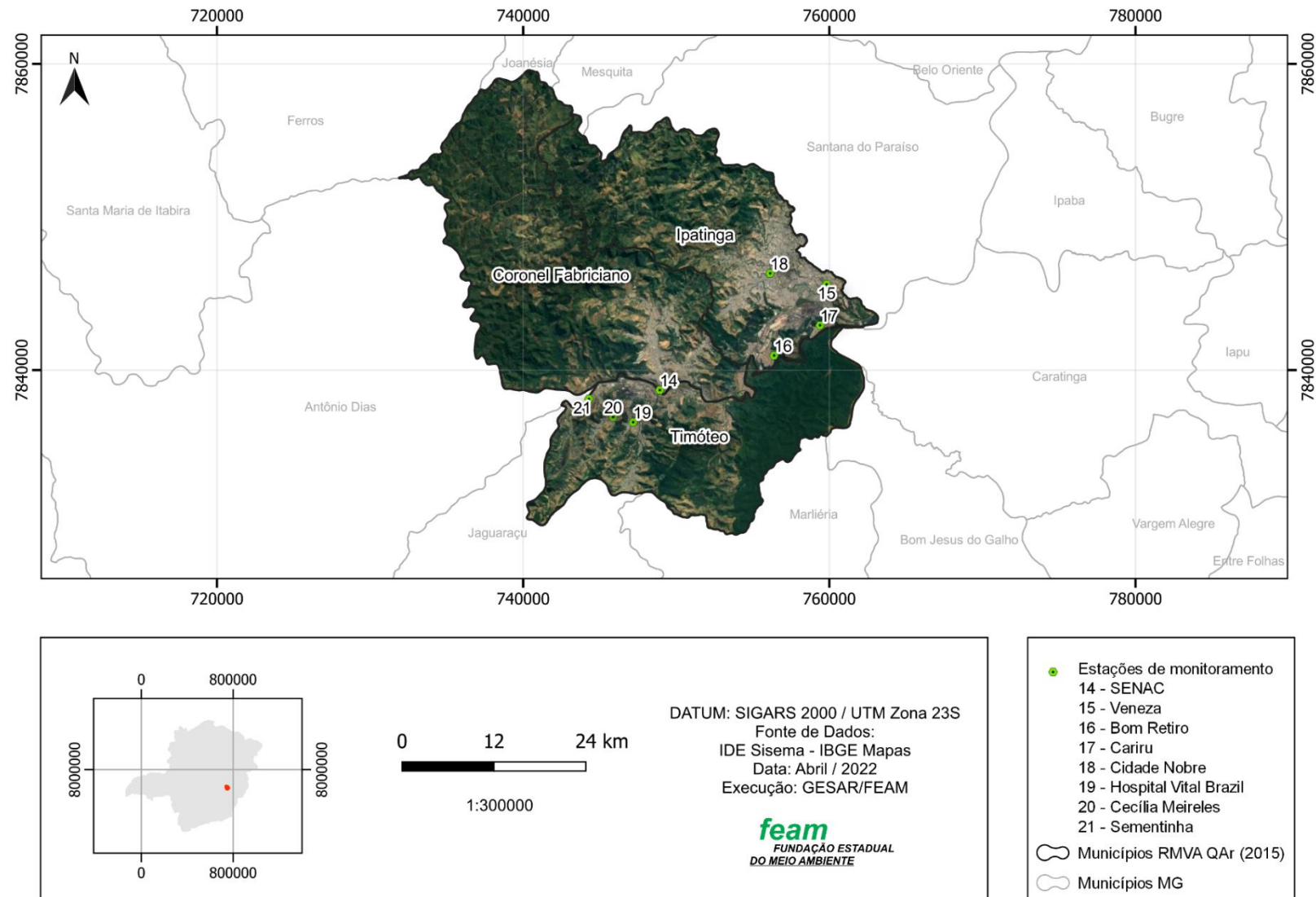


Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.

Tabela 7: Especificações das estações dos demais municípios.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Barra Longa	Barra Longa Centro	20° 16 '57.25" S	43° 2' 25.23" O	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, UR
Itabira	Estação Pará	19° 37' 9.998" S	43° 13' 50.848" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Major Lage	19° 38' 9.481" S	43° 14' 14.813" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Félix	19° 39' 14.998" S	43° 14' 14.680" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Panorama	19° 38' 4.099" S	43° 13' 19.099" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
Paracatu	São Domingos	17° 11' 53.916" S	46° 51' 32.184" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Clube União	17° 12' 56.455" S	46° 53' 11.969" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T
	Copasa	17° 12' 19.580" S	46° 52' 27.602" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Lagoa Trindade Rodrigues	17° 9' 1.764" S	46° 49' 59.779" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Estação Sérgio Ulhoa	17° 13' 30.087" S	46° 52' 32.174" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação (PP), temperatura (T), radiação solar (RS), umidade relativa (UR) e pressão atmosférica (PA).

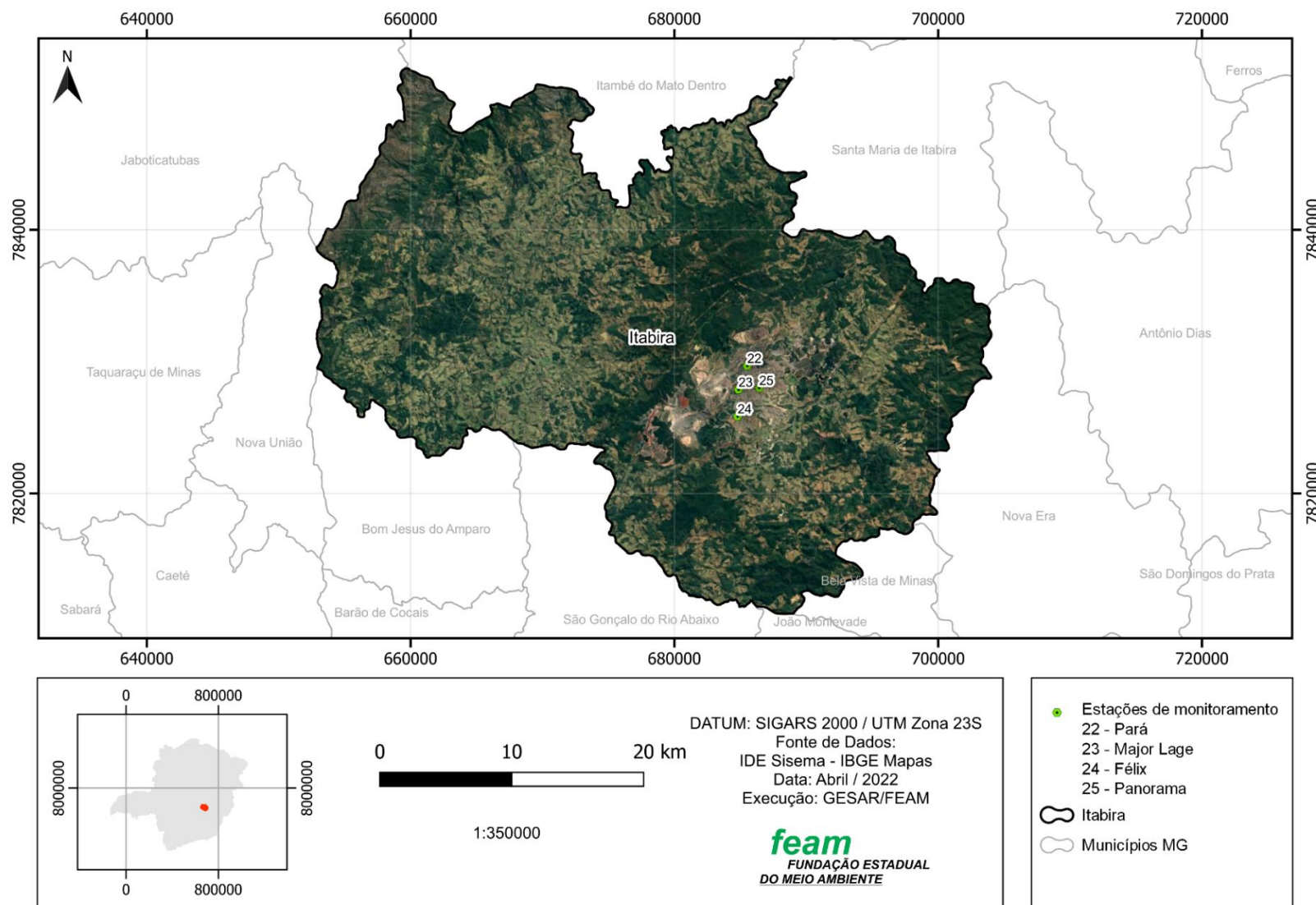


Figura 4: Estações de monitoramento da QAr em Itabira.

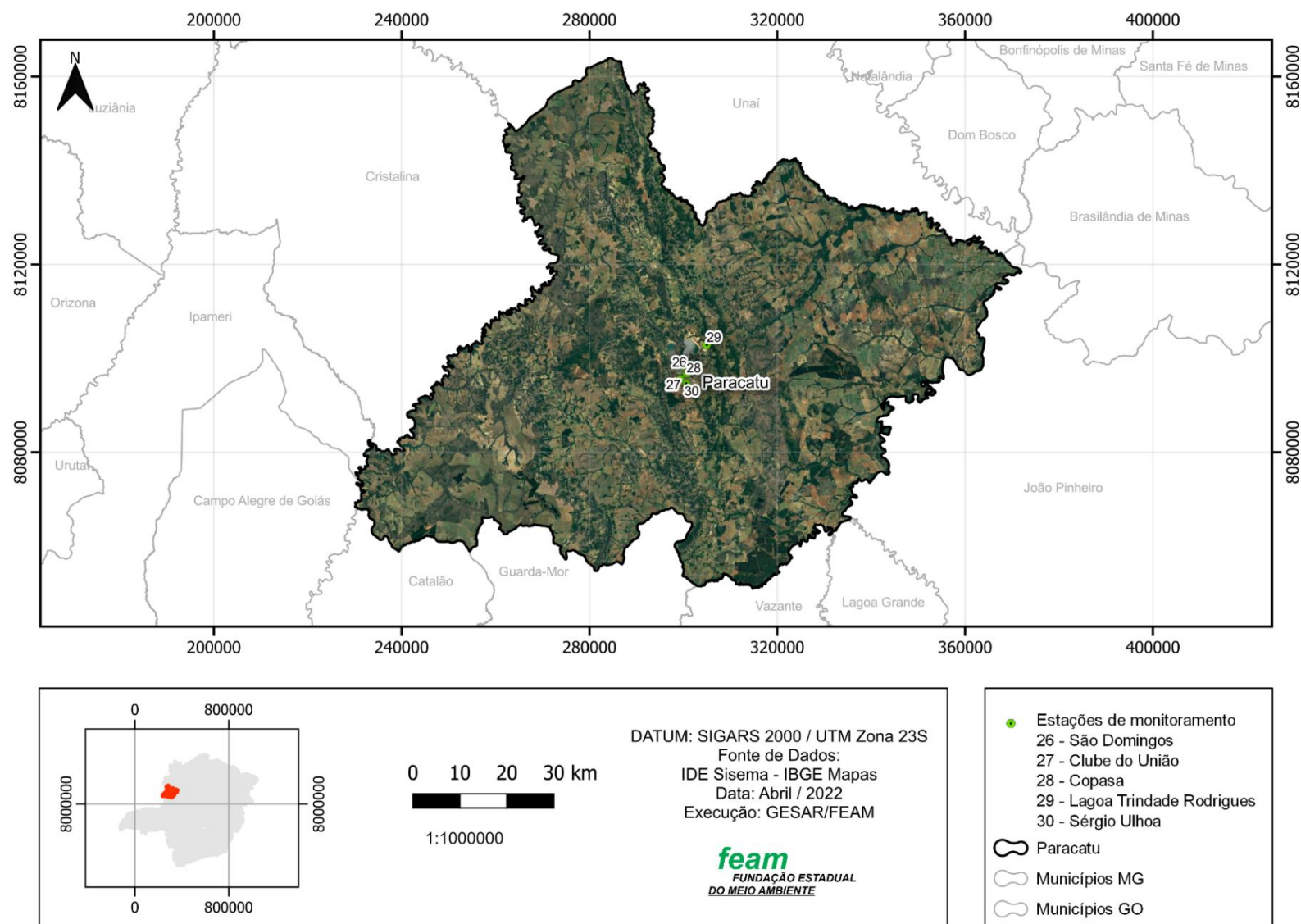


Figura 5: Estações de monitoramento da QAR em Paracatu.

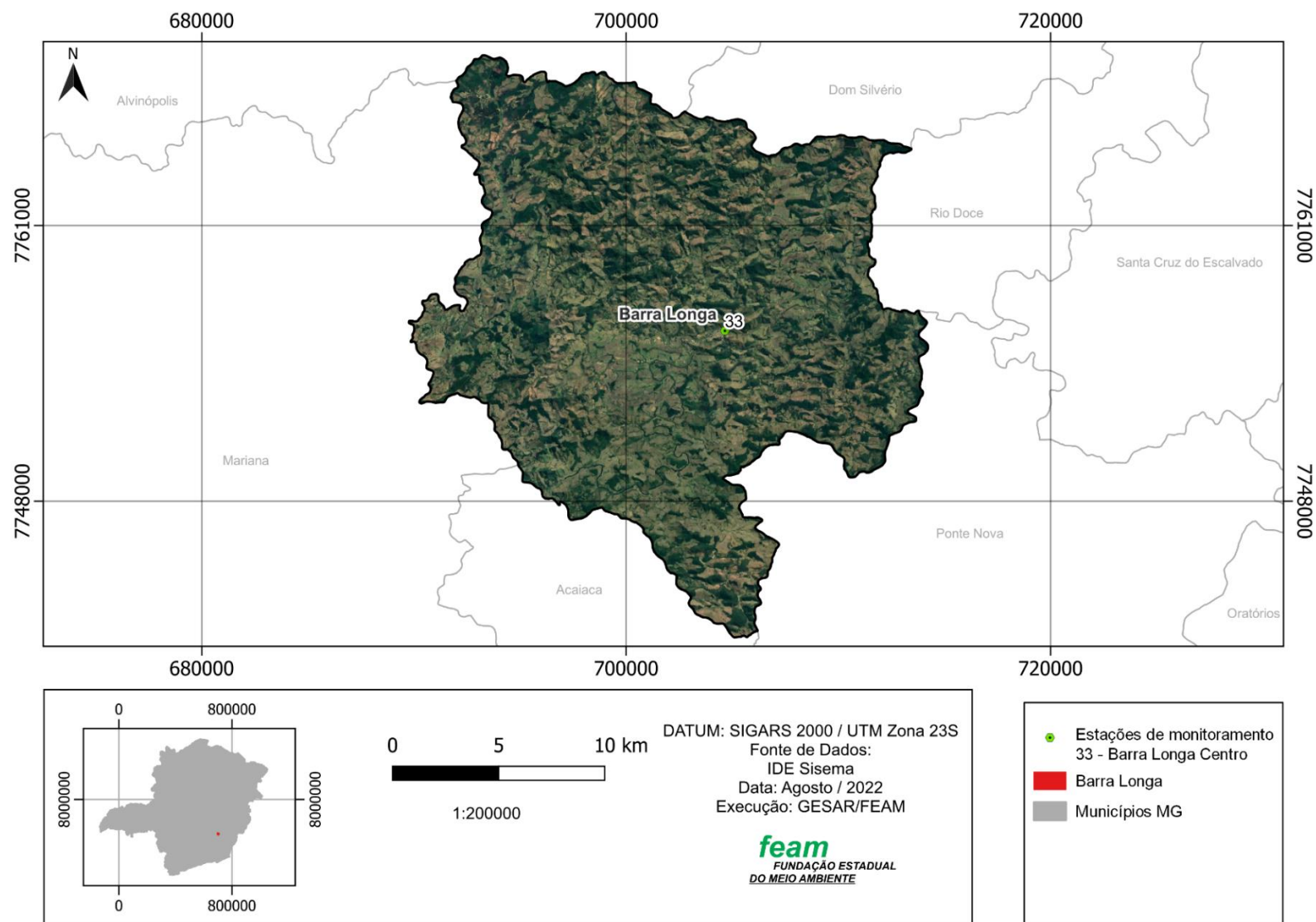


Figura 6: Estações de monitoramento da QAr em Barra Longa.

113.3 Tratamento dos dados

3.3.1. Dados de qualidade do ar

Os dados utilizados para elaboração deste relatório foram as concentrações médias horárias para cada um dos poluentes monitorados nas estações. A partir destes dados foram calculadas as médias móveis de 8 horas (CO), médias aritmética de 24 horas e anuais (MP₁₀, MP_{2,5}, NO₂ e SO₂) e média geométrica anual (PTS), para a realização das comparações com os padrões previstos na Resolução CONAMA nº 03/1990. Ainda que a Resolução, quando vigente, não contemplasse padrão para as partículas respiráveis, também foram calculados valores para esse poluente e, a título de comparação, foram utilizados os valores orientadores da OMS.

Entretanto, previamente a esses cálculos, foi necessário verificar a representatividade dos dados do monitoramento contínuo, que podem sofrer perdas devido à queda de energia, problemas técnicos com os analisadores, vandalismo nas estações, etc. O não atendimento desses critérios para uma determinada estação ou período significa que as falhas de medição ocorridas comprometem a interpretação do resultado, à luz dos padrões vigentes (MMA, 2021). Considerou-se representativos os dados gerados nas estações que observaram, no mínimo, as condições estabelecidas na Tabela 8.

Tabela 8: Tipos de médias para o cálculo dos parâmetros e critérios de validação.

Tipo de média	Critério de validação de representatividade
Média horária	75% das medidas válidas na hora
Média diária	$\frac{2}{3}$ das médias horárias válidas no dia
Média mensal	$\frac{2}{3}$ das médias diárias válidas no mês
Média anual	50% das médias diárias válidas obtidas em cada quadrimestre (jan-abr; mai-ago; set-dez)*

*Para representatividade da média anual, é importante que os critérios sejam obedecidos nos 3 quadrimestres do ano em questão, para garantir que as diferentes condições meteorológicas do ano foram englobadas.

Em alguns casos, a média anual não atendeu ao critério de representatividade, e por consequência, estes valores foram apresentados nas Figuras e Tabelas com a indicação “não representativos” seguidos do símbolo de asterisco (*). Além disso,

foram apresentadas a porcentagem de dias de classificação do IQAr segundo os critérios estabelecidos na Tabela 2 para cada poluente, separadamente.

3.3.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos de temperatura, precipitação e velocidade do vento monitorados nas estações de qualidade do ar foram comparados com as normais climatológicas de estações do INMET, instaladas preferencialmente em um dos municípios em análise. As normais climatológicas podem ser acessadas no seguinte endereço eletrônico: <https://portal.inmet.gov.br/normais>.

Também foi avaliada a classificação de dias desfavoráveis à dispersão atmosférica seguindo os critérios da metodologia utilizada pela CETESB (2011), sendo eles: (a) porcentagem de calmaria (velocidade do vento inferior a 0,5 m/s durante o dia maior ou igual a 25%) e (b) ausência de precipitação. Ambos os critérios (a e b) devem ser atendidos simultaneamente.

Por fim, por meio de consultas aos Boletins Mensais do INFOCLIMA (CPTEC, 2016) foram verificados quais os fenômenos meteorológicos de grande escala que estavam atuando no território de Minas Gerais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. RMBH

Historicamente, a formação da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) atravessou seis períodos diferenciados: a criação e expansão da capital mineira de Belo Horizonte, planejada no final do século XIX; a acelerada expansão urbana na década de 1940, associada às mudanças para garantir a infraestrutura necessária para a industrialização da região; o início do processo de conurbação e metropolização, que abrange o intervalo entre as décadas de 1950 e 1960; a impulsão fortemente industrial, proveniente do “milagre econômico”, com resultados perceptíveis na estrutura socioespacial da metrópole; o processo de periferação dos assentamentos irregulares e a crescente favelização, decorrentes da recessão econômica entre os anos de 1970 e 1980; e por fim, as mudanças socioespaciais de 1990 até 2010 (FILHO, 2012).

De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, a RMBH contava com uma população residente de 5.414.701 habitantes, concentrando 27,6% de toda população mineira, onde, aproximadamente, 97,6% situava-se em área urbanizada, enquanto que apenas 2,4% em área rural.

A RMBH apresenta uma economia bastante diversa, destacando-se o terceiro setor produtivo, possibilitando o fornecimento de serviços de saúde, educação, instituições bancárias, lazer e turismo, cultura e comunicação. Também desempenha um papel muito importante para a economia da região a mineração, que contribui substancialmente para o PIB e, que para o ano de 2016, somava um montante de R\$ 195,8 bilhões de reais (IBGE, 2022).

4.1.1 Caracterização das fontes de poluição da RMBH

A qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte é influenciada por diversos agentes, dentre os destaques estão as fontes estacionárias e móveis, abrangendo diferentes poluentes lançados por indústrias, comércios e outros (MOURA, 2016).

A Figura 7 mostra o avanço da frota veicular nas cidades da RMBH que possuem estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas em seus territórios, do ano de 2006 até 2016, na qual os dados da capital mineira estão dispostos no eixo secundário (à direita) e a contabilização da frota veicular compreende quaisquer tipologias de transporte.

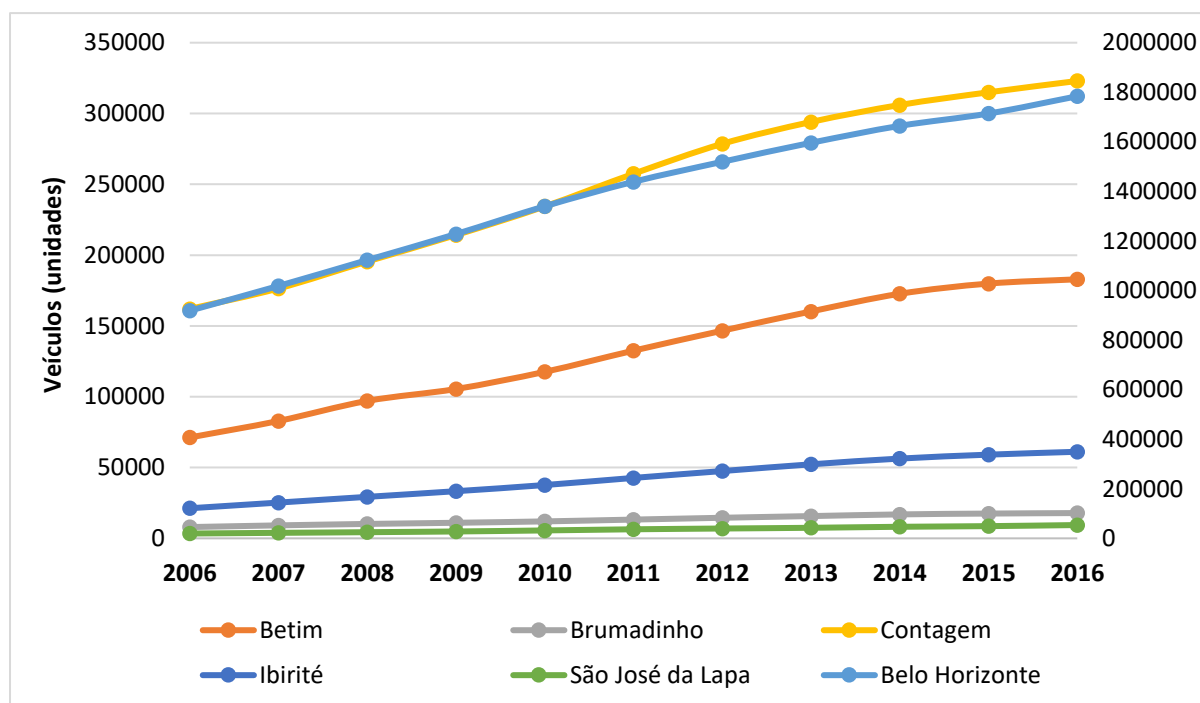


Figura 7: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMBH.

Fonte: IBGE, 2022.

Todas as cidades da rede apresentaram uma tendência crescente desde 2006, sendo mais presentes os automóveis e as motocicletas, conforme dados do IBGE (2022). O município de Ibirité apresentou um aumento de 188%, passando de 21.258 a 61.136 veículos. Belo Horizonte, mesmo possuindo a maior frota da RMBH, foi a cidade que teve o menor aumento percentual no período de 2006 a 2016, cerca de 94%.

Segundo Fagundes (2016) as queimadas também contribuem substancialmente com a poluição atmosférica, sendo extremamente danosas para as regiões atingidas. De 2012 até 2016, foram catalogados nos municípios da RMBH que possuem estações de QAr, 2502 focos de incêndio (INPE, 2023), sendo estes distribuídos conforme Figura 8.

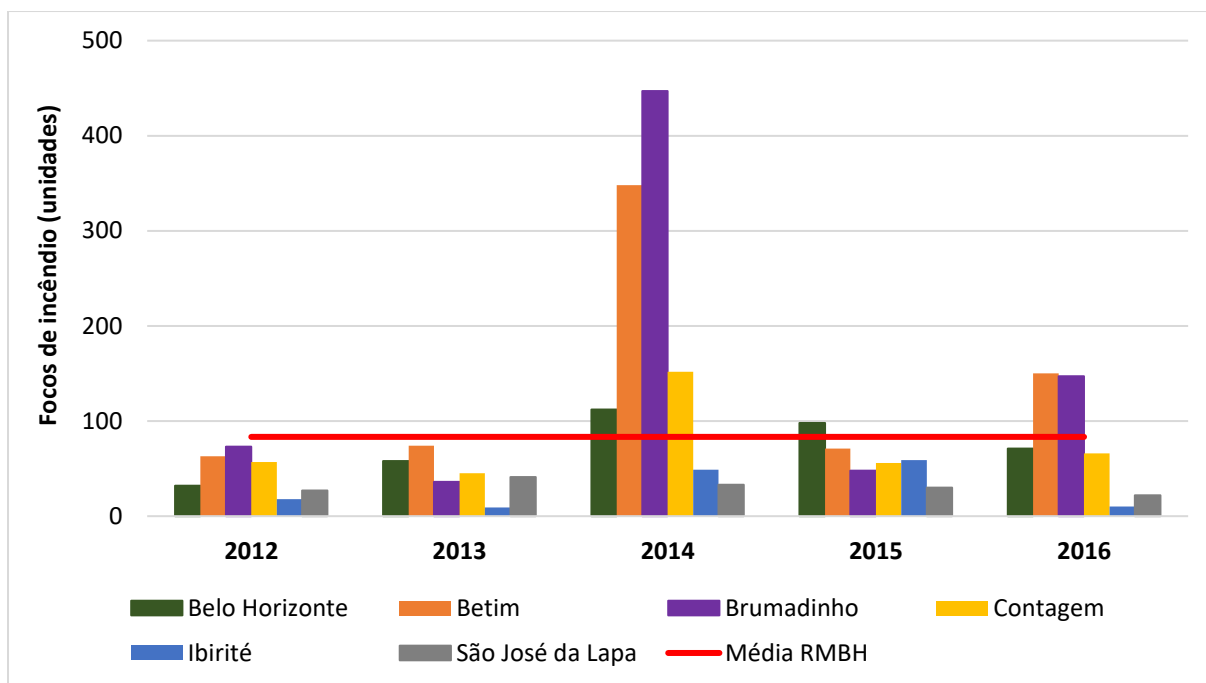


Figura 8: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMBH.

Fonte: INPE, 2023.

De acordo com a Figura 8, observa-se que o ano de 2014 destoa em relação aos demais do período, somando 1141 focos de incêndio na região. Por outro lado, o ano de 2016 apresentou 466 ocorrências, com os municípios de Betim e Brumadinho tendo se destacado, com valores acima da média do número de registros de 2012 até 2016 (83 focos por ano).

Com relação às fontes industriais foi quantificado o número de empreendimentos licenciados nos municípios com estações de monitoramento da qualidade do ar, considerando as informações de uma das camadas de Regularização Ambiental da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) do SISEMA (Histórico de licenças emitidas pela SEMAD entre 2013 e 2019). Essa camada considera apenas os empreendimentos Classes 3 a 6 com licenças ambientais deferidas a partir do ano de 2013 (SEMAD, 2018).

A partir das informações disponíveis no IDE, foi possível quantificar e qualificar os empreendimentos licenciados. A Figura 9 apresenta a evolução dos empreendimentos licenciados na RMBH no período de 2013 a 2016, considerando para cada ano os empreendimentos em funcionamento.

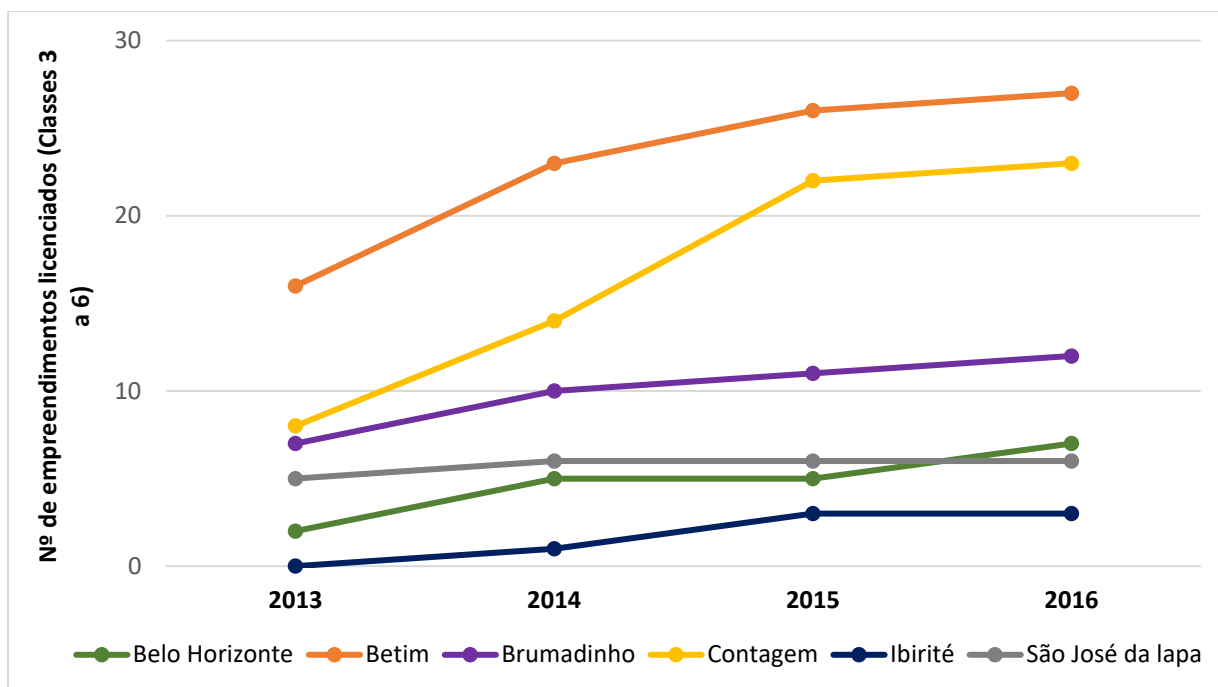


Figura 9: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 na RMBH.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

De acordo com a Figura 9, em Ibirité e em São José da Lapa, de 2015 para 2016, o número de empreendimentos licenciados se manteve o mesmo. Já a análise do período de 2013 a 2016 revela que os municípios de Betim e Contagem apresentaram os maiores aumentos do número de empreendimentos licenciados na classe 3 a 6.

Com relação à tipologia industrial, segundo a Deliberação Normativa COPAM nº 74/2004, vigente à época, os empreendimentos e atividades eram identificados e agrupados conforme a listagem, a seguir:

- Listagem A - Atividades Minerárias
- Listagem B - Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras
- Listagem C - Atividades Industriais / Indústria Química
- Listagem D - Atividades Industriais / Indústria Alimentícia
- Listagem E - Atividades de Infra-Estrutura
- Listagem F - Serviços e Comércio Atacadista
- Listagem G - Atividades Agrossilvipastoris

Dessa forma, a Tabela 9 apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2016, de acordo com a Listagem de atividades da DN COPAM nº 74/2004, considerando as informações disponíveis no IDE.

Tabela 9: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 74/2004
Fonte: IDE-SISEMA, 2023.

Listagens	Belo Horizonte	Betim	Brumadinho	Contagem	Ibirité	São José da Lapa
Listagem A	-	2	10	-	-	1
Listagem B	2	6	-	11	1	1
Listagem C	1	5	-	3	-	2
Listagem D	-	-	-	2	-	-
Listagem E	2	3	2	3	-	1
Listagem F	2	11	-	4	2	1

Em São José da Lapa, Ibirité e Belo Horizonte não foi observada predominância de nenhum setor. Entretanto, em Contagem a maioria dos empreendimentos estão relacionados à atividade metalúrgica e afins, induzindo a um maior impacto industrial via emissão por chaminés. Já Brumadinho destacou-se os empreendimentos minerários, enquanto em Betim os empreendimentos de serviços e Comércio Atacadista, com relevância, respectivamente, nas emissões por fontes áreas (difusas) e veicular.

4.1.2 Meteorologia da RMBH

De acordo com INMET (2016) o fenômeno *El Niño* no Brasil de 2015/2016 foi considerado de intensidade forte de acordo com os valores do Índice ONI (*Oceanic Niño Index*), sendo que, ao longo do verão e do outono de 2016, a temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Equatorial foram gradativamente menos quentes e o fenômeno *El Niño* de 2015/2016 foi perdendo sua intensidade, principalmente em maio, devido à anomalia negativa da TSM no Pacífico Equatorial Central e a partir de junho até dezembro persistiu uma condição de neutralidade.

De forma geral o primeiro trimestre do ano de 2016 foi marcado por janeiro com aumento da pluviometria sobre a Região Sudeste. No começo de fevereiro a distribuição espacial de chuvas voltou a apresentar um padrão típico associado ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), com déficit pluviométrico na maior parte do País. Entretanto, a organização de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), embora fracos, contribuiu para a ocorrência de chuvas acima da média em parte do Sudeste no final de fevereiro e no decorrer da primeira quinzena de março (INFOCLIMA, 2016). Quanto às temperaturas, o primeiro trimestre do ano de 2016

ficou de um modo geral, mais quente quando comparado com a Normal Climatológica (1961-1990) (INMET, 2016).

O segundo trimestre começou com a ocorrência um bloqueio atmosférico que se estabeleceu no Pacífico Sul durante quase todo o mês de abril, caracterizando um déficit pluviométrico na maior parte do Brasil, enquanto que o mês de maio foi marcado por incursões de massas de ar frio que declinaram as temperaturas no centro-sul e oeste do Brasil, permanecendo durante a primeira quinzena de junho, com a ocorrência do fenômeno de friagem no sul da Amazônia e geada forte em vários municípios das Regiões Sul e Sudeste (INFOCLIMA, 2016).

Julho foi caracterizado por pouca chuva, mantendo-se ainda temperaturas mais amenas, devido à continuação da ocorrência de massas de ar frio (INFOCLIMA, 2016). Em agosto observou-se o deslocamento de três frentes frias, que contribuíram para intensificar as chuvas nas regiões sul e sudeste e diminuir as temperaturas mínimas (INMET, 2016). Além disso, segundo INMET (2016) o contraste de massas de ar de características diferentes, massa de ar frio de origem polar com massa de ar quente e seca, favoreceu a ocorrência de chuvas em algumas regiões de Minas Gerais em agosto.

O último trimestre do ano foi marcado por um período de outubro a meados de dezembro mais seco, em função da falta de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), típicos deste período do ano. No entanto, em novembro, a passagem de quatro sistemas frontais e a formação de regiões de convergência de umidade contribuiu para acentuados volumes de chuva em várias cidades do leste da Região Sudeste. Porém, na segunda metade de dezembro a ausência de episódios bem configurados de ZCAS deu lugar a atuação de vórtices ciclônicos no interior do continente, os quais favoreceram a formação de áreas de instabilidade principalmente entre o sul de Minas Gerais e São Paulo (INFOCLIMA, 2016).

Alguns desses fenômenos foram percebidos na RMBH, como o regime mensal de chuvas, que apresentou menores acumulados de chuva de fevereiro a dezembro quando comparados à normal climatológica de Belo Horizonte (INMET). Destaca-se outubro, no qual ficou evidente o impacto causado pela falta de evento ZCAS, com acumulados bem abaixo da normal deste mês. Excetua-se nessa avaliação junho,

cuja a atividade frontal e da passagem de perturbações na média e alta troposfera impactou em precipitação mensal acima da normal climatológica. A temperatura média mensal seguiu o comportamento oposto ao regime das chuvas, com valores um pouco menores que a normal em algumas estações da RMBH no mês de junho, e o período de fevereiro a novembro com temperaturas médias mais elevadas (Figura 11).

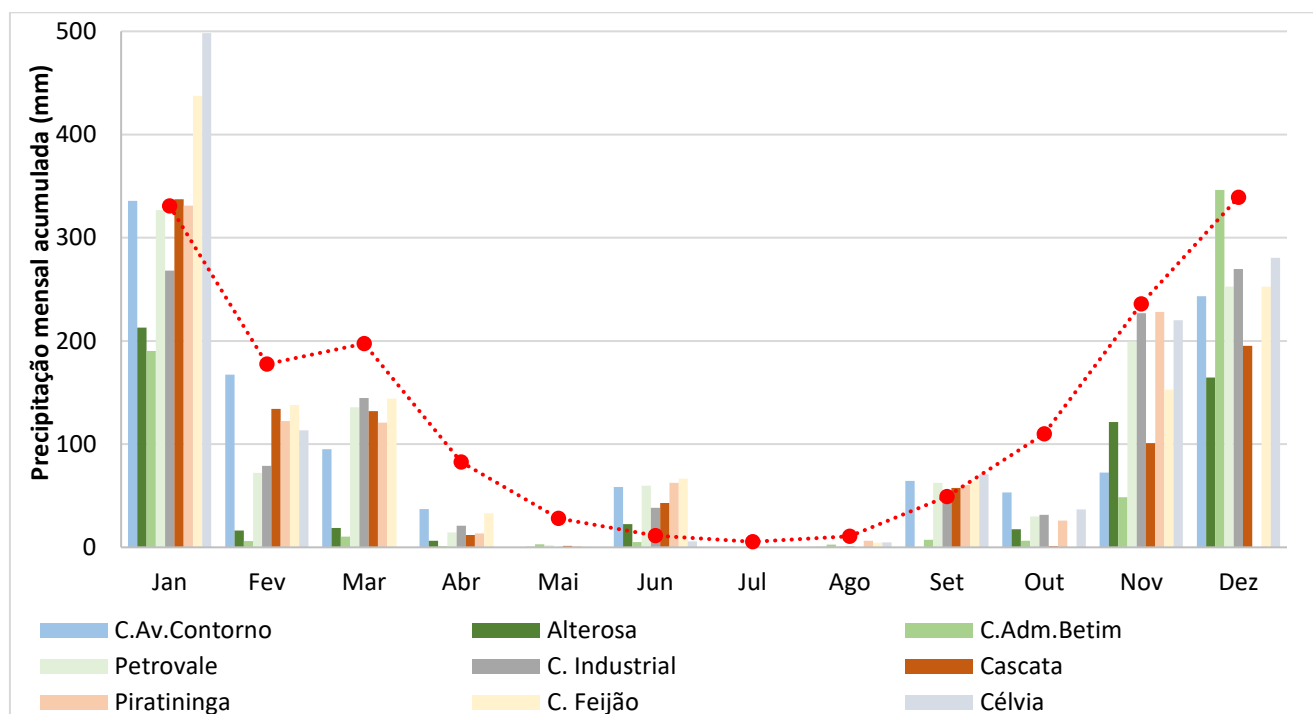


Figura 10: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2016 na RMBH.

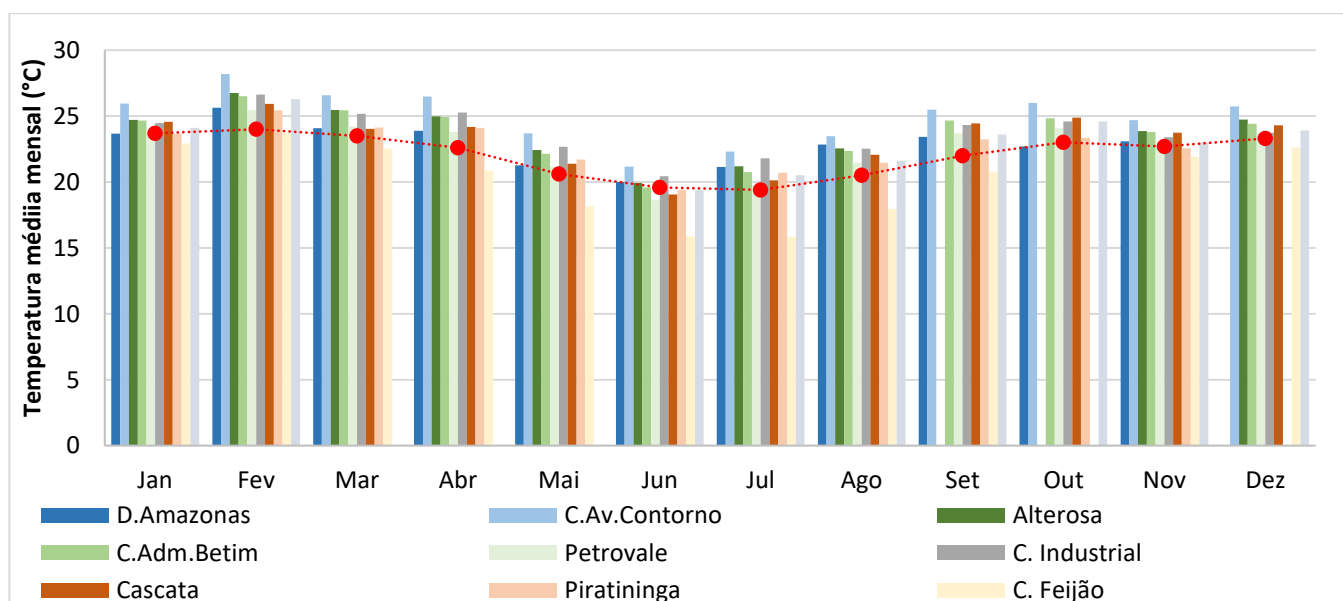


Figura 11: Temperatura média mensal para o ano de 2016 na RMBH.

Com relação à intensidade dos ventos na RMBH (Figura 12) os valores medidos nas estações em 2016 mostraram ventos com baixa intensidade em Brumadinho e São José da Lapa, com destaque para Brumadinho, o que, aliado ao regime de chuvas em 2016, colaborou para um elevado número de dias desfavoráveis à dispersão atmosférica nesse município.

Para as demais estações foi observado ventos mais elevados que a normal climatológica de Belo Horizonte (INMET), com destaque para o período de julho a dezembro. Há de se destacar na Figura 13 o mês de junho, sendo observado dias desfavoráveis em todos os municípios analisados por meio da medição nas estações de qualidade do ar, mesmo com acumulado de precipitação mensal maior que a normal climatológica. Em contrapartida, não foi encontrado nenhum dia desfavorável à dispersão na estação do INMET Cercadinho/BH no ano de 2016.

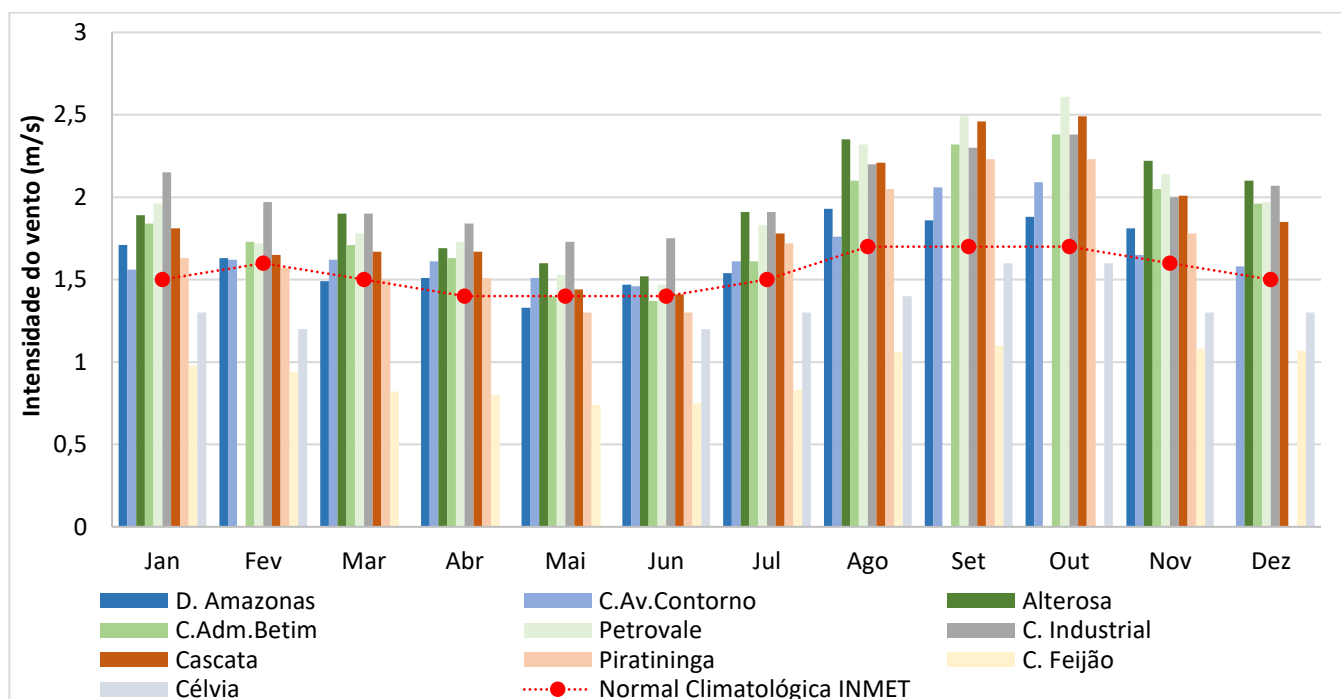


Figura 12: Velocidade do vento mensal para o ano de 2016 na RMBH.

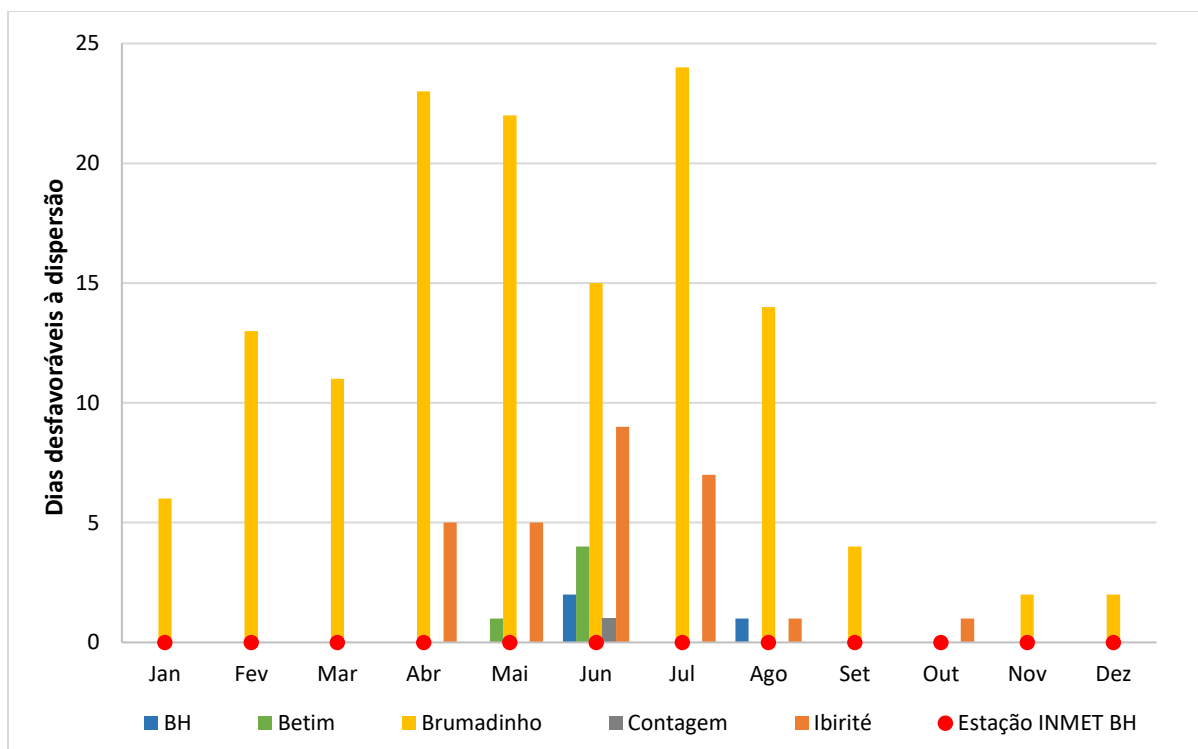


Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão para o ano de 2016 na RMBH.

4.1.3 PTS na RMBH

Na RMBH, a Estação Comunidade do Feijão, em Brumadinho, é a única que fazia o monitoramento das partículas totais em suspensão, em 2016.

A Figura 14 apresenta os valores máximos das médias de 24h (curta exposição) de concentração de PTS nesta estação, tendo como referência o padrão primário da Resolução CONAMA nº 03/1990.

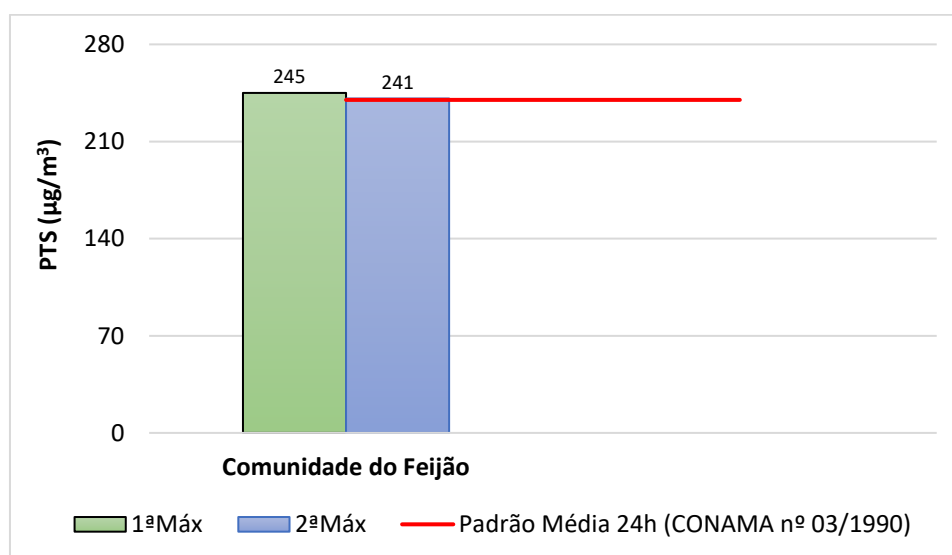


Figura 14: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.

As máximas concentrações encontradas foram de $245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $241 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ambas acima do padrão primário diário estabelecido pela legislação vigente à época ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esses valores foram obtidos em agosto (15/08) e setembro (15/09). Em agosto o volume de precipitação mensal ficou abaixo da normal climatológica, conforme mostrado na Figura 10, e no mês de julho não houve nenhum registro de precipitação em Brumadinho. Quanto à ultrapassagem registrada em setembro, pode ter sido influenciada pelos focos de incêndio detectados no município neste dia, 6 no total.

Apesar das ultrapassagens do padrão diário que geraram índice “Regular” e da parcela de dados omissos, percebeu-se a prevalência da classe “Boa” na avaliação do IQAr para PTS na Estação Comunidade do Feijão, conforme apresentado na Figura 15.

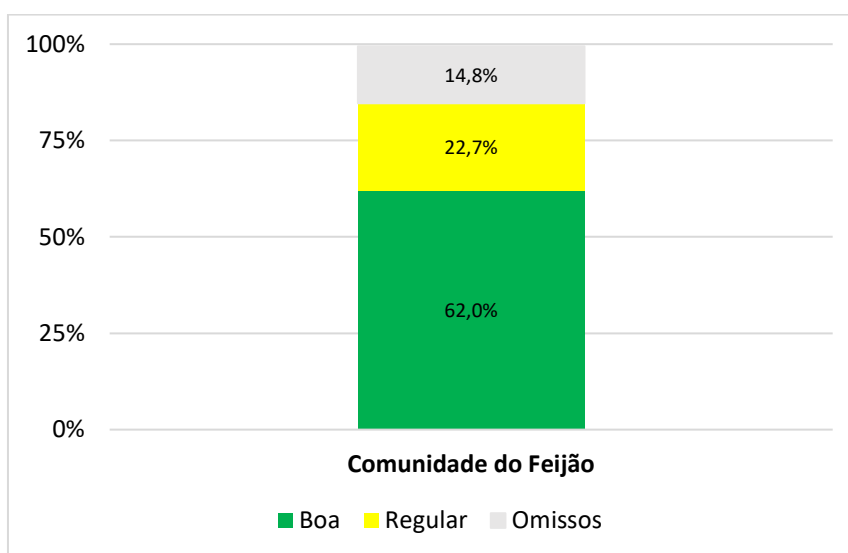


Figura 15: Distribuição percentual do IQAr para PTS em Brumadinho.

Essa predominância de IQAr na classe “Boa” impactou o resultado da média geométrica anual, sendo obtido o valor de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nessa estação, no qual o padrão de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ não foi superado.

Quanto à evolução das concentrações das médias anuais de PTS em Brumadinho, no período de 2015 a 2016, não houve grande diferença, uma vez que o valor obtido em 2015 foi de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.4 MP₁₀ na RMBH

Na Figura 16 são destacadas as máximas concentrações diárias obtidas para as partículas inaláveis nas estações da RMBH, e a comparação com o padrão de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de acordo com a Resolução CONAMA nº 03/1990.

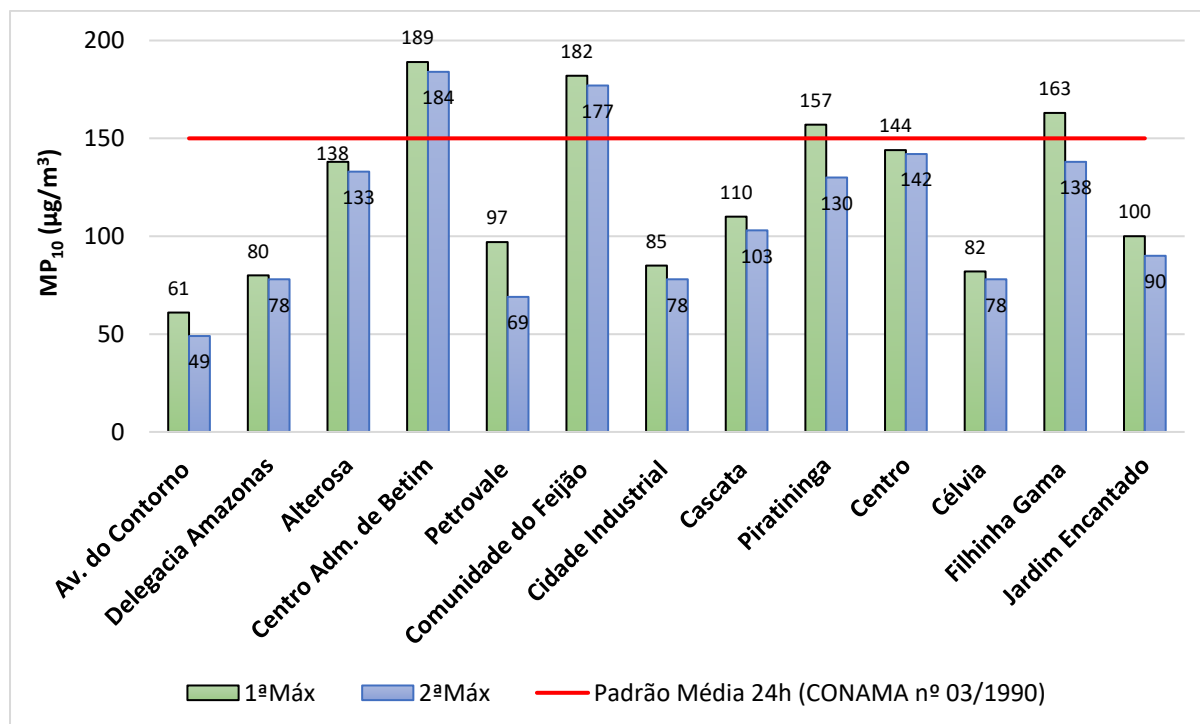


Figura 16: Concentrações máximas diárias de MP₁₀ nas estações da RMBH.

Conforme os resultados houve ultrapassagem do valor estabelecido pela legislação em quatro cidades que compõe a rede de monitoramento da RMBH: Betim, Brumadinho, Ibirité e São José da Lapa. Dentre as observações, a maior 1ª máxima concentração diária ocorreu para a estação Centro Administrativo de Betim, cujo valor foi de 189 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 26% maior que o padrão de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 03/1990, o padrão diário de MP₁₀ é atendido desde que ele não seja excedido mais de uma vez por ano. Nesse sentido, a estação Centro Administrativo de Betim não atendeu ao valor recomendado, pois, excedeu ao limite seis vezes no ano de 2016, nos meses de julho, agosto e setembro. Conforme apresentado e discutido no item Meteorologia da RMBH (Figura 10), nestes meses do ano as precipitações ficaram abaixo da normal climatológica e a escassez de chuva é um dos fatores que podem ter contribuído para a violação do padrão. Cabe

destacar ainda que o segundo maior valor de concentração diária obtido também foi observado na mesma estação (184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Analogamente, a estação Comunidade do Feijão também não atendeu a legislação, excedendo três vezes o padrão vigente nos meses de agosto e setembro de 2016. Em agosto, a ultrapassagem ocorreu no dia 18 e pode estar relacionada ao baixo volume de chuvas do referido mês, conforme discutido anteriormente. As ultrapassagens de setembro ocorreram nos dias 14 e 15, dias nos quais foram registrados ao todo 9 focos de incêndio no município.

A seguir, é apresentada na Figura 17 a distribuição percentual do Índice da Qualidade do Ar para as partículas inaláveis.

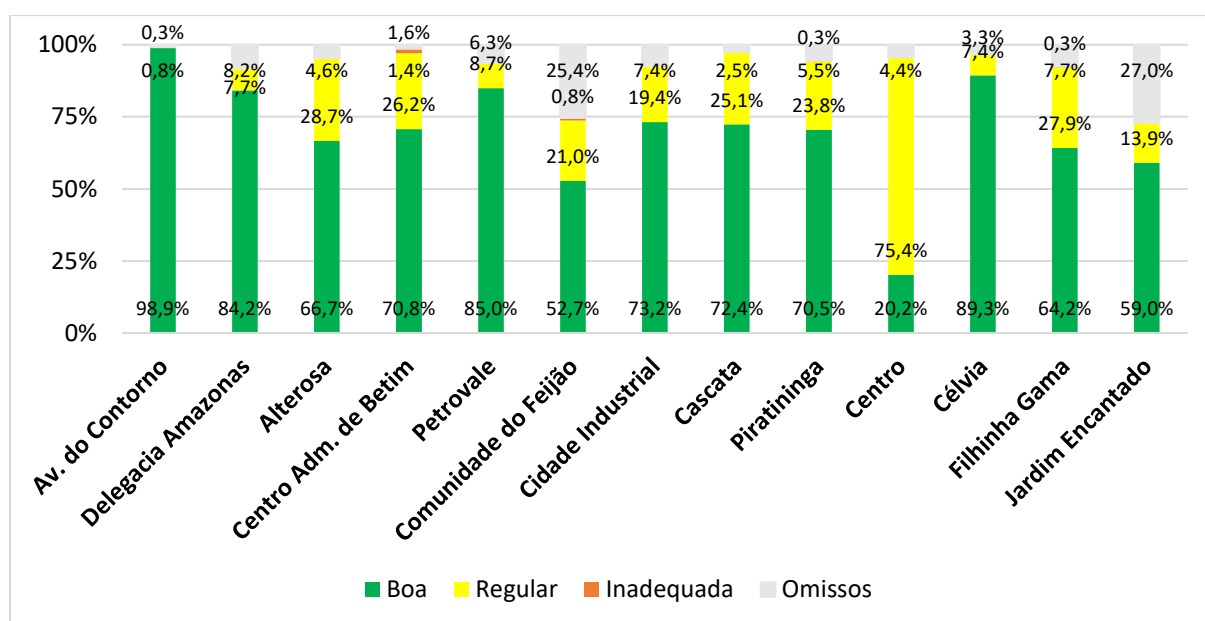


Figura 17: Distribuição percentual do IQAr de MP_{10} na RMBH.

A classe de IQAr “Boa” predominou nas estações da RMBH, com exceção à estação Centro, localizada em São José da Lapa. Destaca-se a estação Av. do Contorno que apresentou a maior distribuição percentual para a classe “Boa” (98,9%) e a menor distribuição percentual para os dados omissos (0,8%), sendo também a que apresentou algumas das menores médias de curta e longa exposição.

Em relação à classe “Regular”, nota-se que a estação Centro obteve a maior quantidade de dias com o IQAr nesta faixa (75,4%), seguida das estações Alterosa (28,7%) e Filhinha Gama (27,9%), em consonância com médias anuais mais elevadas destacadas na Figura 18.

Em 2016, nas estações Centro Adm. Betim, Comunidade do Feijão, Piratininga e Filhinha Gama houveram episódios de IQAr Inadequado. Estes eventos ocorreram em julho, agosto e setembro, meses com índices pluviométricos abaixo da média histórica, conforme discutido anteriormente.

As estações Comunidade do Feijão e Jardim Encantado apresentaram as maiores porcentagens de dias com IQAr omissos, ou seja, dias com médias diárias não representativas. No caso da estação Jardim Encantado (27%) acabou impactando na representatividade da média anual, conforme apresentado na Figura 18.

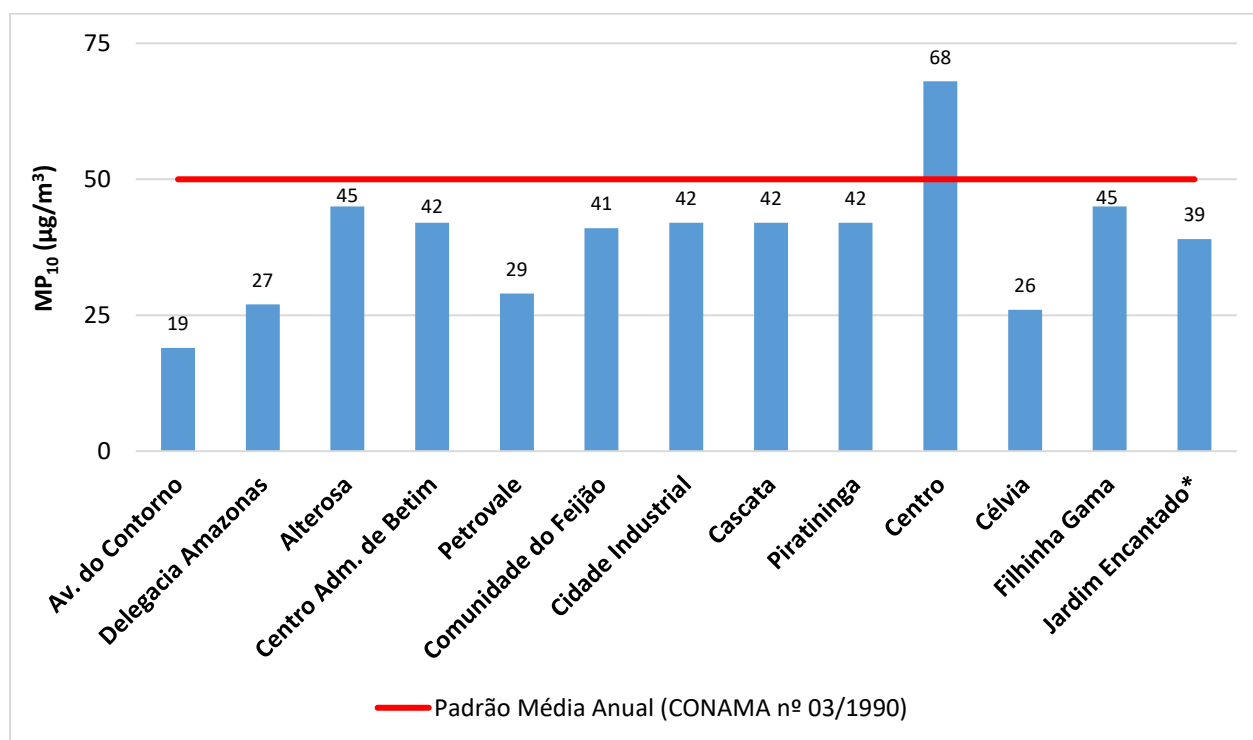


Figura 18: Concentrações médias anuais de MP₁₀ na RMBH.

*Não Representativo.

A ultrapassagem da concentração média anual ocorreu na cidade de São José da Lapa, na estação Centro (68 µg/m³), valor esse 36% acima do padrão estabelecido pela legislação (50 µg/m³), destoando dos demais encontrados para a mesma região. A 2ª maior média anual da RMBH foi registrada na estação Filhinha Gama (45 µg/m³), no mesmo município. Esse valor também foi observado para a estação Alterosa, situada na cidade de Betim.

Ainda em relação à média de longa duração é interessante acompanhar sua tendência ao longo dos anos. A Figura 19 apresenta a variação das concentrações médias anuais de MP₁₀ nos municípios da RMBH.

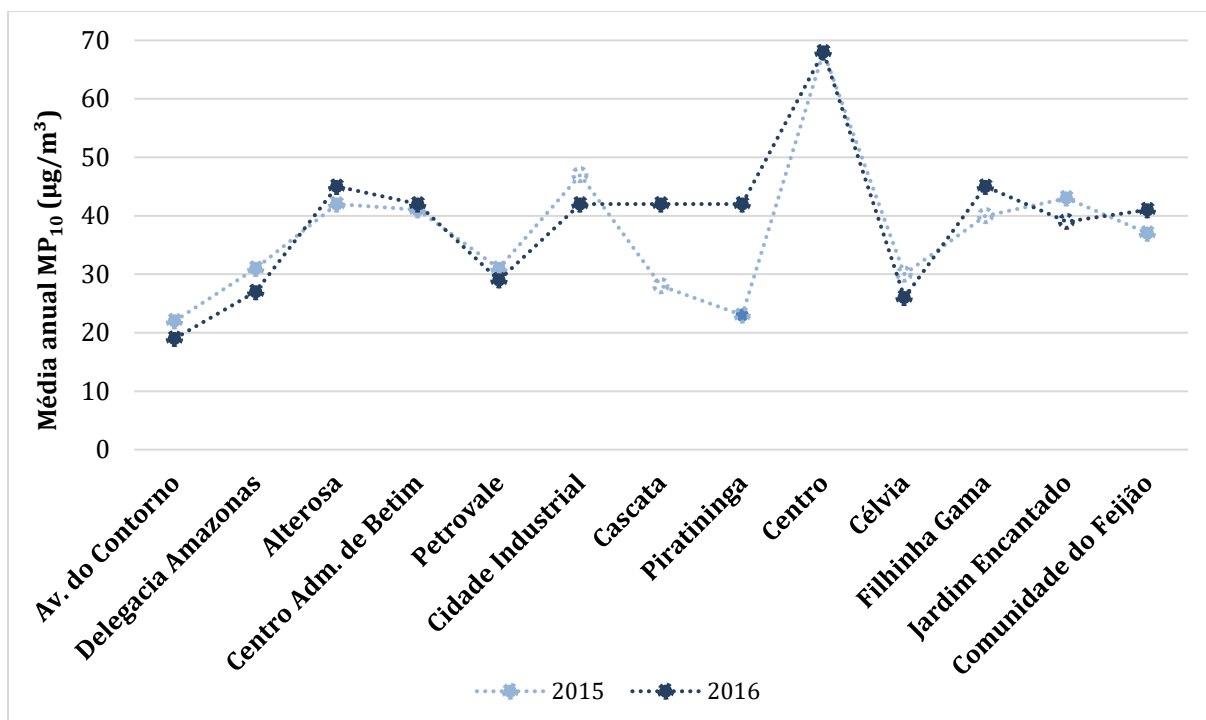


Figura 19: Evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} nos municípios da RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

A partir da análise dos dados obtidos, observa-se que para a maioria das estações não houve grande variação entre as médias anuais de 2015 e 2016. As maiores variações ocorreram nas estações Cascata e Piratininga, localizadas em Ibirité, entretanto, cabe destacar que a média anual de 2015 da estação Cascata não foi representativa. Destaca-se a estação Centro, no município de São José da Lapa, com valores mais elevados nos dois anos analisados, inclusive acima do padrão anual, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.5 $MP_{2,5}$ na RMBH

A Figura 20 e a Figura 21 exibem os resultados obtidos das concentrações de curta e longa exposição para as partículas respiráveis na RMBH, respectivamente. Cabe ressaltar que a Resolução CONAMA nº 03/1990 não determina padrões para $MP_{2,5}$, logo, para efeitos comparativos, foram utilizados valores recomendados pela OMS à época.

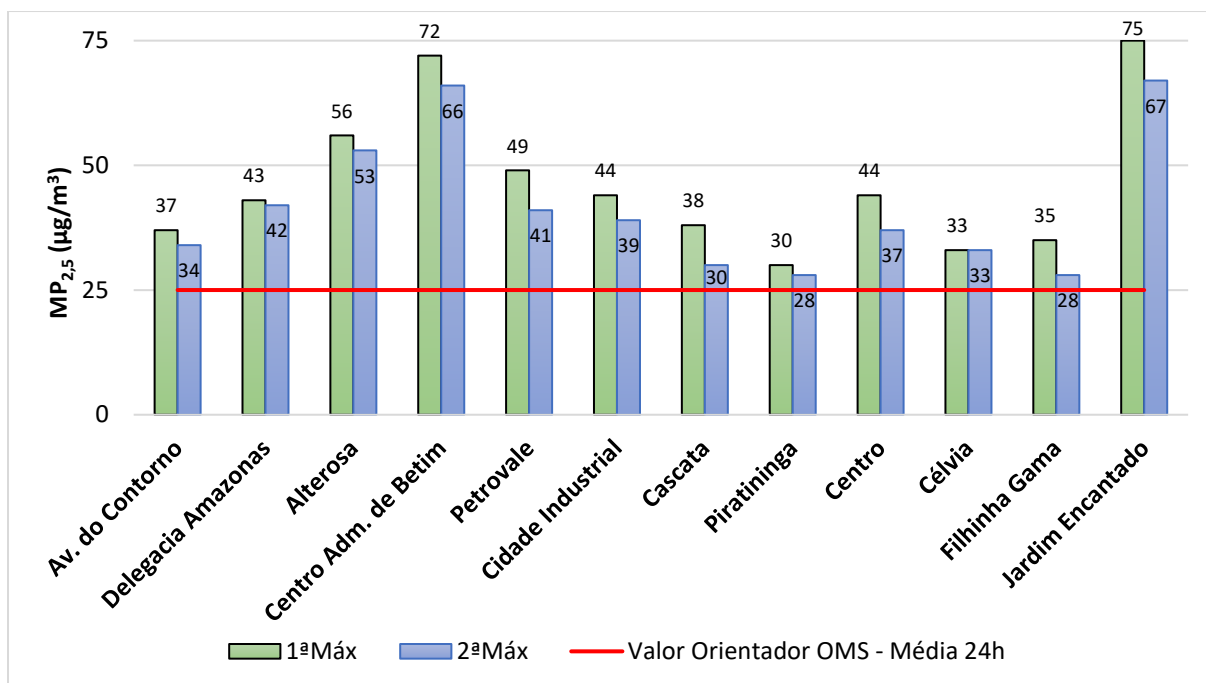


Figura 20: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ nas estações da RMBH.

Conforme Figura 20 o valor orientador da OMS foi ultrapassado em todas as estações que compõe da RMBH. As concentrações mais críticas foram observadas em São José da Lapa ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Betim ($72 \mu\text{g}/\text{m}^3$), estando 300% e 288% acima do valor recomendado pela OMS, que é de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A Figura 21 contempla os resultados obtidos para média anual das partículas respiráveis na RMBH.

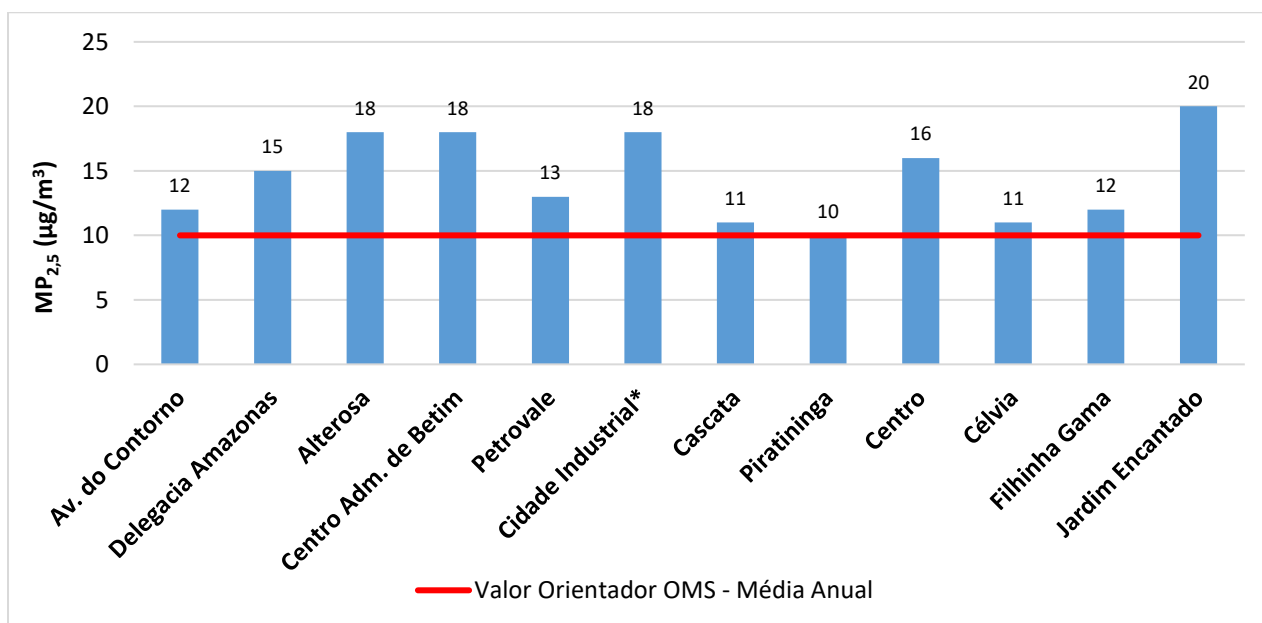


Figura 21: Concentrações Médias Anuais de $MP_{2,5}$ nas estações da RMBH.

*Não Representativo.

Numa perspectiva anual, as estações apresentaram um comportamento elevado similar ao observado para as médias diárias, estando quase todos os resultados acima do recomendado pela Organização Mundial de Saúde ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

As menores médias anuais foram majoritariamente observadas na cidade de Ibirité, para as estações Piratininga e Cascata, que também apresentaram as menores máximas médias diárias. Apesar da ultrapassagem das médias de curta exposição na estação Piratininga, a concentração anual esteve dentro do valor orientador da OMS apenas nessa referida estação, cujo valor obtido foi de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A Figura 22 apresenta a variação das concentrações médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$ nos municípios da RMBH, para os anos de 2015 e 2016.

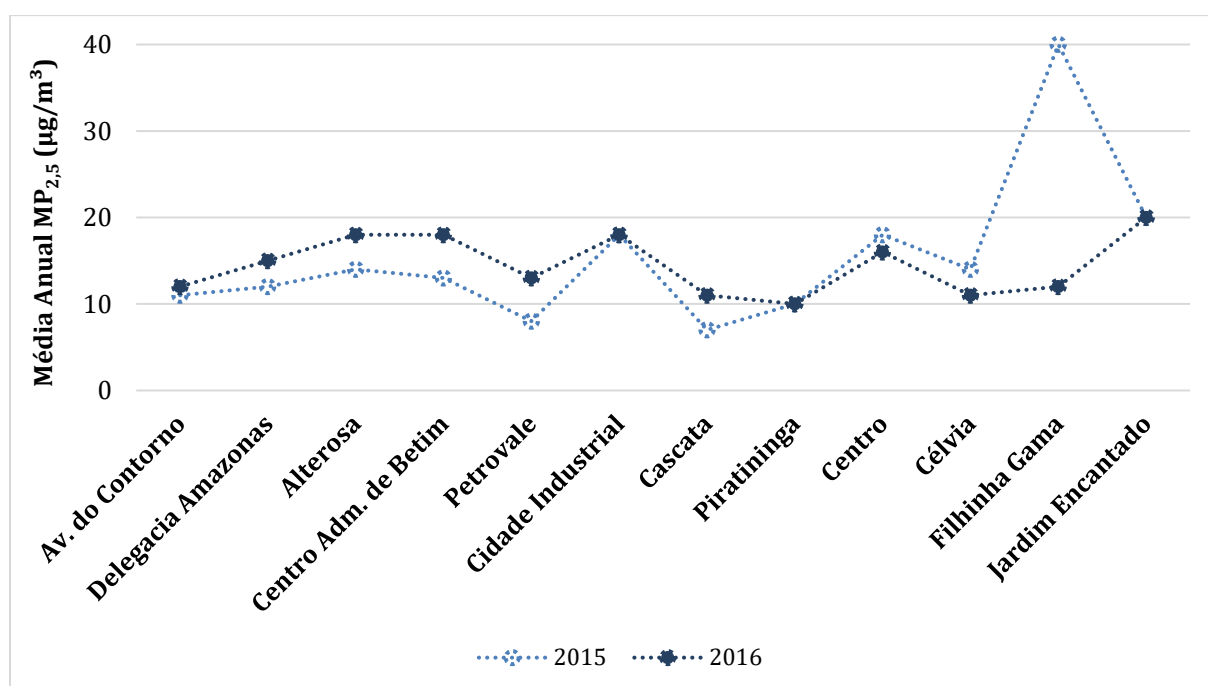


Figura 22: Evolução das concentrações médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$ nos municípios da RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Como pode ser visto na Figura 22, as médias anuais em 2016 registraram valores um pouco maior nos municípios de Belo Horizonte, Betim e Ibirité, em comparação às médias anuais de 2015. Comportamento oposto foi observado nas estações de São José da Lapa, com redução das médias anuais de 2016. Entretanto, cabe pontuar que nenhuma média anual de 2015 foi representativa.

4.1.6 SO₂ na RMBH

As estações situadas em São José da Lapa e Brumadinho não realizam o monitoramento desse poluente, assim como dos demais gases, estando ausentes, portanto, das análises de SO₂, NO₂, O₃ e CO.

Na Figura 23 são dispostas as máximas concentrações médias de 24 horas de SO₂ obtidas na RMBH em 2016. Não houve valores acima do padrão primário de 24 horas (365 µg/m³) em nenhuma estação da RMBH. Os maiores valores foram encontrados na estação Petrovale, com a 1ª máxima de 62 µg/m³ e a 2ª máxima de 45 µg/m³.

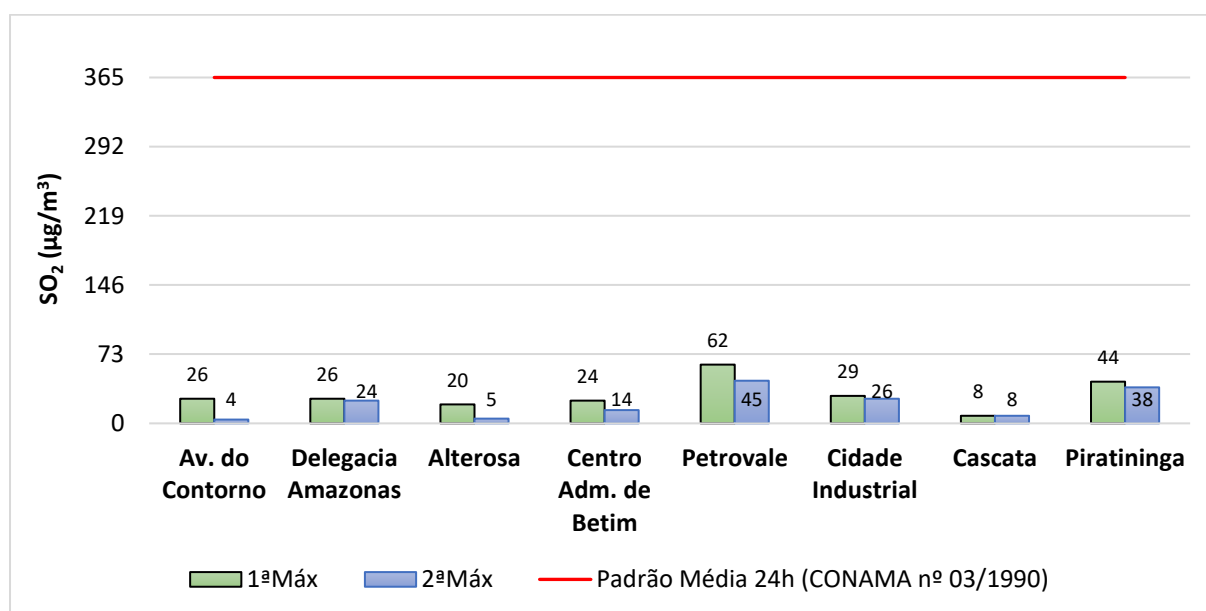


Figura 23: Concentrações máximas diárias de SO₂ nas estações da RMBH.

A Figura 24 apresenta a distribuição percentual do Índice da Qualidade do Ar para o dióxido de enxofre, no qual prevaleceu a classe “Boa” para todas as estações. A Estação Cidade Industrial apresentou a maior porcentagem de dados omissos, 22,1%, o que acabou comprometendo a representatividade anual, disposta na Figura 25.

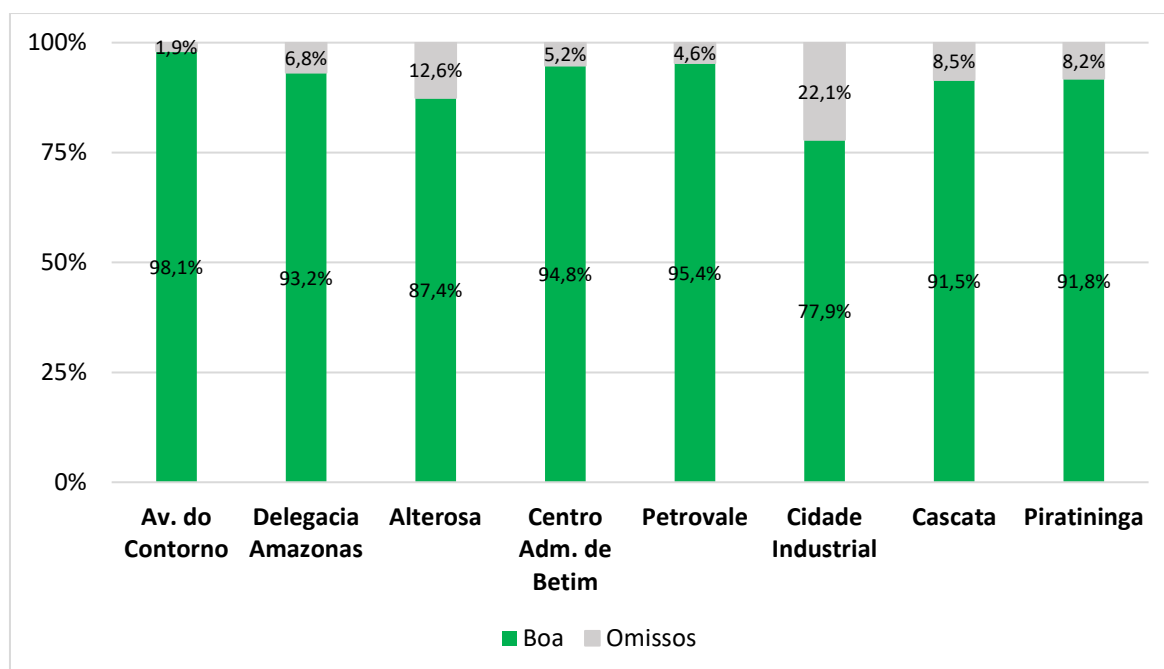


Figura 24: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ na RMBH.

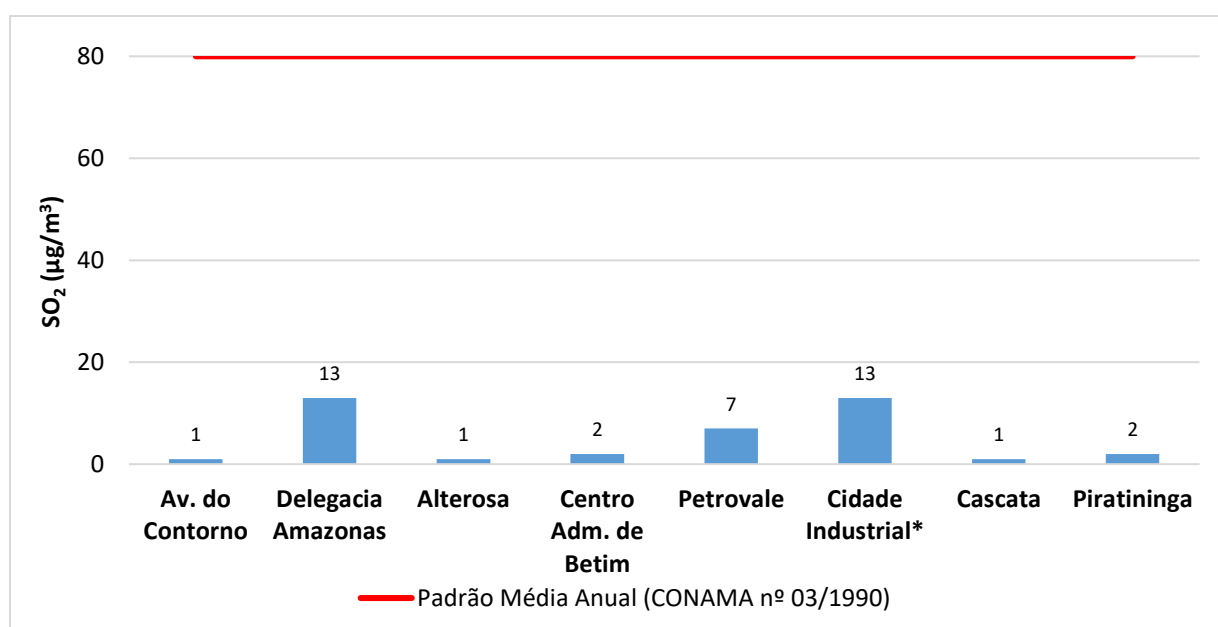


Figura 25: Concentrações médias anuais de SO₂ nas estações da RMBH.

*Não Representativo.

As maiores concentrações de longa exposição da RMBH foram observadas nas estações Delegacia Amazonas e Cidade Industrial (13 µg/m³), sendo esta considerada não representativa. De toda forma, as médias anuais foram bem inferiores ao padrão anual vigente à época (80 µg/m³).

É interessante verificar se este comportamento se repete ao longo dos anos, neste sentido a Figura 26 apresenta a evolução das concentrações médias anuais de SO₂ nos municípios da RMBH, considerando os anos de 2015 e 2016.

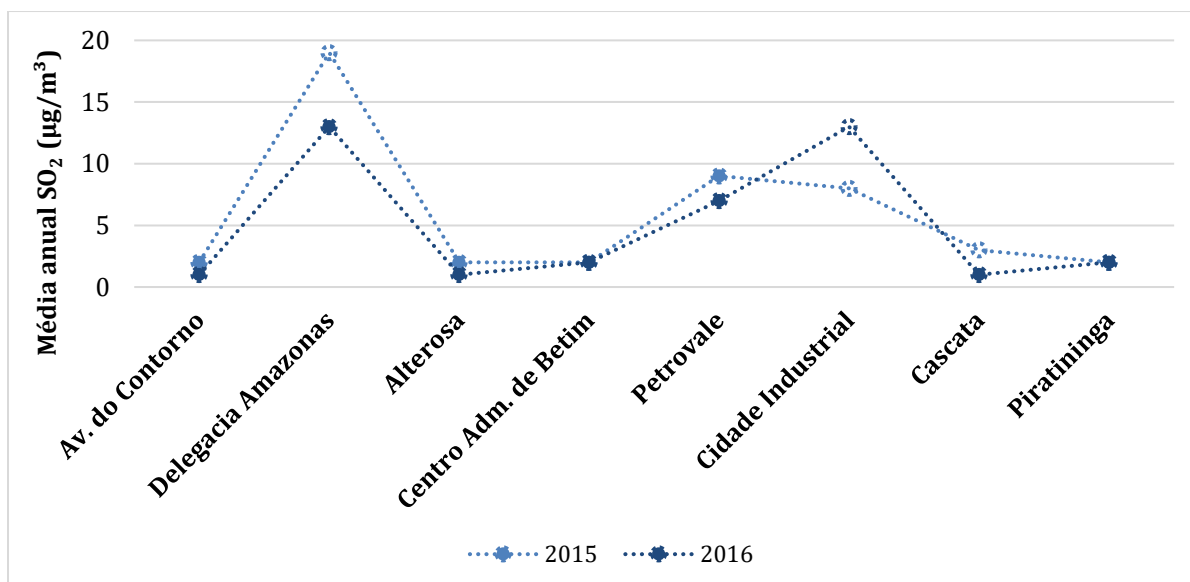


Figura 26: Evolução das concentrações médias anuais de SO₂ nos municípios da RMBH.
 *Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

A partir da Figura 26 constata-se que as médias anuais das concentrações de SO₂ das estações decresceram de 2015 para 2016, exceto para as estações Centro Administrativo de Betim e Piratininga, que apresentaram o mesmo valor de média anual. As estações Delegacia Amazonas e Cascata não obtiveram média anual representativa em 2015. Quanto à estação Cidade Industrial, as médias dos dois anos analisados não foram representativas.

4.1.7 NO₂ na RMBH

A Figura 27 apresenta os resultados obtidos da concentração de curta exposição para dióxido de nitrogênio nas estações da RMBH.

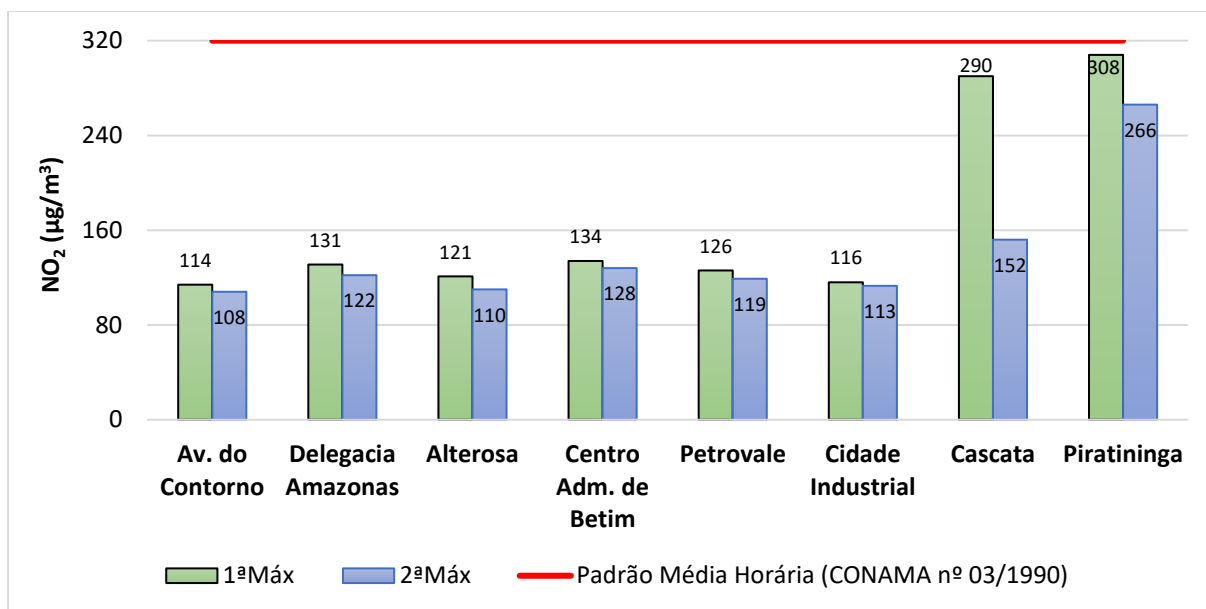


Figura 27: Concentrações máximas horárias de NO_2 nas estações da RMBH.

Nota-se um comportamento similar para o NO_2 nas estações da RMBH que monitoram esse poluente, a excetuar-se pelos resultados do município de Ibirité, que apresentaram valores mais elevados e maior diferença entre a 1ª e 2ª máxima horária. A estação Piratininga registrou como a sua 1ª máxima média horária um valor de 308 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, próximo à máxima horária da estação Cascata (290 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), valores bem próximos ao limite estabelecido pela legislação vigente (320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ainda com relação as máximas horárias, a Figura 28 mostra a distribuição percentual do IQAr do NO_2 na RMBH em 2016. Destaca-se a predominância da classe “Boa” em todas as estações, com mais de 87% em todos os casos. A classe “Regular” também teve registros em todas as estações, porém em menor percentual.

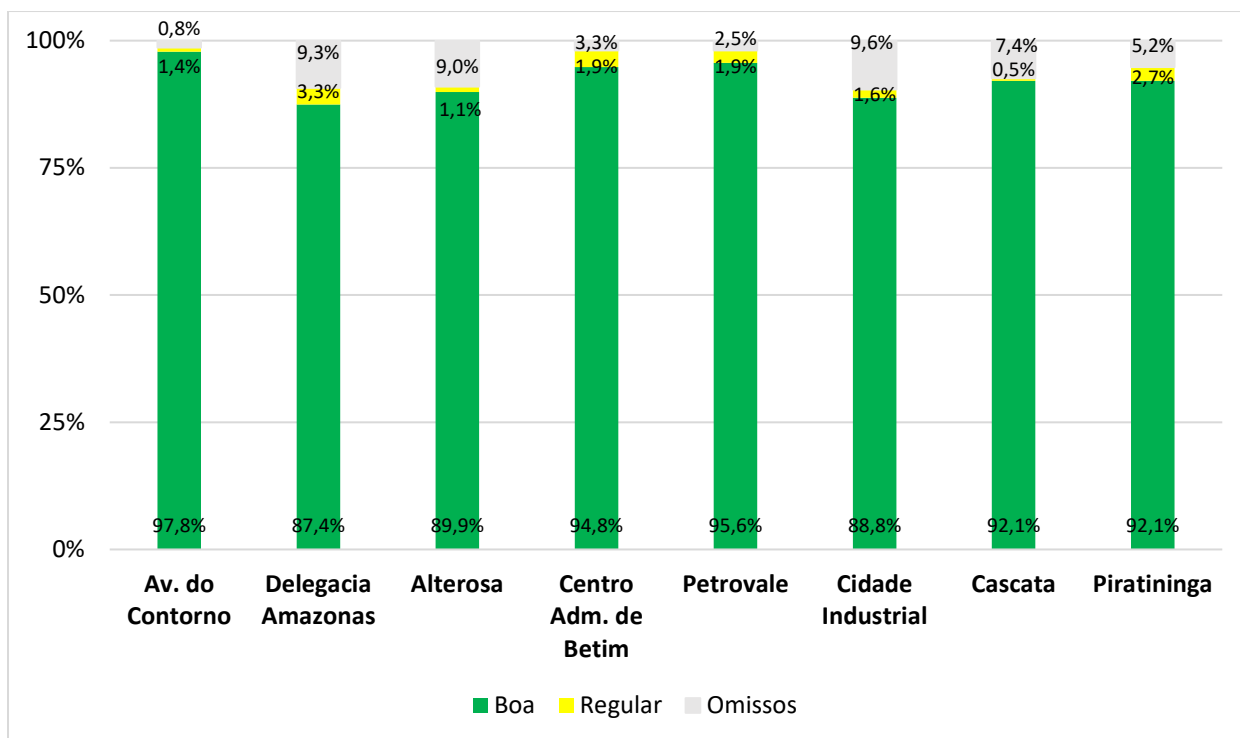


Figura 28: Distribuição percentual do IQAr de NO₂ na RMBH.

A Figura 29 apresenta os resultados obtidos da concentração de longa exposição para dióxido de nitrogênio na RMBH.

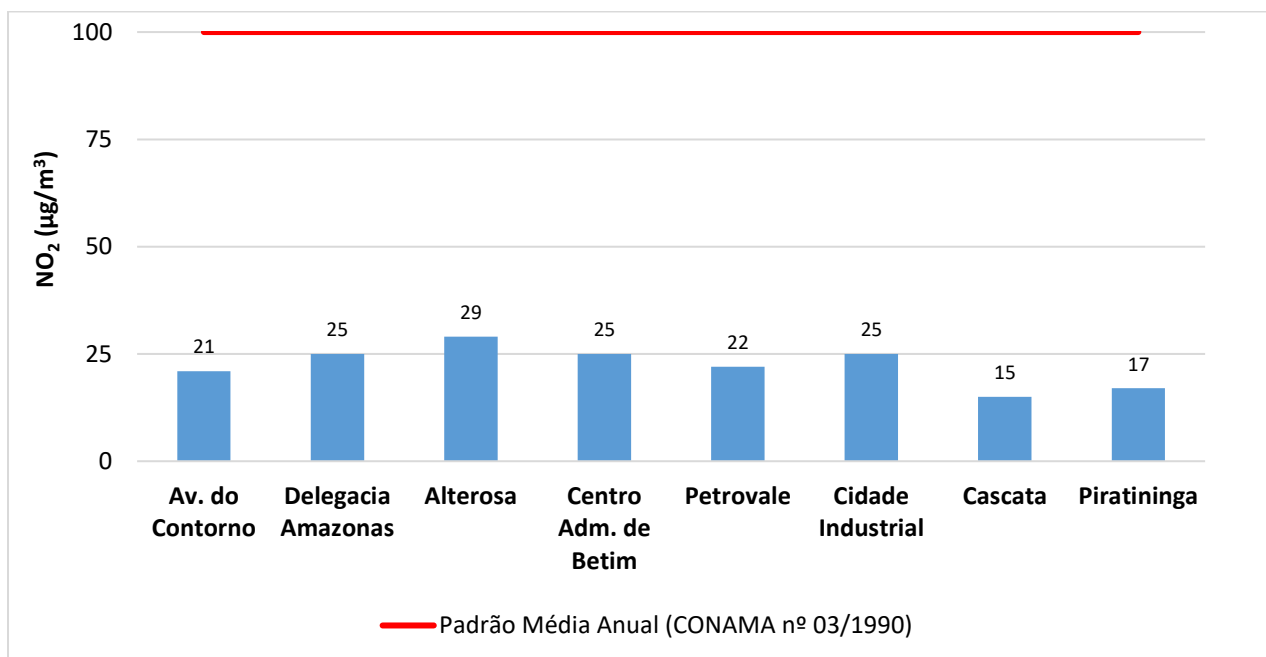


Figura 29: Concentrações médias anuais de NO₂ nas estações da RMBH.

A avaliação das médias anuais mostra que nenhuma estação da RMBH registrou concentração média anual acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, de 100 µg/m³.

Ainda em relação à média de longa duração, a Figura 30 apresenta a variação das concentrações médias anuais de NO_2 nos municípios da RMBH.

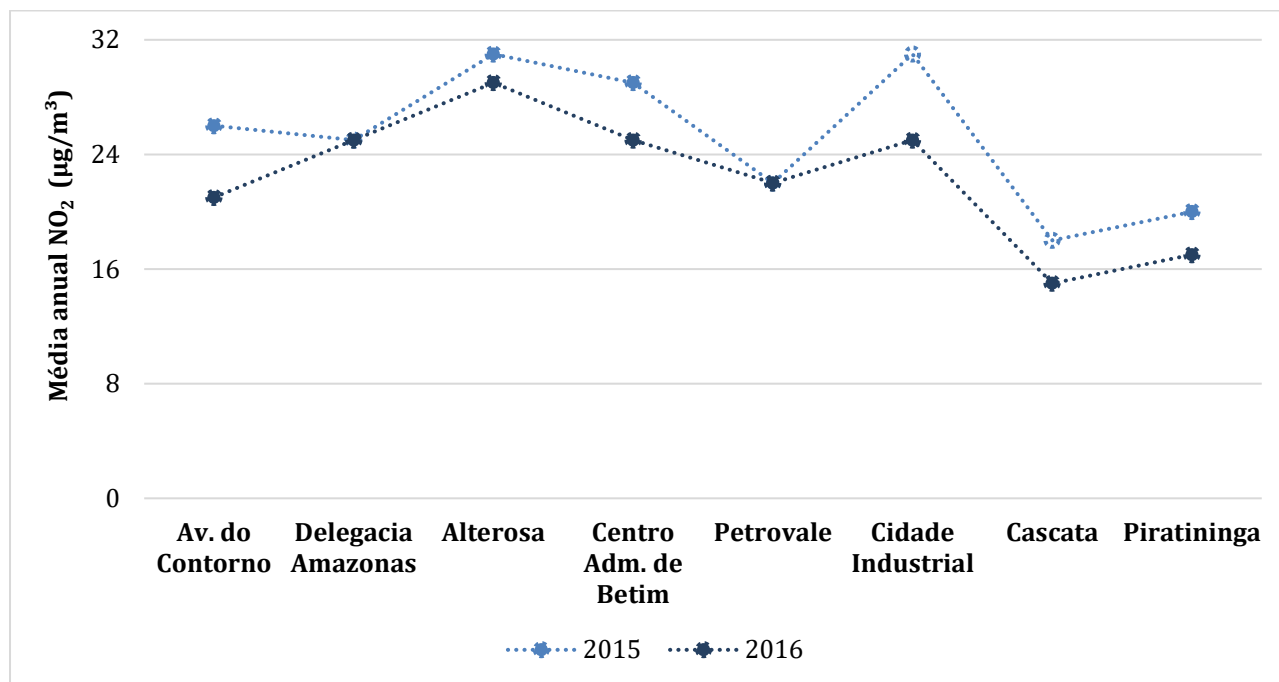


Figura 30: Evolução das concentrações médias anuais de NO_2 nos municípios da RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

A partir da análise dos dados obtidos, observa-se que para a maioria das estações houve uma pequena redução observada nas médias anuais em 2016.

4.1.8 CO na RMBH

As máximas médias de 8 horas de monóxido de carbono obtidas na RMBH são apresentadas na Figura 31. O padrão de 9 ppm da Resolução CONAMA nº03/1990 foi ultrapassado apenas em uma das estações que monitoram esse poluente: Centro Administrativo de Betim.

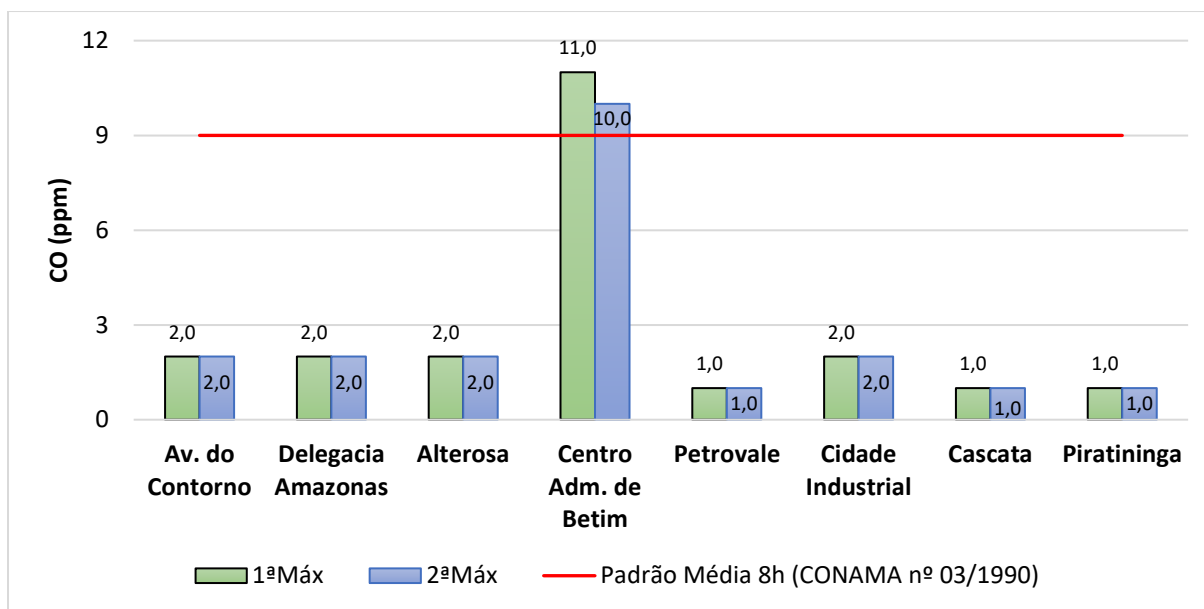


Figura 31: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.

Percebe-se que os resultados das máximas concentrações médias de 8 horas para o CO flutuaram em torno de 2 ppm para a maior parte das estações de monitoramento da RMBH. Entretanto, esse comportamento não foi observado para a estação Centro Administrativo de Betim, que alcançou 11 e 10 ppm, como 1ª e 2ª máximas de 8 horas, ambas ocorrendo no mês de agosto e destoando da tendência geral. O padrão da legislação vigente à época estabelece que o limite não deve ser excedido mais de uma vez por ano, o que não ocorreu nessa estação conforme visto anteriormente.

A Figura 32 mostra a distribuição percentual do IQAr obtida no decorrer de 2016 para o CO. A classe “Boa” teve maior predominância, sendo observadas as classes “Regular” e “Inadequada” apenas na estação Centro Administrativo Betim (2,2% e 0,5%, respectivamente). Essa ligeira diferenciação do índice para essa estação, quando comparado as demais, é reflexo das concentrações máximas mais elevadas observadas na Figura 31.

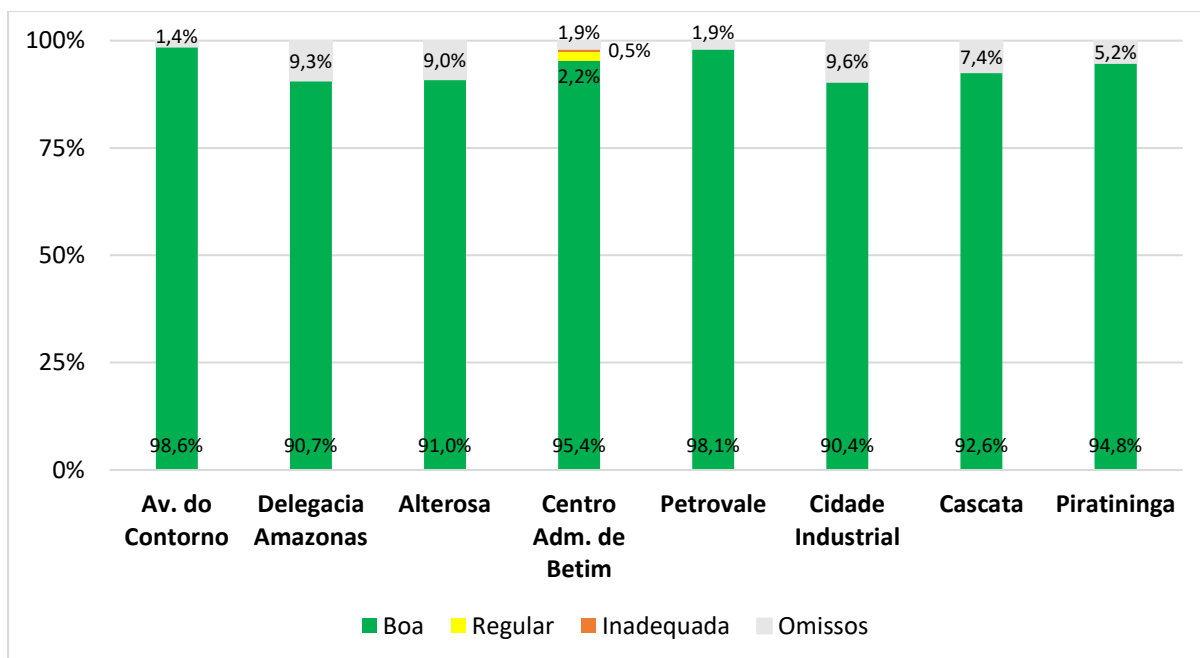


Figura 32: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.

4.1.9 O₃ na RMBH

Das 8 estações que monitoram o ozônio na rede da RMBH, apenas 3 estiveram em conformidade com o padrão estabelecido na Resolução CONAMA nº 03/1990, de 160 µg/m³, conforme mostra a Figura 33.

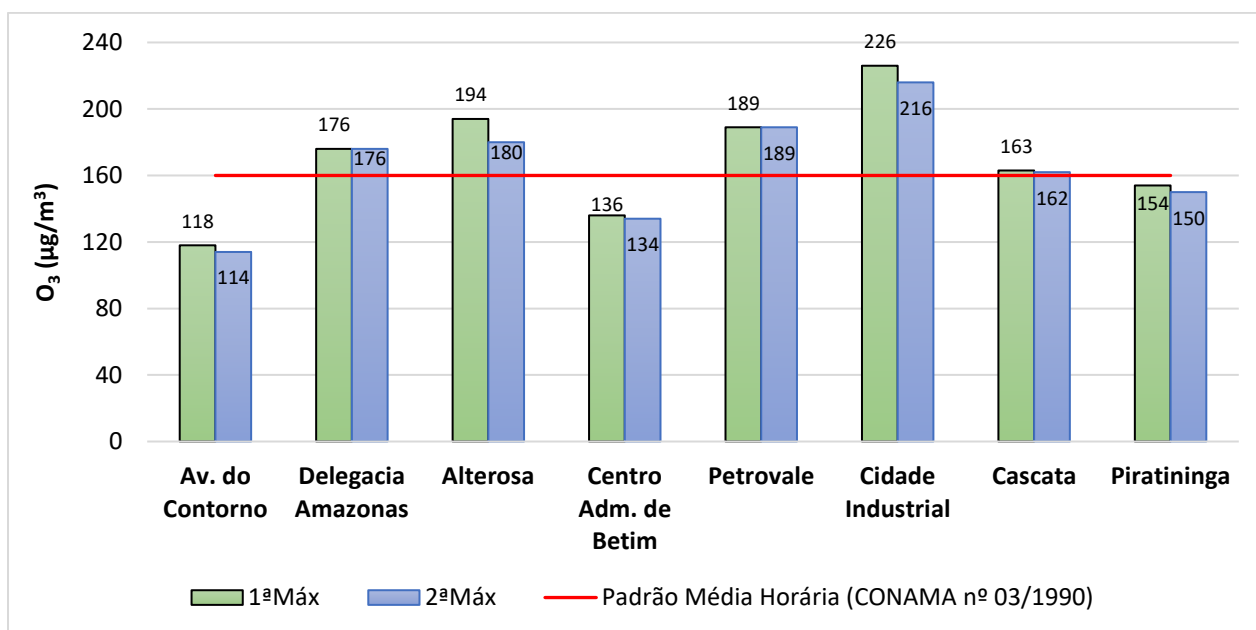


Figura 33: Concentrações máximas horárias de O₃ na RMBH.

Tem destaque a estação Cidade Industrial, situada no município de Contagem, cuja máxima concentração horária atingiu 226 µg/m³, bem superior ao determinado pela

legislação vigente ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Observa-se ainda, que não houve grande variação de valores entre as 1ª e 2ª máximas horárias em cada estação.

Em Belo Horizonte, a estação Delegacia Amazonas ultrapassou esse padrão 10 vezes no ano, sendo 3 ocorrências no mês de janeiro. Na cidade de Betim, a estação Petrovale obteve valores acima de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2 vezes em 2016, concentradas no mês de outubro. Já a Alterosa, excedeu o limite 4 vezes, em meses diferenciados do ano.

A estação Cidade Industrial, situada em Contagem, esteve acima do recomendado pela legislação 7 vezes, sendo 3 dessas ultrapassagens ocorridas somente no mês de outubro. Em Ibirité, a estação Cascata excedeu o limite estabelecido 2 vezes no ano, ambas no mês de outubro.

Ressalta-se que, a maior parte das ocorrências de não conformidade ao padrão vigente à época ocorreram no final do ano, especialmente no último trimestre, considerando os dados válidos das estações que monitoram o ozônio. Conforme apresentado e discutido no item Meteorologia da RMBH, no último trimestre do ano as precipitações ficaram abaixo da média climatológica e a escassez de chuva contribuiu para a ocorrência de temperaturas acima da média histórica, proporcionando condições propícias para a formação de ozônio.

A Figura 34 ilustra a distribuição percentual dos IQAr para o O_3 na RMBH em 2016. Ao contrário do que foi visualizado para os demais poluentes na RMBH, percebe-se uma maior participação da classe “Regular” em quase todas as estações da região, especialmente nas estações Delegacia Amazonas (45,1%) e Cidade Industrial (49,7%), as quais ainda apresentaram 2,7% e 1,9% de classe “Inadequada”, respectivamente. Já as estações Avenida do Contorno, Centro Administrativo de Betim e Piratininga não apresentaram IQAr com classificação “Inadequada”.

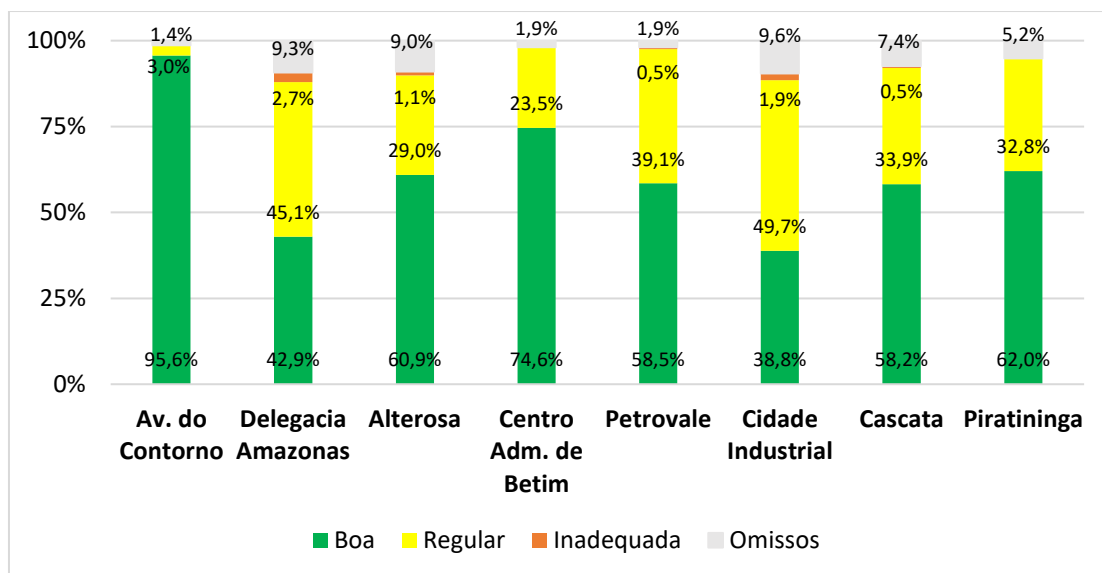


Figura 34: Distribuição percentual do IQAr de O₃ na RMBH.

4.2 RMVA

A Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA) está situada no Leste do Estado de Minas Gerais, sendo composta por quatro municípios – Coronel Fabriciano, Ipatinga, Santana do Paraíso e Timóteo – e cercada por um Colar Metropolitano constituído por outros 24 municípios (BARBOSA *et al.*, 2016). Em 2010, a RMVA contava com uma população residente de 615.297 pessoas, na qual, aproximadamente, 91,5% estava localizada em área urbana, enquanto que 8,5% em área rural (IBGE, 2010).

No ano de 2016, o PIB da RMVA somou um montante de aproximadamente 17,8 bilhões de reais (IBGE, 2022). O expressivo crescimento e arranjo populacional dessa região é decorrente da instalação de indústrias que figuram papéis importantes no setor nacional, a começar pela fundação da Companhia Aços Especiais Itabira (Acesita) na cidade de Timóteo, em seguida pela implantação, em Ipatinga, da Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S. A. (Usiminas) e, por fim, da Celulose Nipo-Brasileira S. A. (Cenibra) em Belo Oriente.

Como consequência da instalação desse parque industrial, em termos de organização espacial, houve um crescente aumento de áreas urbanas conurbadas em intensa interdependência funcional (VASCONCELLOS, 2014). As análises seguintes contemplam as cidades da RMVA que compõe a rede de monitoramento da qualidade do ar, por conseguinte, excetua-se Santana do Paraíso.

4.2.1 Caracterização das fontes de poluição da RMVA

Conforme QUEIROZ *et al* (2020) no decorrer dos anos, a RMVA passou a sofrer com a poluição devido às emissões atmosféricas, tanto por parte da indústria quanto da frota veicular. A Figura 35 mostra o avanço da frota veicular na RMVA no período de 2006 até 2016, sendo que os dados da cidade de Ipatinga estão dispostos no eixo secundário (à direita).

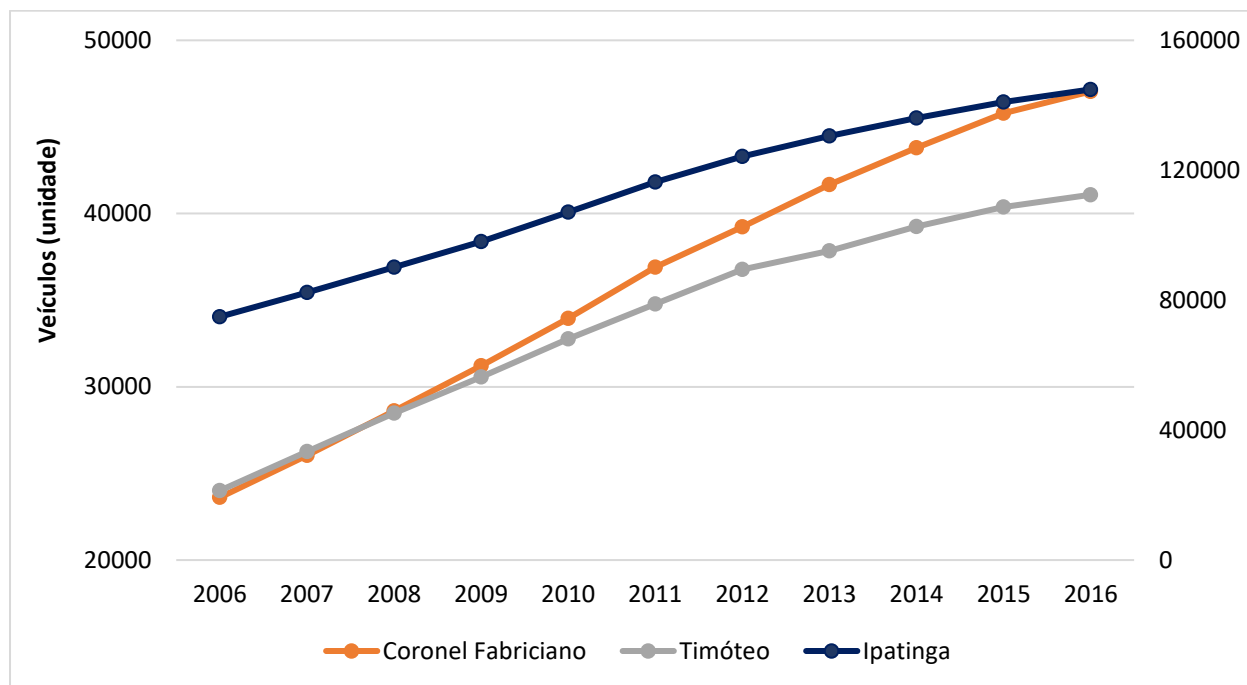


Figura 35: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMVA.
Fonte: IBGE, 2022.

A frota veicular na RMVA aumentou cerca de 90%, passando de 122.521 em 2006 para 233.011 veículos em 2016, sendo a maior porção caracterizada por veículos leves (IBGE, 2022).

Na Figura 36 são mostrados os dados dos focos de incêndio nas cidades monitoradas do Vale do Aço.

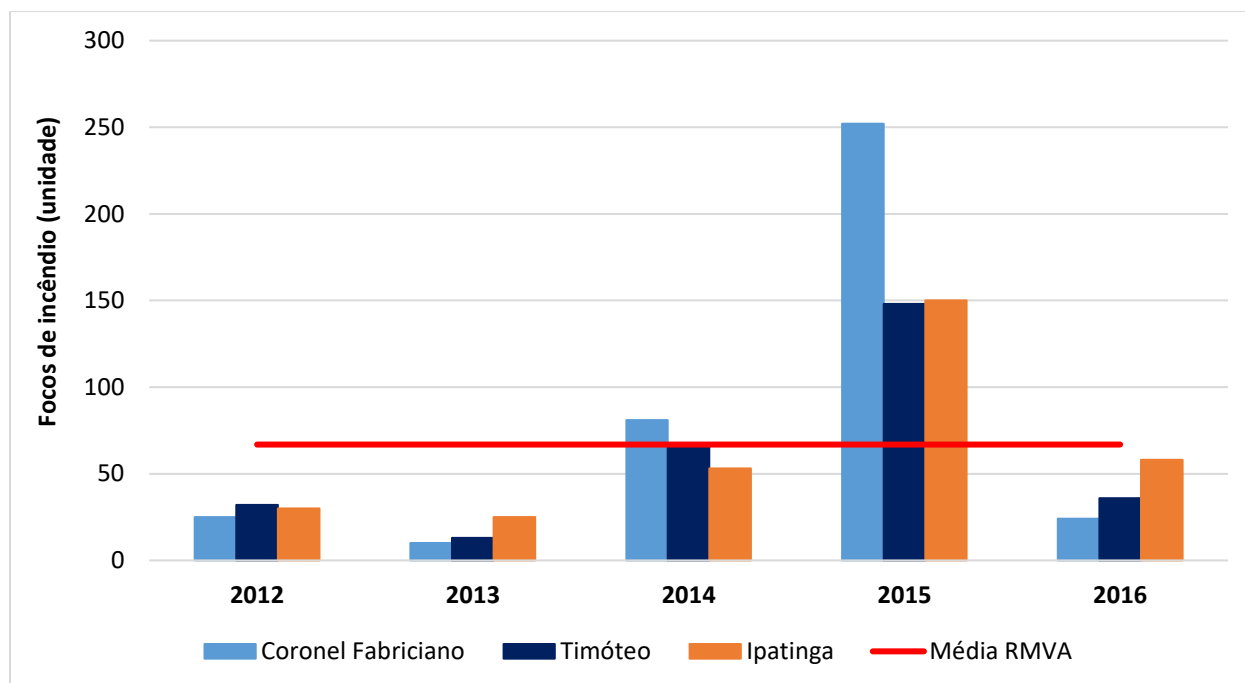


Figura 36: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMVA.

Fonte: INPE, 2023.

O número de focos de incêndio apresentou um aumento de 2013 a 2015, chegando a um total de 550 ocorrências na região, entretanto, em 2016, nota-se uma queda expressiva de 78,5% nas ocorrências de incidências, em comparação com o ano anterior, com 118 focos verificados. Além disso, em 2016 todas os 3 municípios da RMVA apresentaram número de focos inferiores à média do período (2012 a 2016), de 67 focos/ano.

Com relação às fontes industriais na RMVA, na Figura 37 é destacada a evolução dos empreendimentos licenciados nesta região, no período de 2013 a 2016, considerando para cada ano os empreendimentos em funcionamento.

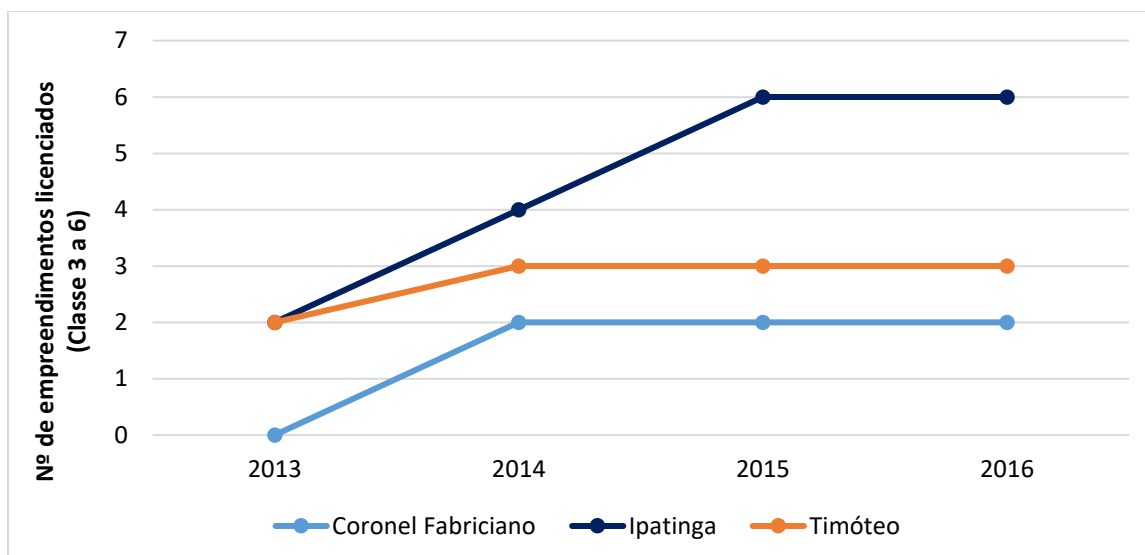


Figura 37: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 na RMVA.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

Percebe-se que o município de Ipatinga se destaca quanto ao número total de empresas licenciadas entre 2013 a 2016. Há de se destacar, porém, que a camada do IDE SISEMA utilizada para elaboração da Figura 37, considera apenas os empreendimentos de Classe 3 a 6.

A distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2016 é apresentada na Tabela 10, segundo a listagem de atividades da DN COPAM nº 74/2004, considerando as informações disponíveis no IDE.

Tabela 10: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 74/2004.

Listagens*	Coronel Fabriciano	Ipatinga	Timóteo
Listagem B	-	2	2
Listagem C	-	2	1
Listagem D	1	-	-
Listagem E	-	2	-
Listagem F	1	-	-

Fonte: IDE-SISEMA, 2023.

De forma geral, Ipatinga possui empresas que pertencem à categoria industrial e de infraestrutura, e em Coronel Fabriciano, as duas empresas licenciadas e em funcionamento em 2016 fazem parte da indústria alimentícia e de comércio atacadista. Portanto, destaca-se a não ocorrência de predominância de empreendimentos em nenhuma listagem da DN, além da ausência de empreendimentos pertencentes à Listagem A - Atividades Minerárias.

4.2.2 Meteorologia da RMVA

Para caracterização geral da meteorologia da RMVA foram utilizados os dados disponíveis da estação do INMET em Timóteo, instalada na região em 2006. Logo, não se dispõe de uma normal climatológica nesta estação.

A Figura 38 mostra os acumulados mensais observados nas estações de Ipatinga e na estação do INMET em Timóteo. Já a Figura 39 apresenta as temperaturas médias mensais observadas na estação do INMET Timóteo e nas estações da RMVA. Observou-se menores temperaturas médias na estação do INMET Timóteo em comparação às medições realizadas na rede.

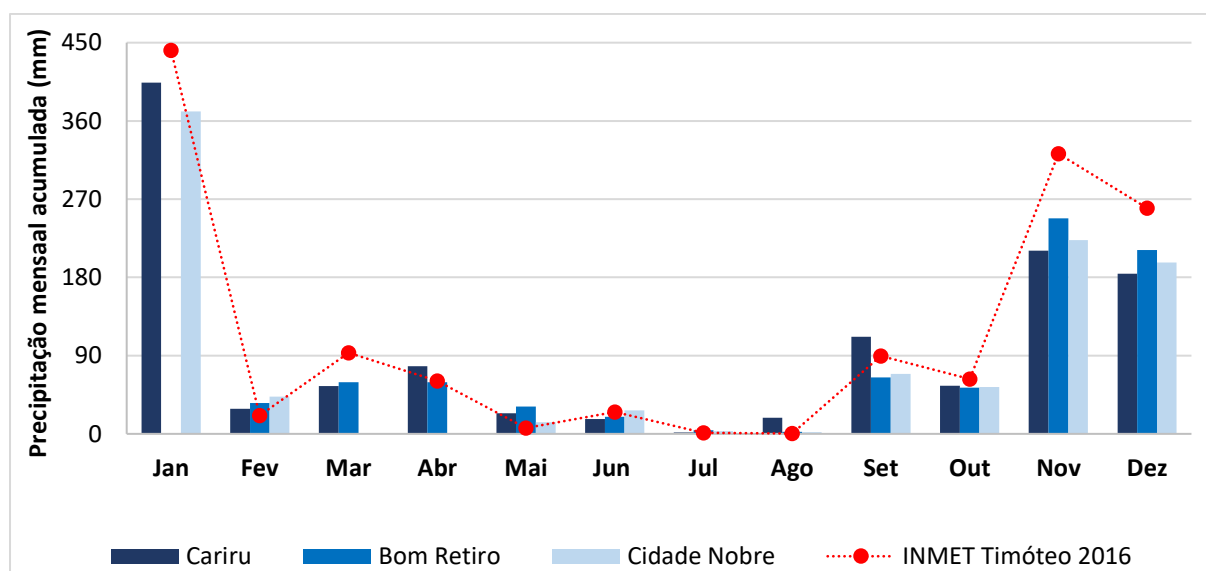


Figura 38: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2016 na RMVA.

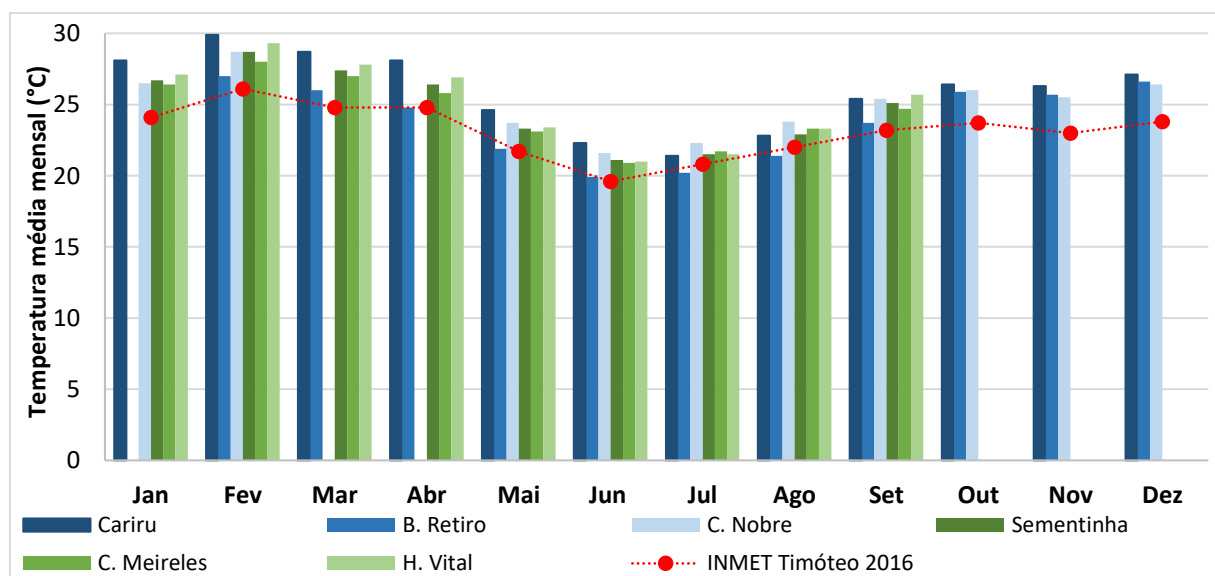


Figura 39: Temperaturas médias mensais para o ano de 2016 na RMVA.

Ao longo do ano de 2016 foram observados 141 dias desfavoráveis à dispersão atmosférica na Estação INMET Timóteo, valor mais alto desde 2010 (Figura 40). A distribuição mensal mostra que esses dias se concentraram de abril a julho (Figura 41), o que era esperado haja vista ser o período com menor precipitação (Figura 38) e intensidade do vento (Figura 42). Na Estação Bom Retiro, em Ipatinga, foram observados 24 dias desfavoráveis à dispersão, com maior concentração no mesmo período.

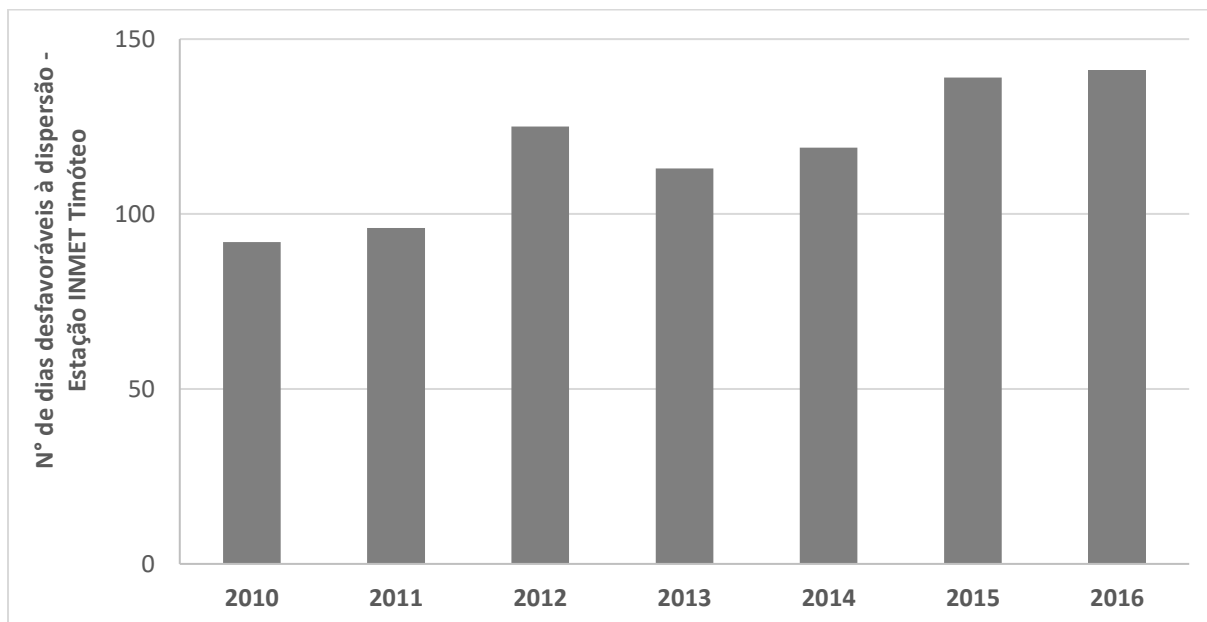


Figura 40: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em Timóteo, no período de 2010 a 2016.

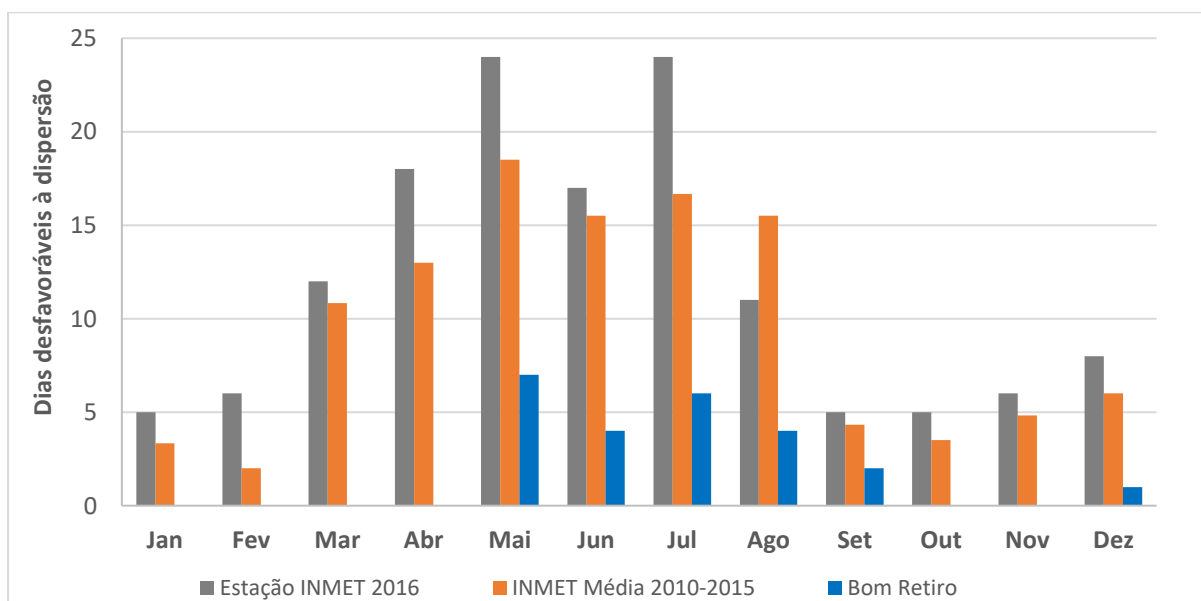


Figura 41: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes, em 2016, para Ipatinga e INMET Timóteo.

Das demais estações de Ipatinga, a estação Cariru apresentou apenas 2 dias desfavoráveis à dispersão no ano de 2016 e a estação Cidade Nobre nenhum. Observa-se na **Figura 42** que o padrão de intensidade dos ventos na estação Bom Retiro segue, de certa forma, os ventos mais fracos observados na estação INMET Timóteo, fato este que corroborou na observação de dias desfavoráveis nestas estações em 2016.

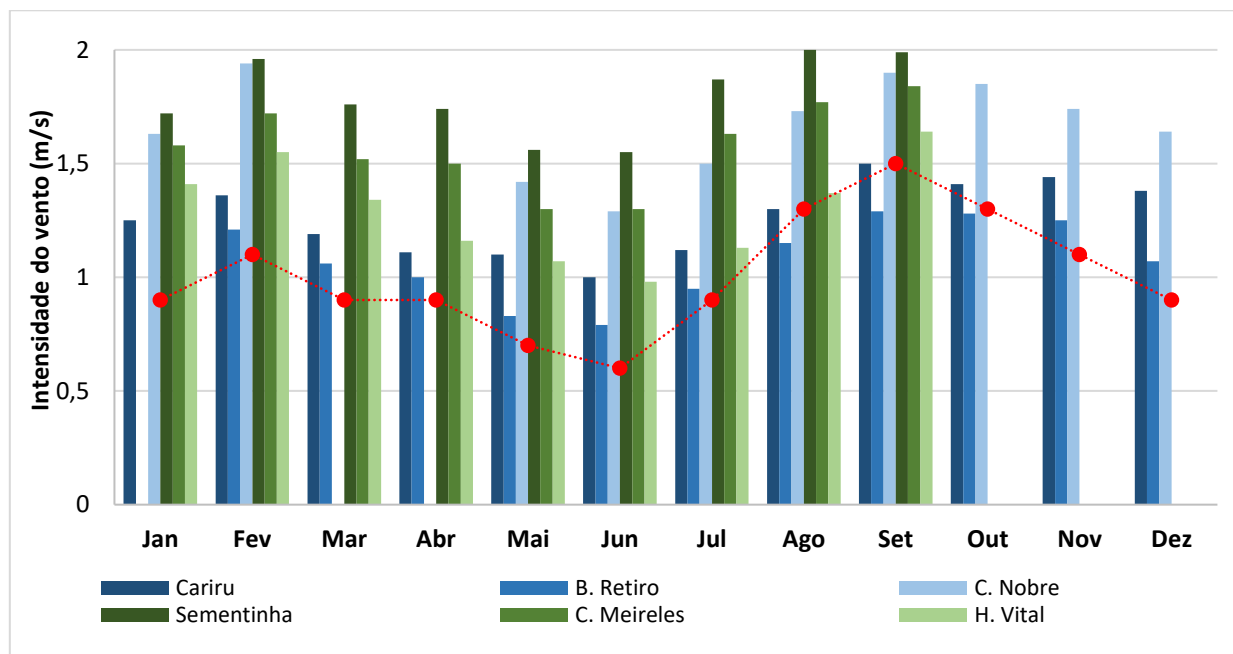


Figura 42: Velocidade do vento mensal na RMVA em 2016.

4.2.3 PTS na RMVA

A Figura 43 apresenta os valores máximos das médias de 24 horas de partículas totais em suspensão obtidos na RMVA em 2016.

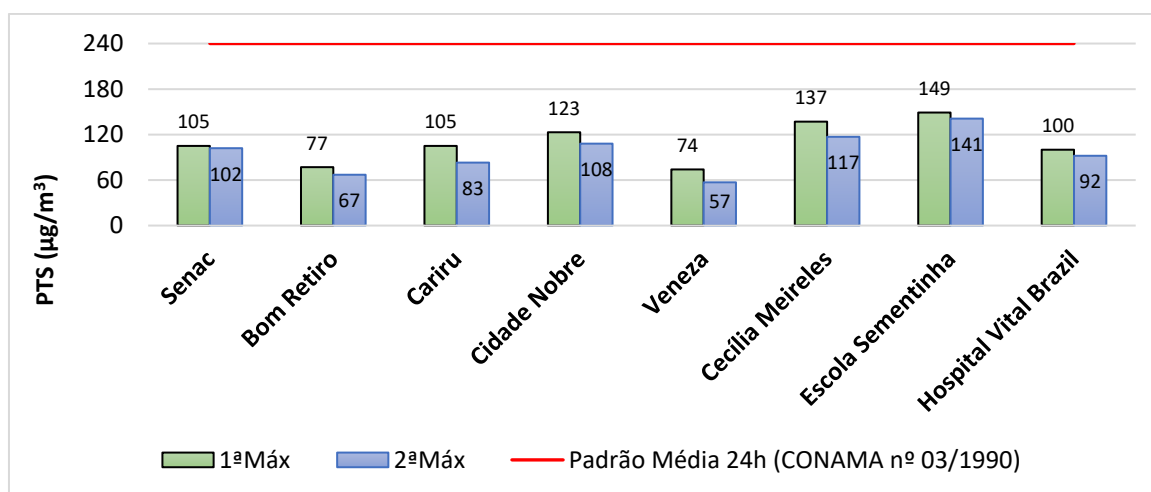


Figura 43: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.

Considerando as estações da região, percebe-se um padrão ligeiramente parecido nos resultados, embora um pouco mais expressivos para a cidade de Timóteo. As concentrações máximas de curta exposição para a RMVA foram observadas na estação Sementinha, situada na cidade de Timóteo, chegando a 149 e 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ressalta-se que não houve ultrapassagem do padrão diário estabelecido pela legislação vigente à época, de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A distribuição percentual do IQAr é apresentada na

Figura 44.

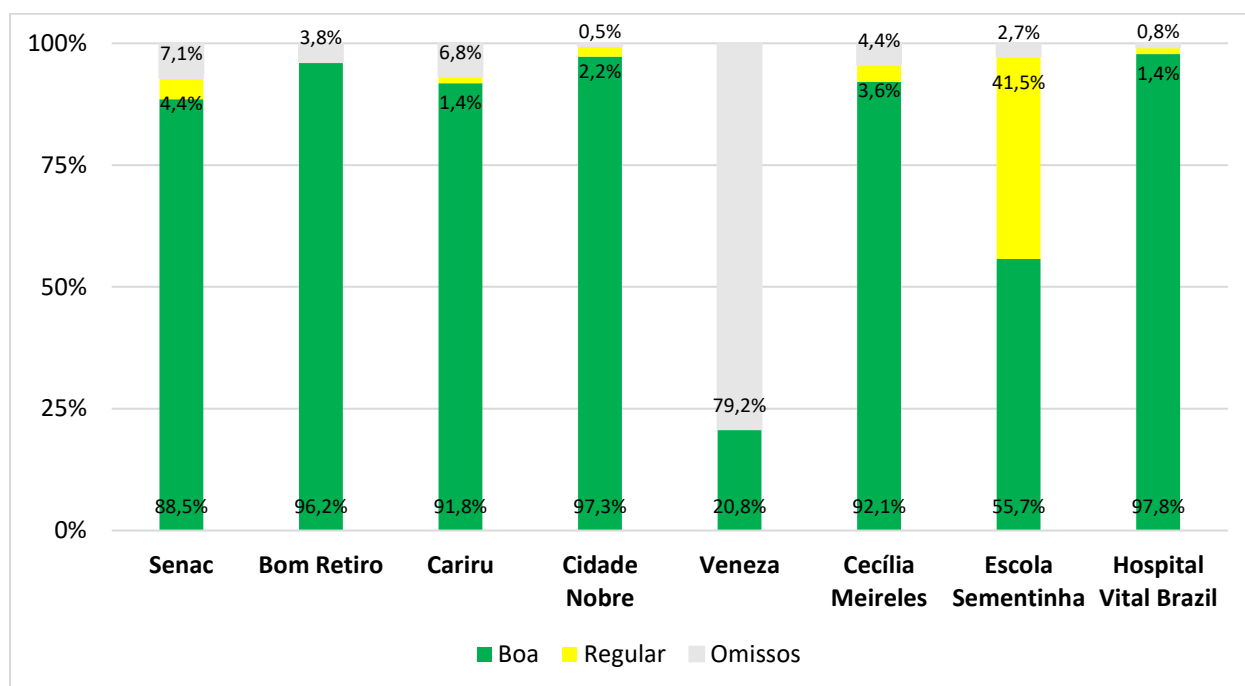


Figura 44: Distribuição do IQAr para o PTS na RMVA.

A classe “Boa” do IQAr predominou na maior parte das estações do Vale do Aço. Numa comparação entre cidades, os melhores resultados foram vistos para as estações situadas em Ipatinga, chegando-se a obter 96,2% de classificação “Boa” para a estação Bom Retiro, condizente com as menores concentrações diárias e anuais obtidas.

Por outro lado, a estação Escola Sementinha apresentou maiores porcentagens de classificação do IQAr como “Regular” (41,5%), seguindo o esperado conforme o observado para as concentrações de curta exposição (Figura 43). Vale destacar que a estação Veneza obteve a maior porcentagem de dados omissos (79,2%) pelo fato

de suas atividades terem sido suspensas em março de 2016 para realocação da estação.

Com relação à concentração média geométrica anual de PTS na RMVA, todos os valores atenderam ao padrão vigente à época, sendo o maior deles encontrado também na cidade de Timóteo, proveniente da estação Sementinha ($74 \mu\text{g}/\text{m}^3$), conforme visto na Figura 45. Além disso, percebe-se um padrão similar ao observado para as médias diárias, ou seja, valores superiores para as estações situadas em Timóteo, podendo ser um reflexo da maior quantidade de dias desfavoráveis à dispersão neste município, conforme apresentado na Figura 41. A estação Bom Retiro apresentou a menor concentração anual, mediante os resultados, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

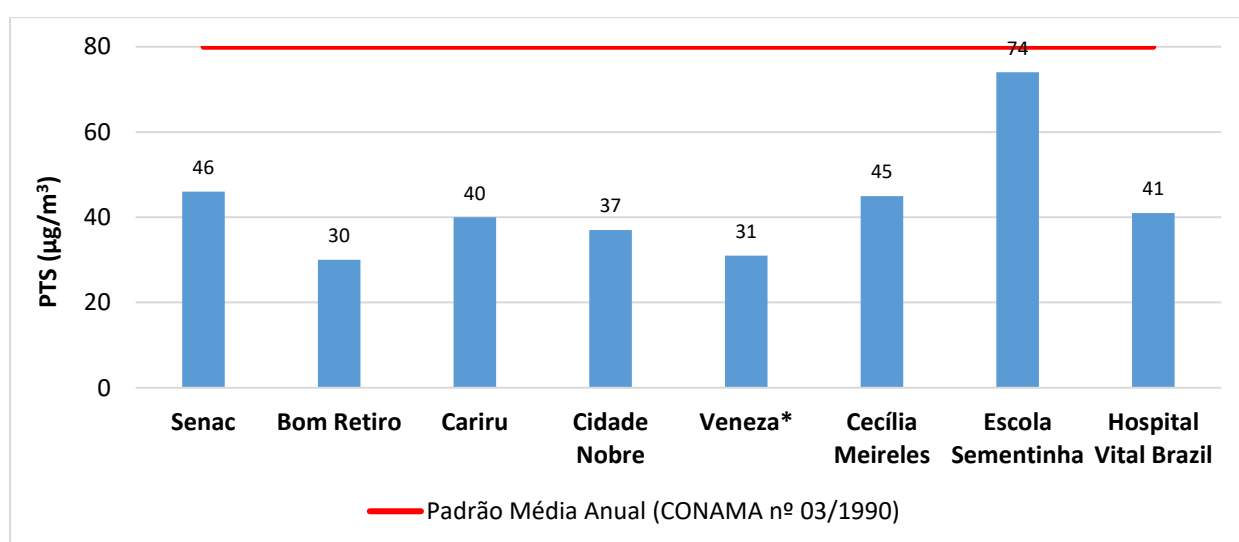


Figura 45: Concentrações médias anuais de PTS para a RMVA.

*Não Representativo.

Visando acompanhar a evolução das médias ao longo prazo, a Figura 46 apresenta a variação das concentrações médias anuais de PTS nos municípios da RMVA, considerando os anos de 2015 e 2016.

A partir da Figura 46, observa-se que apesar da pequena variação, as médias anuais de PTS decresceram de 2015 para 2016, exceto para as estações Cariru e Escola Sementinha, que apresentaram uma tendência contrária. Vale destacar que a estação Escola Sementinha apresentou a maior média anual para os dois anos analisados.

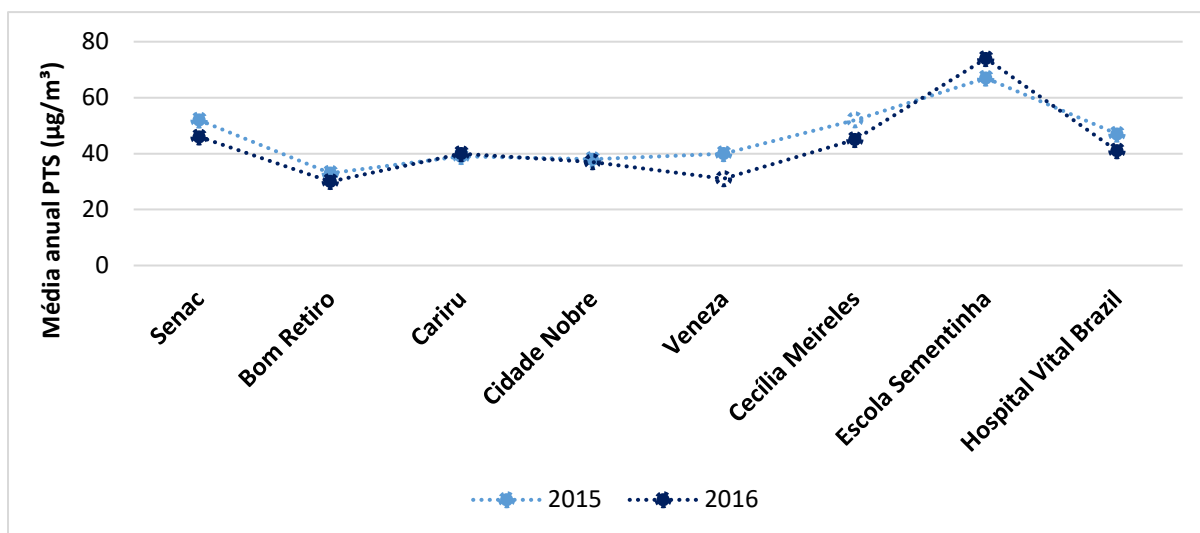


Figura 46: Evolução das concentrações médias anuais de PTS nos municípios da RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

4.2.4 MP₁₀ na RMVA

Na RMVA não houve ultrapassagem do padrão da qualidade do ar para as partículas inaláveis, considerando o padrão de curta exposição. A Figura 47 apresenta os resultados obtidos para as máximas médias diárias.

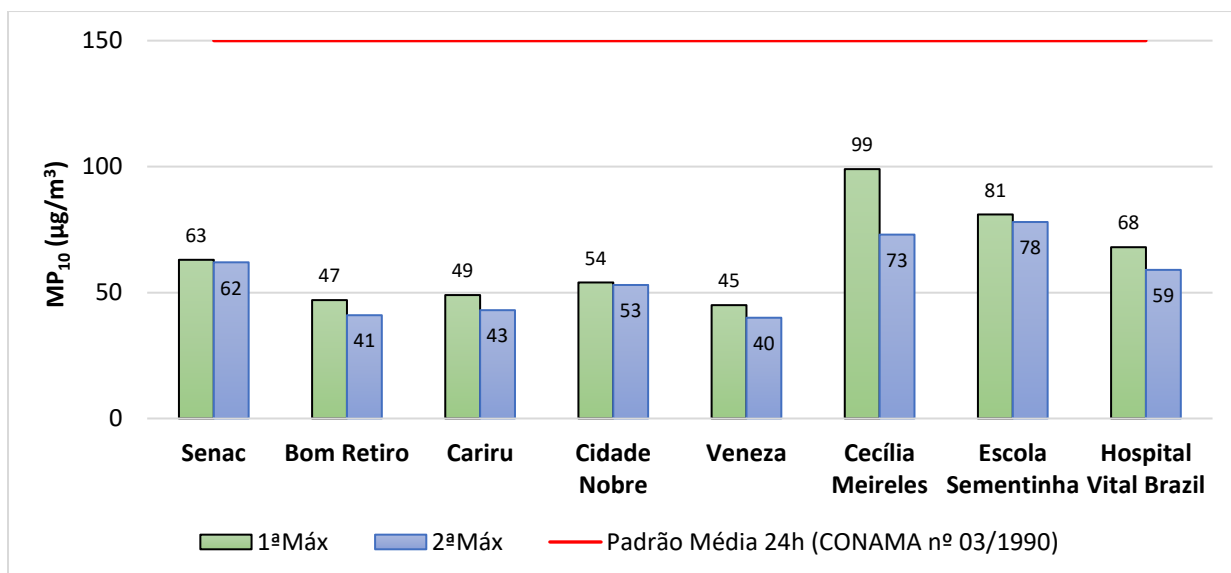


Figura 47: Concentrações máximas diárias de MP₁₀ para a RMVA.

As maiores máximas diárias foram observadas na cidade de Timóteo, mais precisamente para as estações Cecília Meireles e Escola Sementinha, cujas 1ª máximas obtidas foram de 99 µg/m³ e 81 µg/m³, respectivamente. Por outro lado, a estação Veneza apresentou a menor máxima diária do período analisado, 45 µg/m³, entretanto, a estação ficou vários meses do ano desativada, conforme mencionado anteriormente. Este fato acarretou em grande quantidade de dias com o IQAr omissos, como pode ser observado na Figura 48.

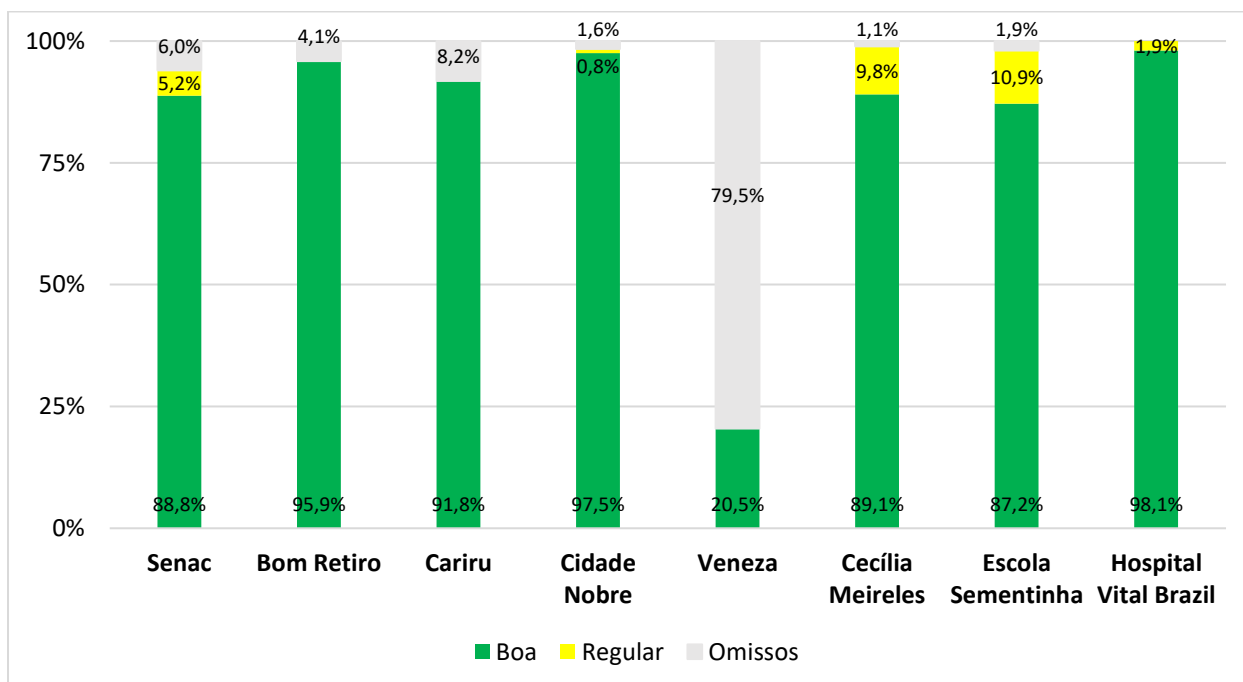


Figura 48: Distribuição do IQAr para o MP₁₀ na RMVA.

Observa-se que houve predominância da classe “Boa” nas estações instaladas na RMVA com relação ao poluente partículas inaláveis. De maneira geral, Timóteo apresentou uma tendência mais elevada de MP_{10} , assim como observado para o PTS. Isso também foi visto na média anual, conforme disposto na Figura 49.

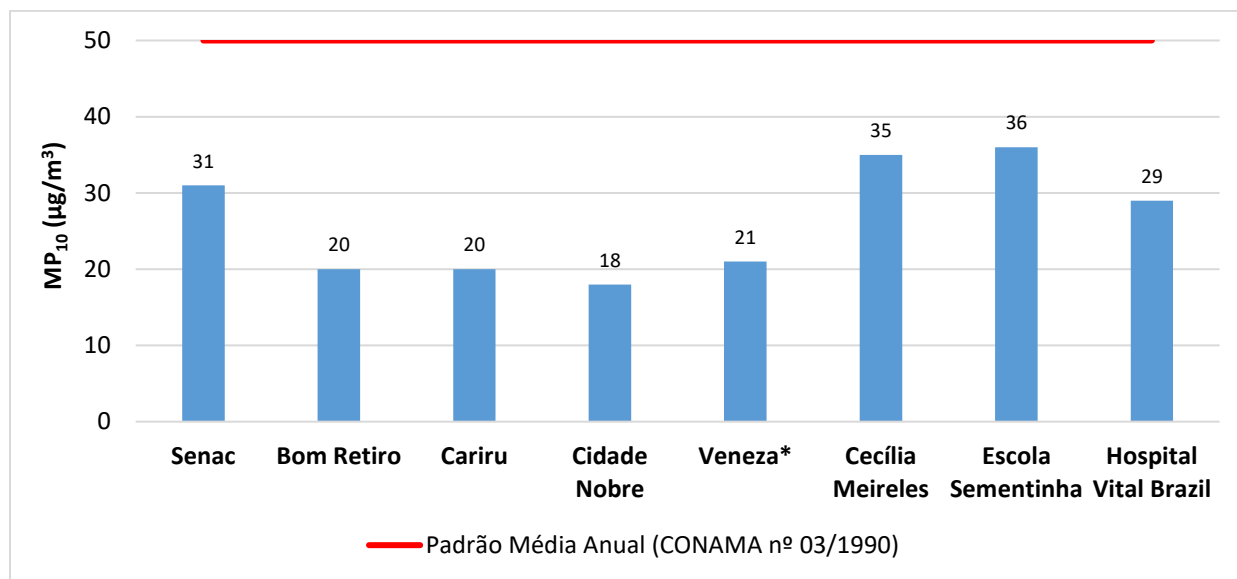


Figura 49: Concentrações médias anuais de MP_{10} na RMVA.

*Não Representativo.

Numa análise anual, a maior concentração é observada na estação Sementinha e a menor na estação Cidade Nobre, cujos valores foram $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Além disso, a estação SENAC no município de Coronel Fabriciano também se destaca dentre as demais, registrando a terceira maior média anual de MP_{10} em 2016.

A Figura 50 apresenta a variação das concentrações médias anuais de MP_{10} nos municípios da RMVA. Observa-se que as médias anuais em 2015 registraram valores ligeiramente maiores em comparação às médias anuais de 2016 para todas as estações.

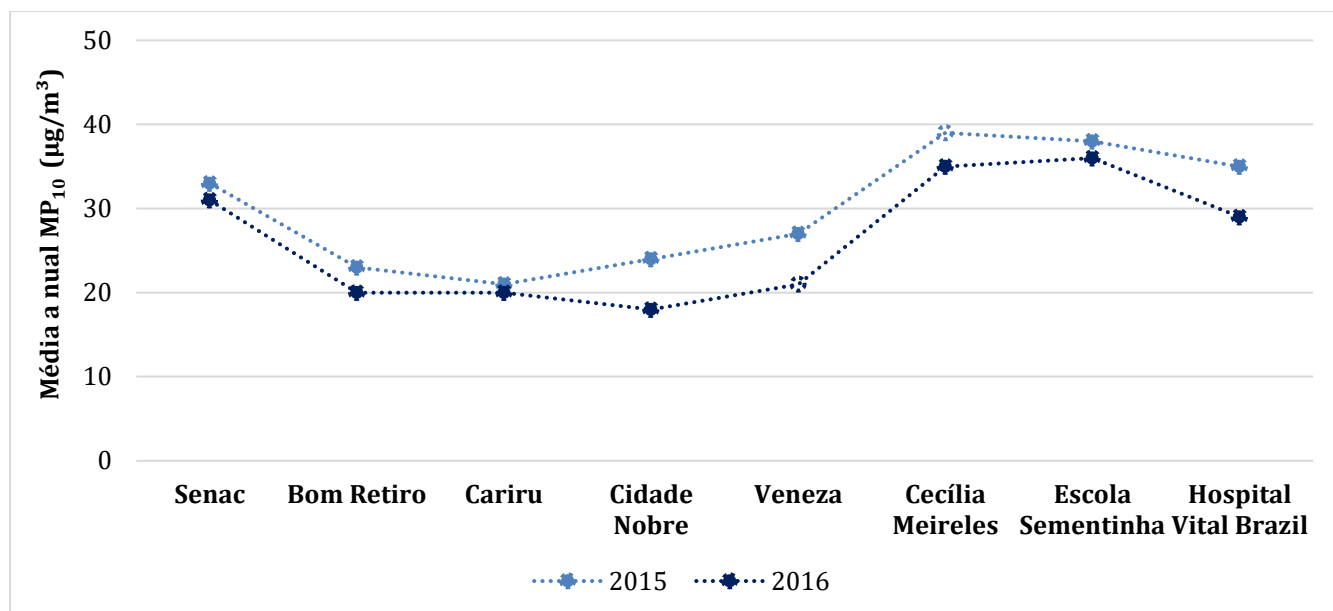


Figura 50: Evolução das concentrações médias anuais de MP10 nos municípios da RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

4.2.5 MP_{2,5} na RMVA

Apenas 3 estações na RMVA monitoravam partículas respiráveis em 2016 – Bom Retiro, Cariru e Veneza – todas instaladas na cidade de Ipatinga. As máximas médias diárias de MP_{2,5} obtidas nestas estações estão dispostas na Figura 51. Observa-se que não ocorreu ultrapassagem do valor sugerido pela OMS (25 µg/m³) em nenhuma localidade.

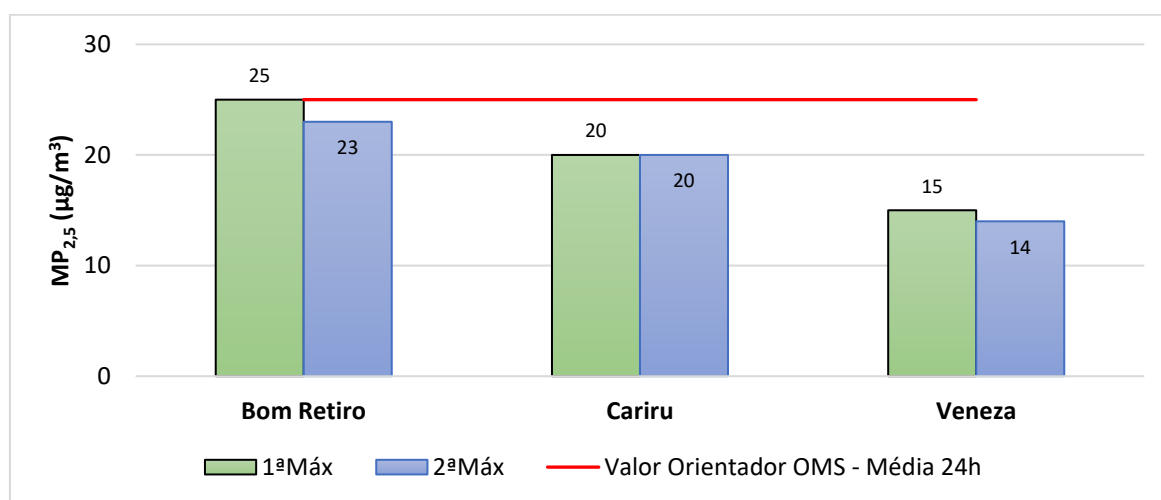


Figura 51: Concentrações máximas diárias de MP_{2,5} para a RMVA.

Em consonância com o valor diário de referência da OMS para MP_{2,5}, o valor anual preconizado à época por este órgão, de 10 µg/m³, também teve seu limite atendido

em todos os casos. A Figura 52 ilustra os resultados alcançados para as médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA, em 2016.

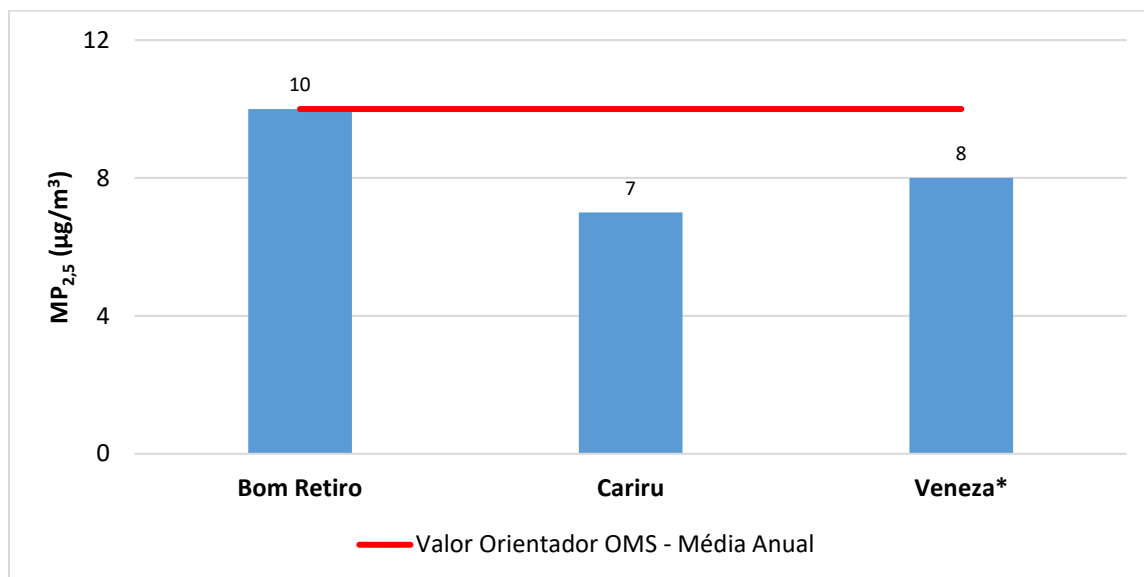


Figura 52: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ para a RMVA.

*Não Representativo.

Observa-se que a estação Bom Retiro registrou a maior média anual em 2016, no qual a estação foi a única entre as demais que alcançou o valor orientador da OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cabe ressaltar novamente que a média anual da estação Veneza não foi representativa devido à suspensão do monitoramento em março do mesmo ano, devendo, portanto, ser utilizada com os devidos cuidados.

Em comparação ao ano anterior, as médias anuais em 2016 foram menores do que em 2015, exceto para a estação Veneza, que apesar de ter se mantido a mesma, não foi representativa no período analisado. Ademais, a maior variação entre médias foi para a estação Cariru. A Figura 53 apresenta essa evolução.

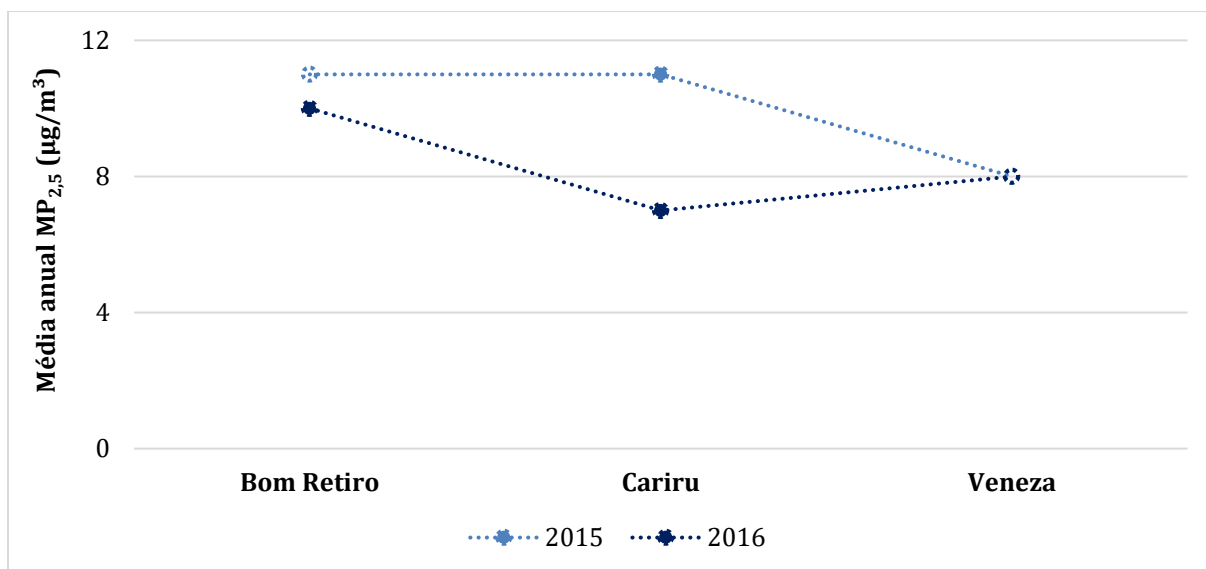


Figura 53: Evolução das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos municípios da RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

4.2.6 SO_2 na RMVA

Em 2016, apenas nas estações de Ipatinga era realizado o monitoramento de dióxido de enxofre na RMVA. Os valores de SO_2 obtidos são discretos quando comparados aos padrões de qualidade do ar vigentes à época, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990, de $365 \mu g/m^3$ para médias de 24 horas. As máximas médias de 24 horas são mostradas na Figura 54.

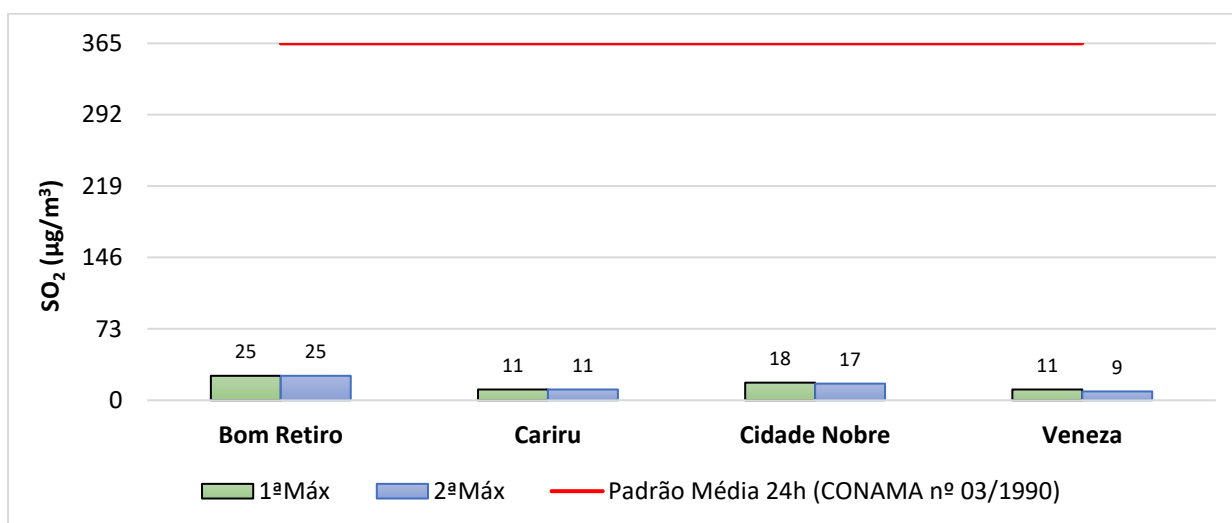


Figura 54: Concentrações máximas diárias de SO_2 para a RMVA.

Observa-se um comportamento semelhante para a concentração de curta exposição entre as estações da RMVA que monitoram o SO_2 , com pouca ou nenhuma variação entre a primeira e segunda máxima diária.

Na Figura 55 é apresentada a distribuição percentual do Índice da Qualidade do Ar para o dióxido de enxofre, no qual prevaleceu a classe “Boa” para todas as estações. A Estação Veneza apresentou a maior porcentagem de dados omissos, 80,6%, o que acabou comprometendo a representatividade anual, conforme apresentado na Figura 56.

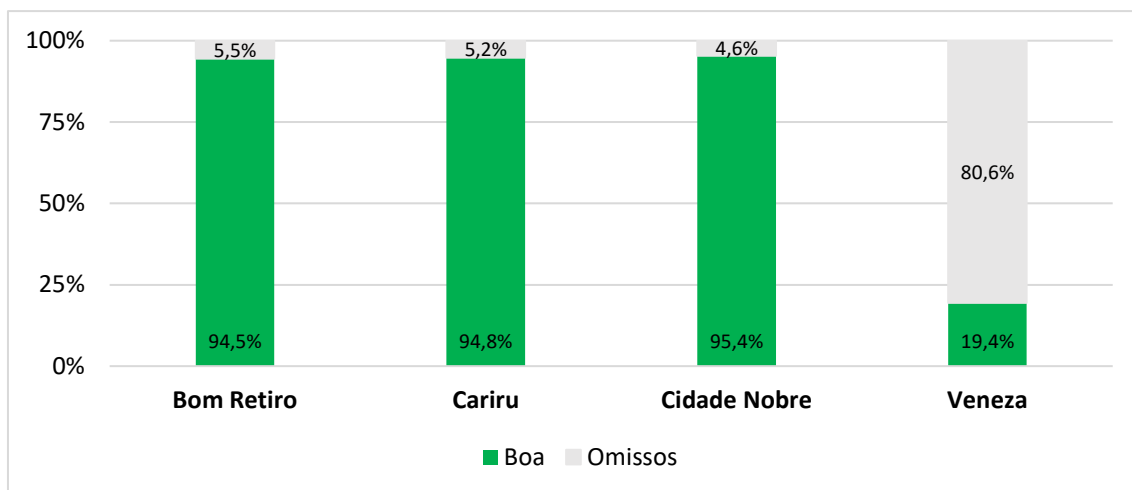


Figura 55: Distribuição do IQAr para o SO₂ na RMVA.

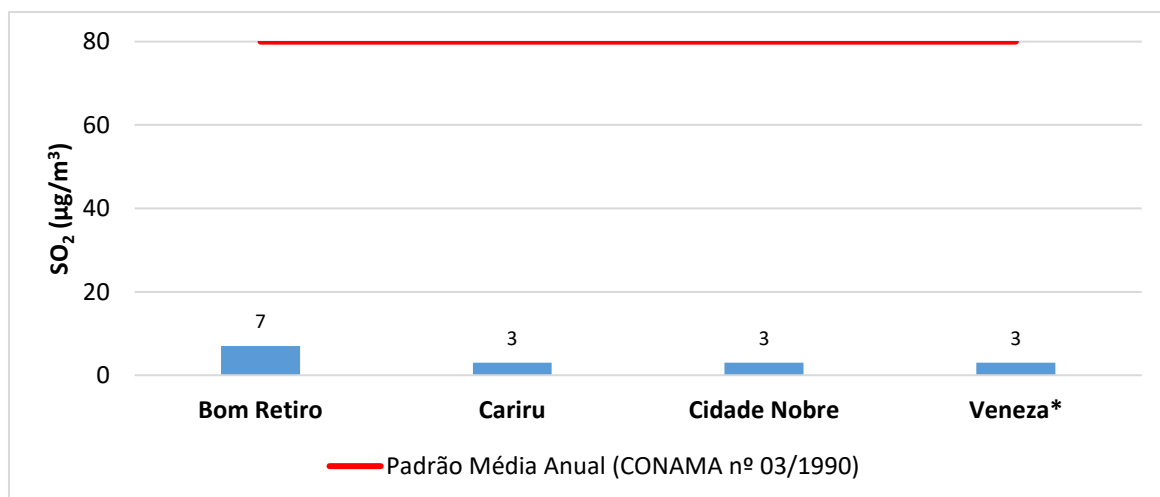


Figura 56: Concentrações Médias Anuais de SO₂ para a RMVA.

Analogamente as concentrações máximas diárias apresentadas na Figura 54, na estação Bom Retiro foi identificada a maior concentração anual de SO₂.

Ainda sobre o comportamento das estações ao longo dos anos, a Figura 57 apresenta a variação das concentrações médias anuais de SO₂, nos municípios da RMVA, para 2015 e 2016.

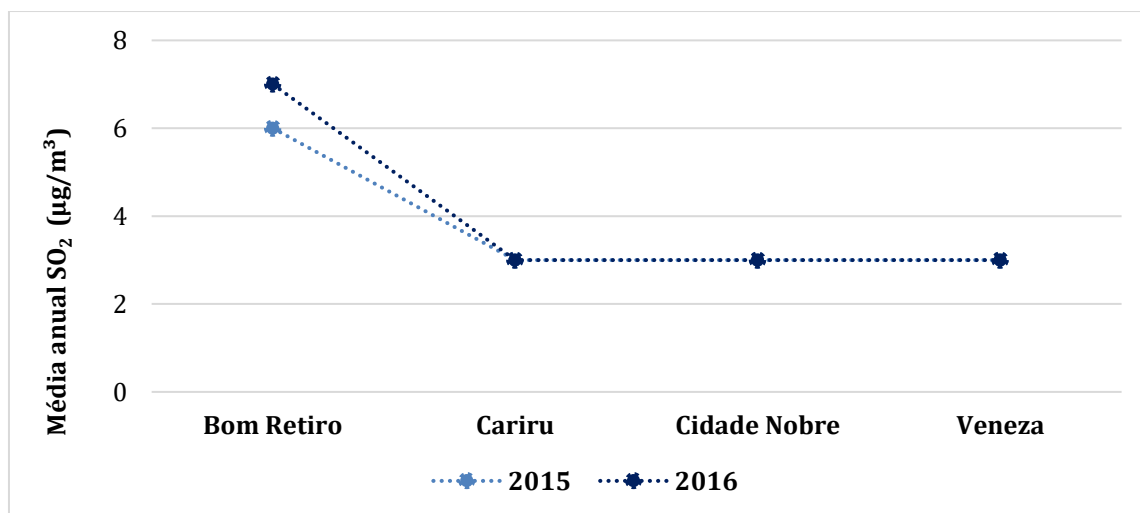


Figura 57: Evolução das concentrações médias anuais de SO₂ nos municípios da RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Observa-se que o comportamento da estação Bom Retiro se diferencia das demais, sendo a única estação que obteve uma média anual em 2016 maior que em 2015 e com valores mais altos. As médias anuais de SO₂ nas demais estações do município de Ipatinga não sofreram variação nos dois anos analisados.

4.2.7 NO₂ na RMVA

Assim como o observado para o SO₂, o dióxido de nitrogênio permaneceu bem abaixo dos padrões preconizados pela Resolução CONAMA n° 03/1990. Na Figura 58 são apresentadas as máximas horárias de NO₂ observadas na RMVA.

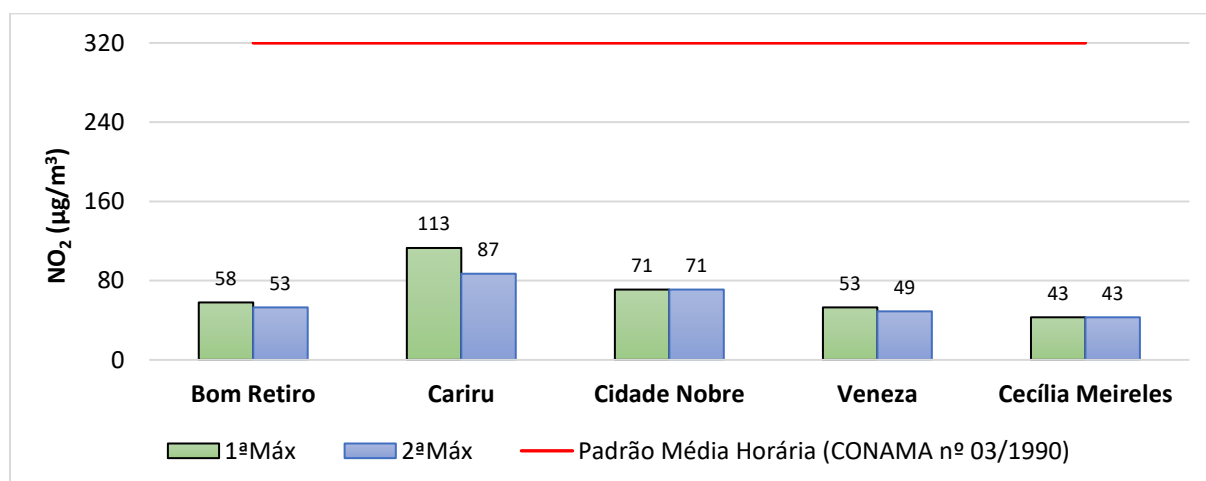


Figura 58: Concentrações máximas horárias de NO₂ para a RMVA.

Todas as estações obtiveram máximas médias horárias de NO_2 inferiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, diante de um padrão horário de $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com destaque para a estação Cecília Meireles, cuja máxima média horária foi a menor ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ao longo de 2016 a distribuição percentual do IQAr para o parâmetro NO_2 na RMVA apresentou predominância da classe “Boa”, com exceção da estação Veneza que registrou o maior percentual de dados omissos devido à suspensão de atividades, seguido da estação Cecília Meireles em Timóteo. A estação Cariru foi a única a registrar a classe “Regular” dentre as demais estações da RMVA. Essa distribuição é apresentada na Figura 59.

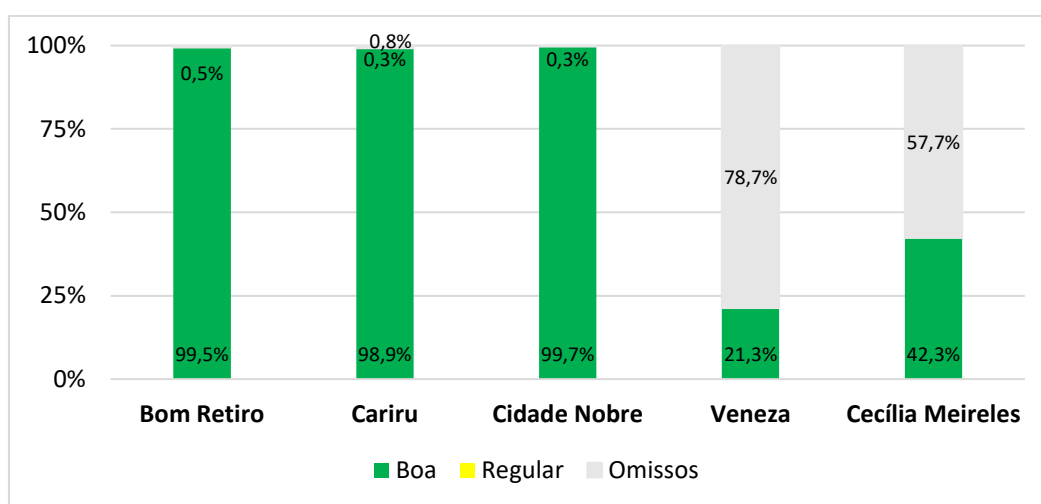


Figura 59: Distribuição do IQAr para o NO_2 na RMVA.

A Figura 60 apresenta os resultados obtidos da concentração de longa exposição para dióxido de nitrogênio na RMVA.

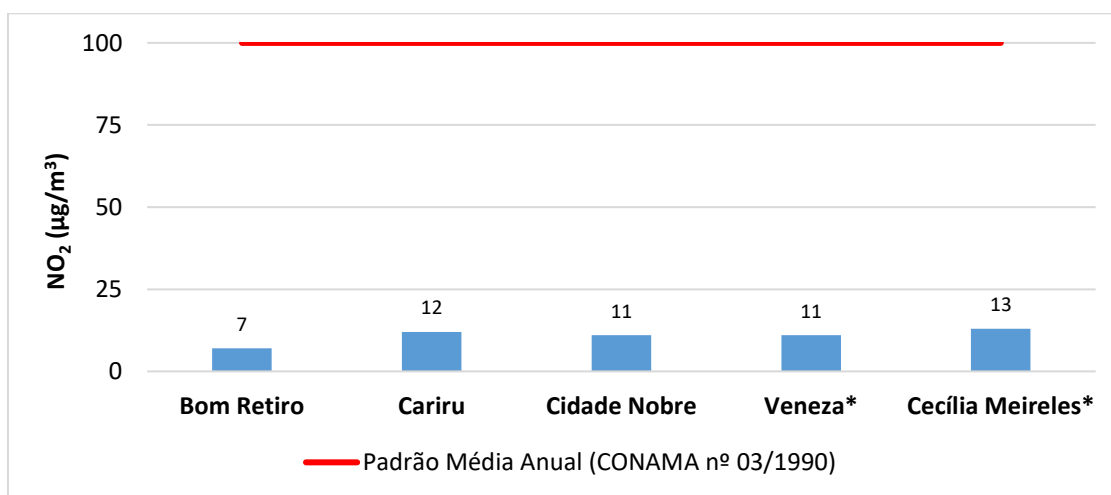


Figura 60: Concentrações médias anuais de NO_2 para a RMVA em 2016.

O comportamento reduzido das médias horárias de NO_2 pôde ser notado nas médias anuais, visto que, não chegaram a atingir $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor esse 5 vezes menor que a referência de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A comparação com o ano anterior mostra que não houve grande variação entre as médias anuais, com pequena redução em 2016, conforme visto na Figura 61.

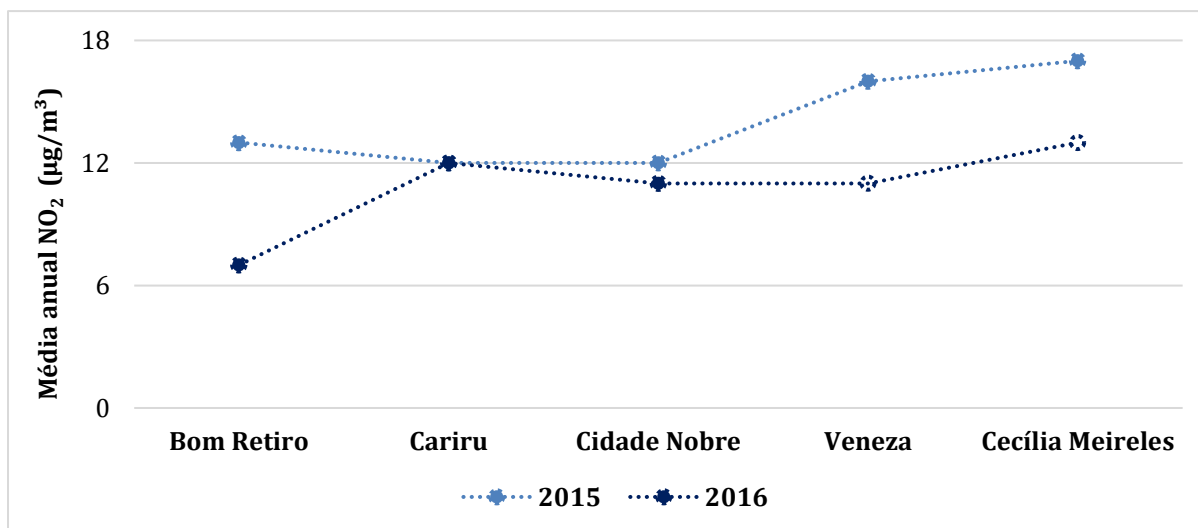


Figura 61: Evolução das concentrações médias anuais de NO_2 nos municípios da RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

4.2.8 CO na RMVA

No ano de 2016 o monóxido de carbono era monitorado apenas nas 4 estações instaladas em Ipatinga. A Figura 62 mostra as máximas médias de 8 horas observadas nestes locais.

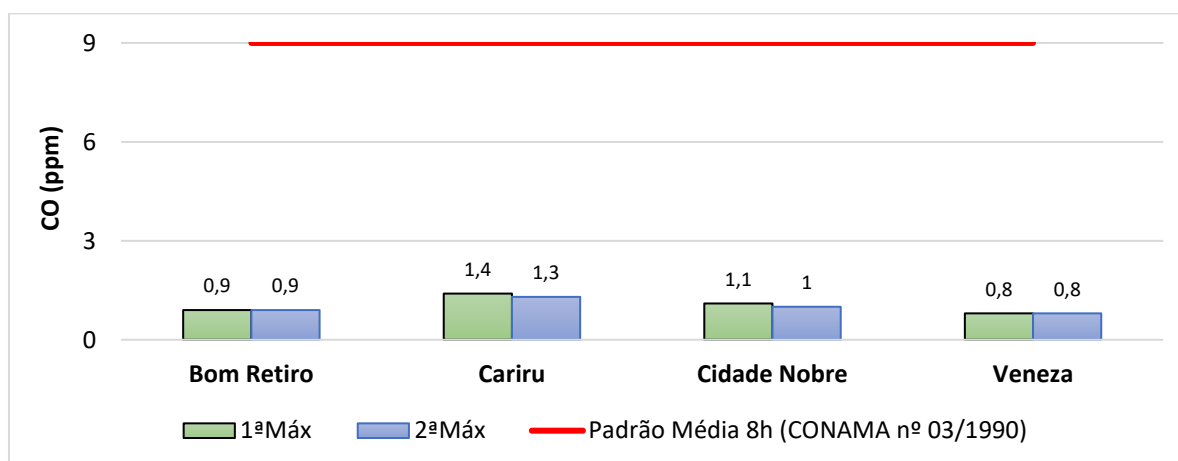


Figura 62: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO para a RMVA.

Não houve ultrapassagem do padrão do CO (9 ppm), sendo observado como maior valor 1,4 ppm, obtido na estação Cariru. Portanto, como mostra a Figura 63, prevaleceu qualidade do ar “Boa” no ano de 2016 nas estações da RMVA, exceto para a estação Veneza, que teve suas atividades suspensas no primeiro semestre do ano, e portanto, apresentou a maior parcela de dados omissos (77,9%).

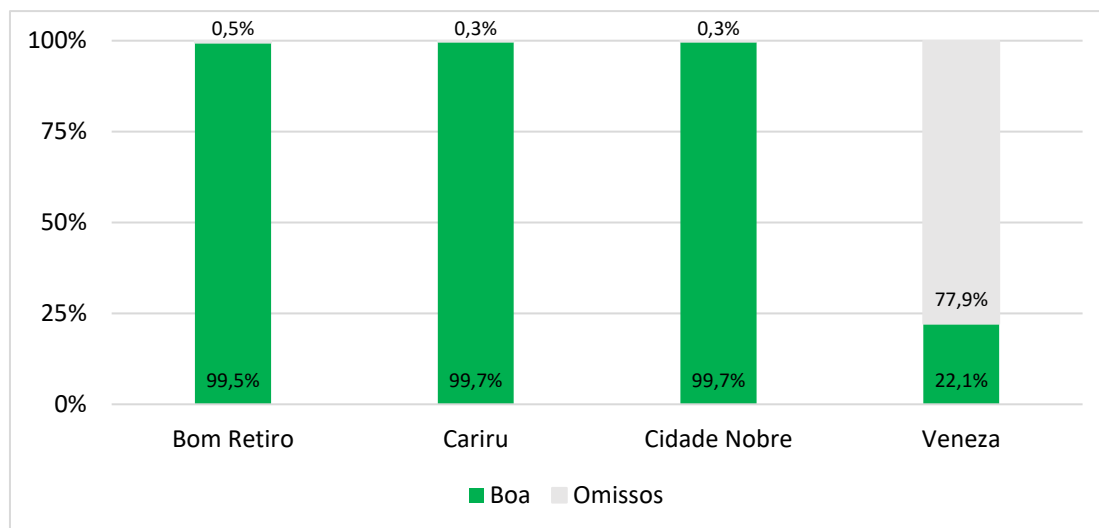


Figura 63: Distribuição do IQAr para o CO na RMVA.

4.2.9 O₃ na RMVA

A Figura 64 mostra as máximas horárias de ozônio obtidas nas estações do Vale do Aço em 2016. Percebe-se um padrão de resultados entre 175 a 147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com exceção da 1ª máxima horária obtida na estação Cariru, em Ipatinga, chegando a 235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor 47% superior ao limite estabelecido pela legislação nacional vigente, de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

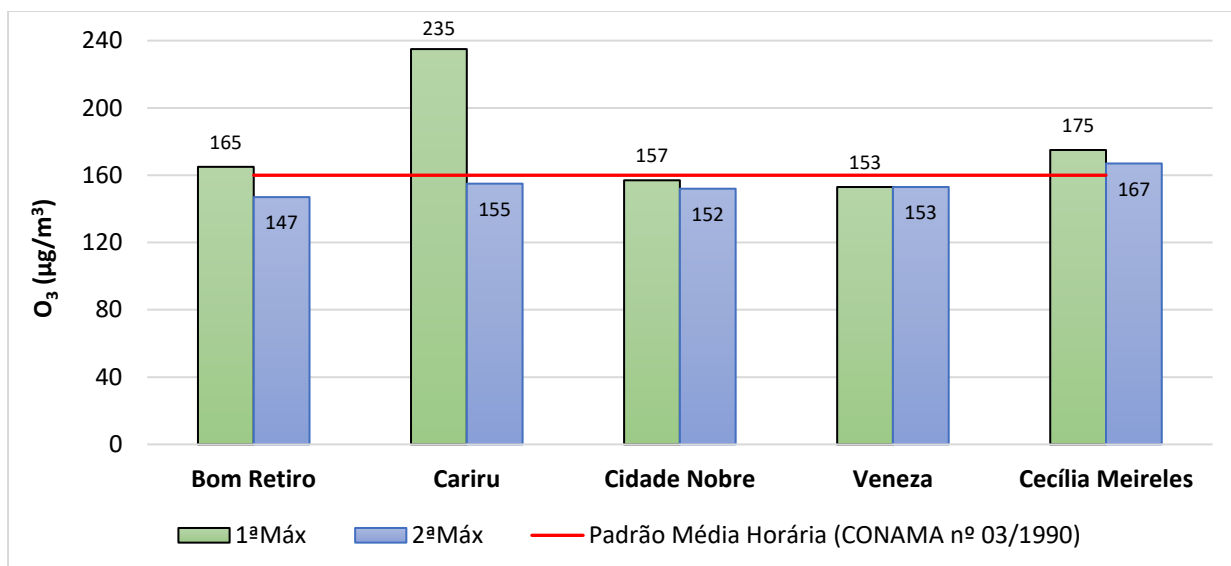


Figura 64: Concentrações máximas horárias de O₃ para a RMVA.

Segundo a Resolução CONAMA nº 03/1990 o valor de referência estabelecido e vigente à época para curta duração, não devia ser excedido mais de uma vez por ano. Sendo assim, das estações da RMVA que ultrapassaram o limite, Bom Retiro e Cariru, situadas em Ipatinga, superaram o padrão apenas uma vez no ano, ambas em janeiro, atendendo, portanto, ao recomendado pela legislação.

Por outro lado, em Timóteo, a estação Cecília Meireles, extrapolou 4 vezes o padrão estabelecido, sendo 1 vez em outubro e 3 outros registros em novembro de 2016, não atendendo ao recomendado.

Na Figura 65 está disponível a distribuição percentual do IQAr para o O₃ na RMVA. Observa-se maior ocorrência da classe “Regular” na maior parte das estações, destoando do observado para os demais poluentes analisados nessa região (PTS, MP₁₀, SO₂, NO₂ e CO), que tiveram predominância da classe “Boa”. A classe “Inadequada” também teve registros nas estações Bom Retiro, Cariru e Cecília Meireles.

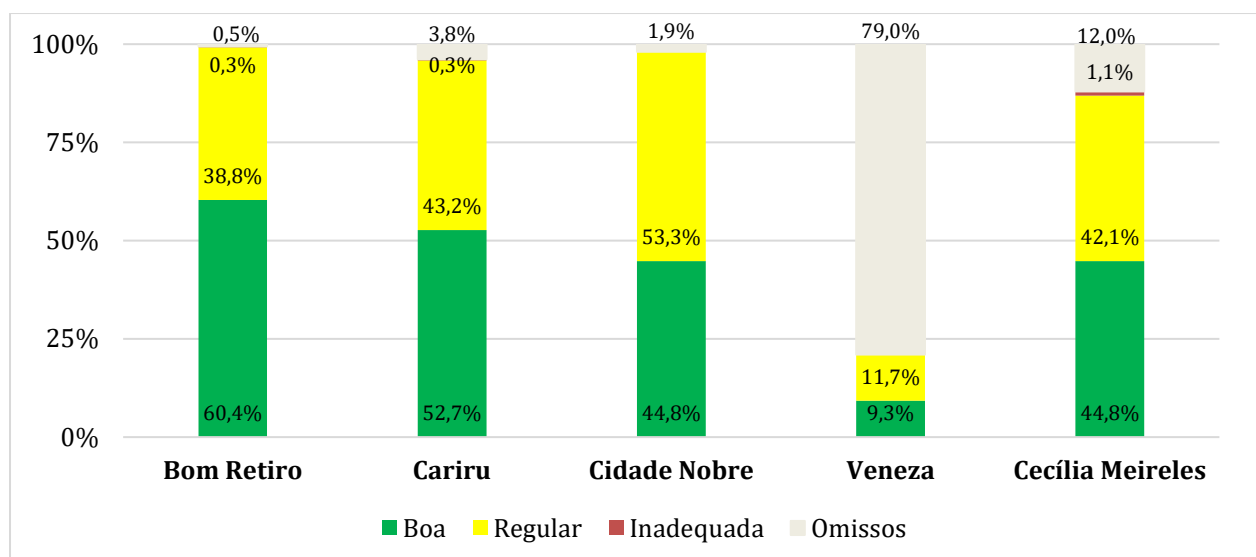


Figura 65: Distribuição do IQAr para o O₃ na RMVA.

4.3 Demais municípios

Os demais municípios que compunham a rede automática de monitoramento da qualidade do ar de Minas Gerais em 2016 eram: Itabira, Pirapora, Paracatu e Barra Longa. Entretanto, ressalta-se que no ano do presente relatório, as estações situadas na cidade de Pirapora estiveram inoperantes. Desta forma, serão apresentados apenas resultados para as demais cidades supracitadas.

O município de Itabira está situado na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte e teve a sua história de crescimento econômico permeada pela atividade minerária, inicialmente pelo ouro e depois pelo minério de ferro, somando um PIB de aproximadamente R\$ 3,7 bilhões (IBGE, 2022). Em 1942 foi instalada na região a Companhia Vale do Rio Doce, atualmente Vale, transformando o cenário do município fazendo com que houvesse grande crescimento econômico e aumento populacional em áreas urbanas (SARAIVA *et al.*, 2012). De acordo com o último censo demográfico, em 2010, a cidade de Itabira contava com uma população de 109.783 pessoas, onde aproximadamente 93,2% residiam em área urbana (IBGE, 2011).

O município de Paracatu, situado na Mesorregião Noroeste do Estado de Minas Gerais, possuía, em 2010, uma população de 84.718 pessoas, dos quais aproximadamente 87,1% residiam em área urbana (IBGE, 2011). Historicamente, a cidade é marcada pelos metais preciosos, sobretudo, o ouro (ASTOLPHI *et al.*, 2021). Além disso, também é destaque no estado por sua produção de grãos e pela pecuária. Porém, a marca da mineração é forte devido as suas reservas de ouro, calcário, zinco

e chumbo (PARACATU, 2021). O PIB, consequente das atividades econômicas da região, soma um montante equivalente a 3,3 bilhões de reais (IBGE, 2022). A Kinross Gold Corporation, uma empresa canadense do ramo da mineração e comercialização de ouro, atua na mina Morro do Ouro há pelo menos 15 anos, respondendo por cerca de 22% dos postos de trabalho formais na região (KINROSS, 2021).

Barra Longa, cidade situada na Zona da Mata de Minas Gerais, cresceu com a exploração do ouro de aluvião e, após a decadência desse mineral na região, a agricultura se tornou carro-chefe devido suas terras produtivas (PREFEIRURA MUNICIPAL DE BARRA LONGA, 2022). De acordo com o censo 2010, o município abrigava uma população de 6143 pessoas, sendo predominantemente rural (62,3%), na qual apenas 37,7% de sua população residente vivia em área urbana. À época, suas atividades econômicas movimentavam um PIB em torno de R\$ 69 milhões de reais (IBGE, 2022).

4.3.1 Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios

As cidades supracitadas, situadas em região de Mata Atlântica e Cerrado, fazem parte da industrialização e do ciclo da mineração do estado. Sabe-se que essas atividades antrópicas são importantes vias de introdução de poluentes na atmosfera (MMA, 2021).

As principais fontes de emissões atmosféricas são as queimadas, as fontes veiculares e as industriais. Por isso, nos tópicos seguintes serão mostrados dados dessas fontes de poluição para as cidades de Itabira, Paracatu e Barra Longa, com foco em dados do crescimento da frota veicular, focos de incêndio e número de empreendimentos licenciados.

4.3.1.1 Paracatu

A Figura 66 mostra o crescimento da frota veicular de Paracatu, de 2006 e 2016.

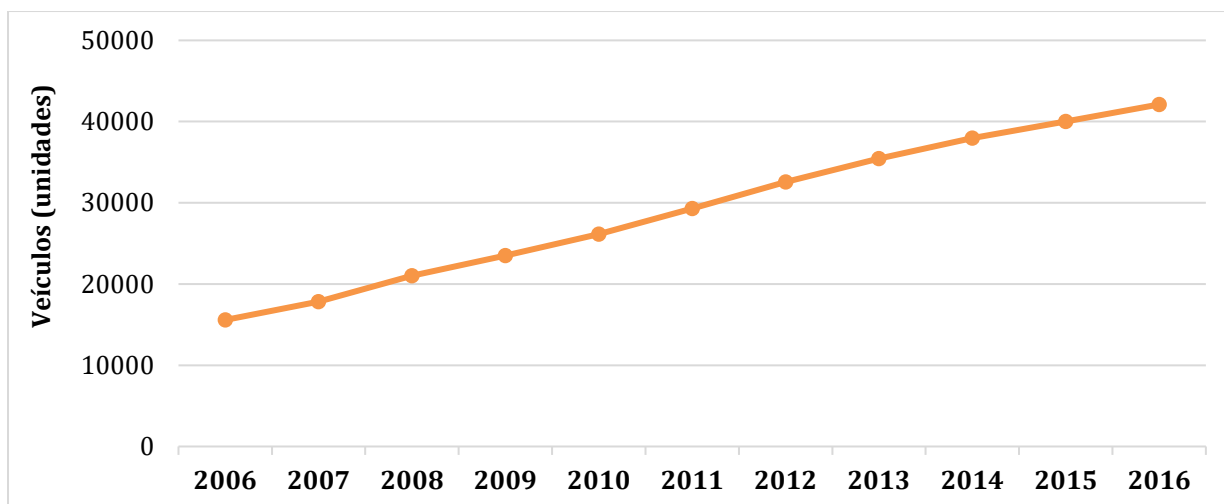


Figura 66: Crescimento da frota veicular de Paracatu.

Fonte: IBGE, 2022.

Dentre as cidades com rede de monitoramento do ar em 2016 no estado, Paracatu apresentou o terceiro maior aumento percentual no número de veículos (170%), saltando de 15574 veículos em 2006 para 42107 em 2016, estando atrás apenas de Ibirité (188%) e São José da Lapa (175%). A maior porção é caracterizada por veículos leves, mediante dados observados do IBGE (2021).

Com relação ao impacto provocado pelas queimadas, a Figura 67 apresenta os dados dos focos de incêndio para o município.

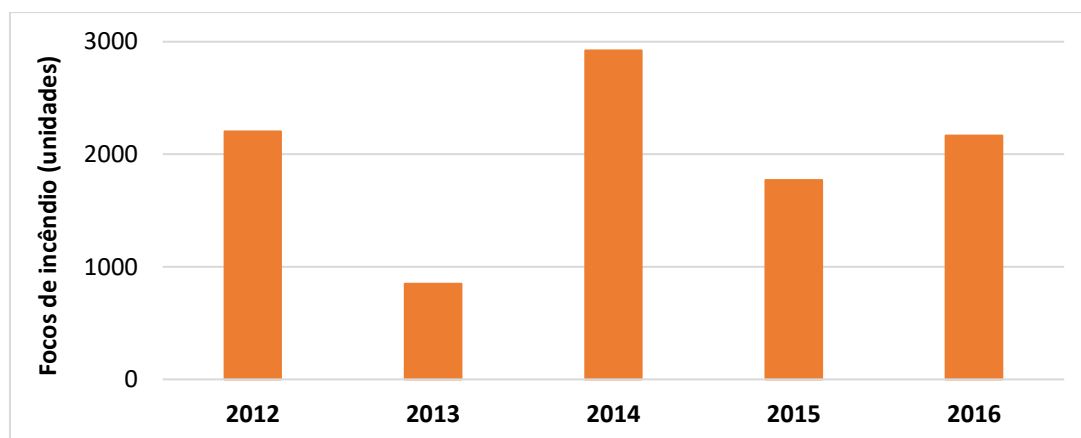


Figura 67: Focos de incêndio em Paracatu.

Fonte: INPE, 2022.

Observa-se um grande volume de focos de incêndios do município de Paracatu, quando comparada as demais cidades que compõe a rede de monitoramento da qualidade do ar. Como pode ser visto, há uma tendência de decréscimo de 2012 para 2013, entretanto, o número volta a crescer em 2014, com um pico de 2923 focos de incêndio, registro aproximadamente três vezes e meio maior que em 2013.

Percebe-se que, no ano de 2016, houve uma queda de cerca de 26% no número de focos, quando se compara com o ano de 2014. Entretanto, apesar dessa redução, Paracatu ocupou a 1ª posição no ranking de focos de incêndio por município, sendo que dos 74318 registros de Minas em 2016, 2165 ocorreram nessa cidade (INPE, 2022). Nesse contexto, ressalta-se que em relação à área territorial, o município é o 3º maior de Minas Gerais.

Quanto às fontes de poluição industrial, destaca-se na Figura 68 a evolução dos empreendimentos licenciados, no período de 2013 a 2016, em Paracatu.

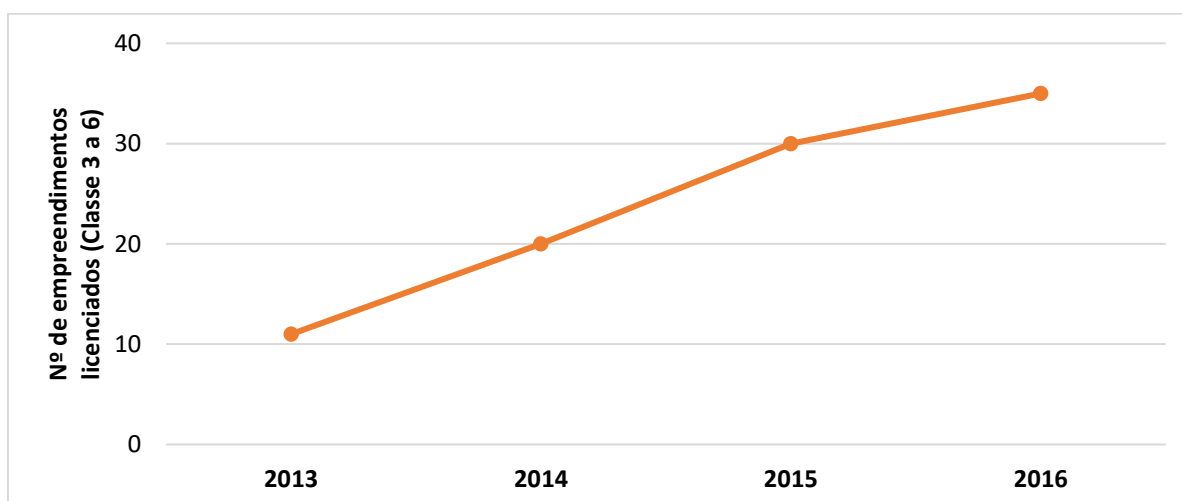


Figura 68: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 em Paracatu.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

Nota-se que a evolução de empreendimentos licenciados no período analisado em Paracatu é mais acentuada em relação aos outros municípios com rede de monitoramento da qualidade do ar. Tiveram destaque em 2016, considerando a DN COPAM nº 74/2004, a Listagem A - Atividades Minerárias, composta por 8 empreendimentos e a Listagem G – Atividades Agrossilvipastoris, composta por 13 empreendimentos.

4.3.1.2 Itabira

A Figura 69 mostra o crescimento da frota veicular em Itabira, no período de 2006 a 2016. O número de veículos passou de 28027 para 58311, um aumento percentual em torno de 108%. A maior porção desse aumento é caracterizada por automóveis e motocicletas (IBGE, 2022).

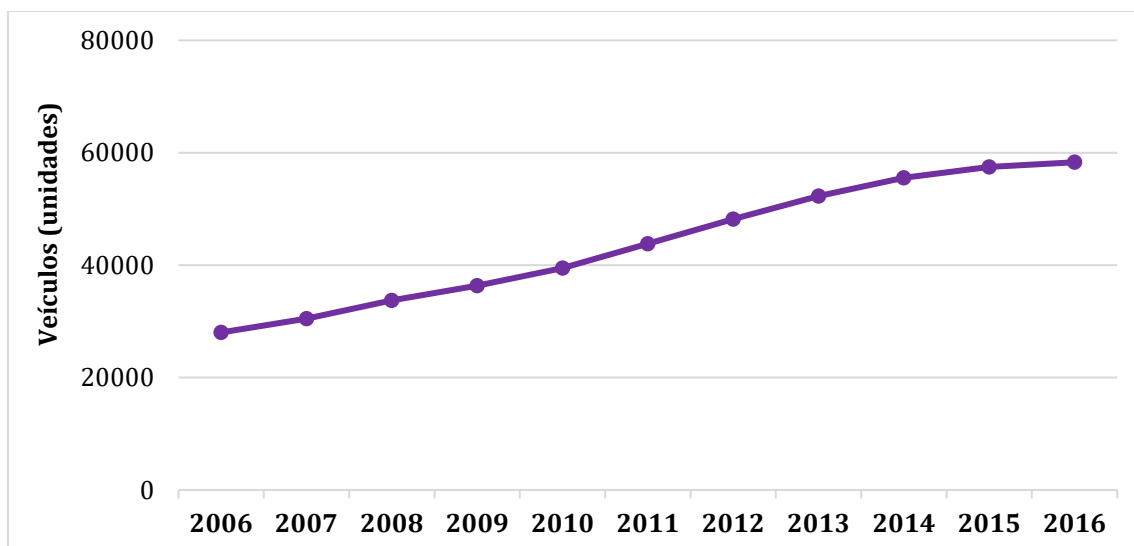


Figura 69: Crescimento da frota veicular de Itabira.

Fonte: IBGE, 2022.

A Figura 70 destaca os dados dos focos de incêndio para o município de Itabira, no período de 2012 a 2016, no qual observa-se um crescimento expressivo de 2013 a 2015, partindo de 24 para 638 ocorrências. Entretanto, há uma redução significativa em 2016, obtendo-se 88 focos.

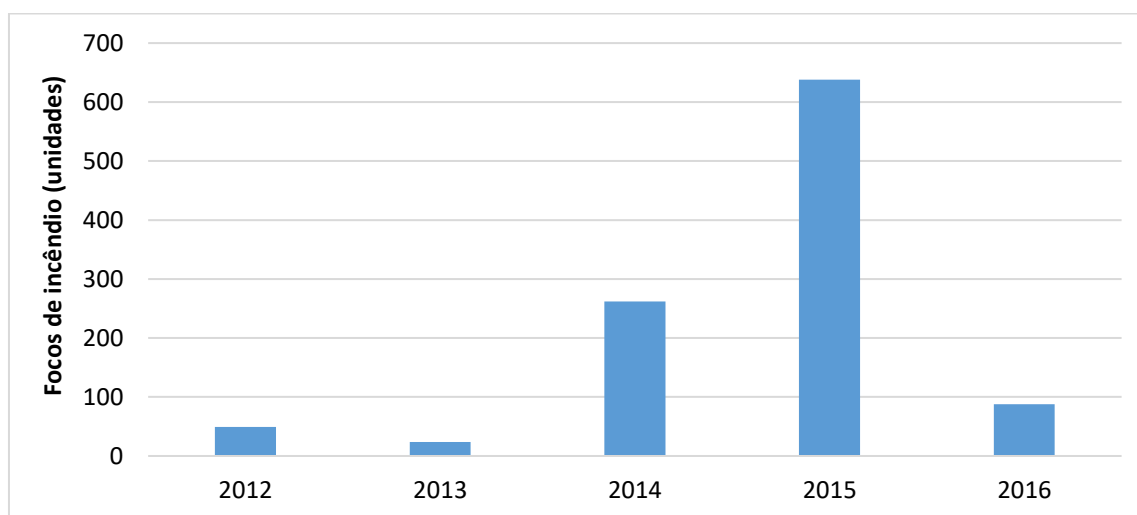


Figura 70: Focos de incêndio em Itabira.

Fonte: INPE, 2022.

Com relação aos empreendimentos licenciados, a

Figura 71 apresenta a sua evolução no período de 2013 a 2016, em Itabira.

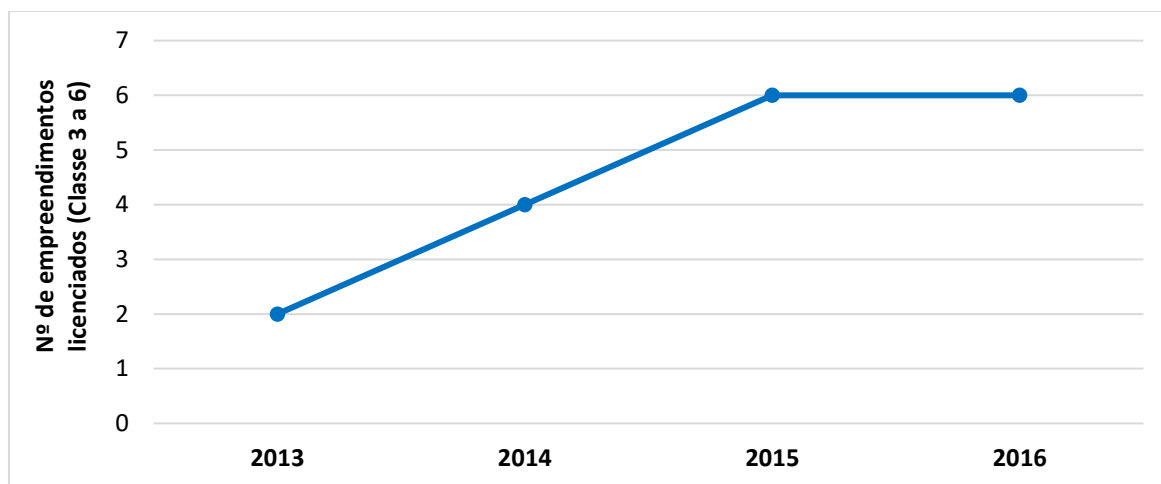


Figura 71: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2016 em Itabira.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

Em 2016, o número de empreendimentos licenciados em Itabira não foi alterado com relação ao ano anterior e não houve predomínio de empreendimentos em nenhuma Listagem da DN COPAM nº 74/2004. Em 2015 e 2016, os empreendimentos em funcionamento pertenciam a quatro tipos de listagens diferentes.

4.3.1.3 Barra Longa

A Figura 72 mostra a tendência da frota veicular de Barra Longa, para o intervalo de 2006 e 2016.

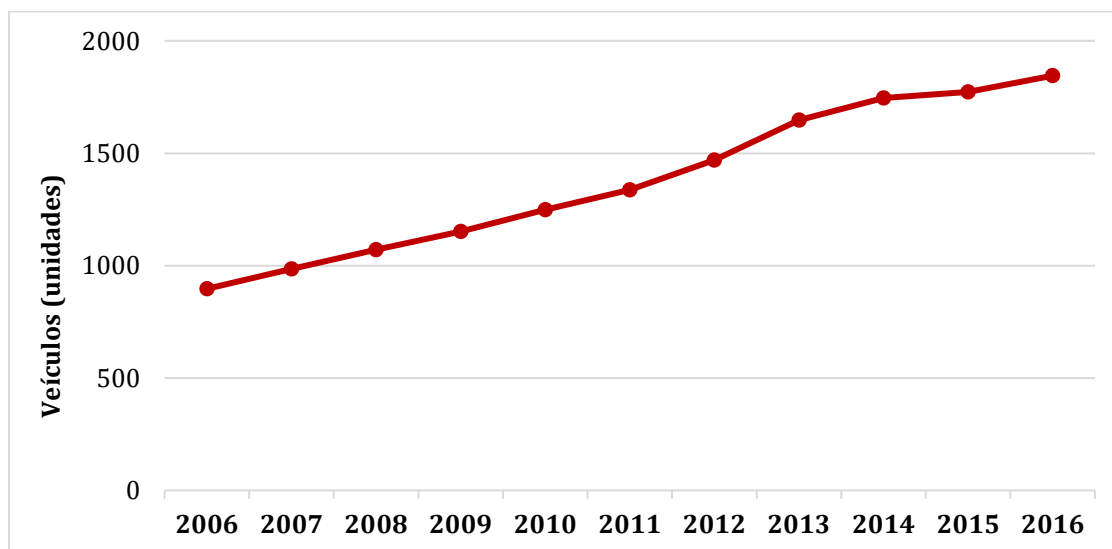


Figura 72: Crescimento da frota veicular de Barra Longa.

Fonte: IBGE, 2022.

O município de Barra Longa também apresentou tendência de crescimento em sua frota veicular, com valores passando de 897 para 1845, aumento em torno de 106%.

Conforme o IBGE (2022), a maior porção desse aumento é caracterizada por motocicletas e automóveis.

Os dados dos focos de incêndio de Barra Longa são mostrados na Figura 73, evidenciando uma tendência oscilatória entre os anos, sendo 28 a quantidade máxima de focos de incêndios no período analisado (2012 a 2016).

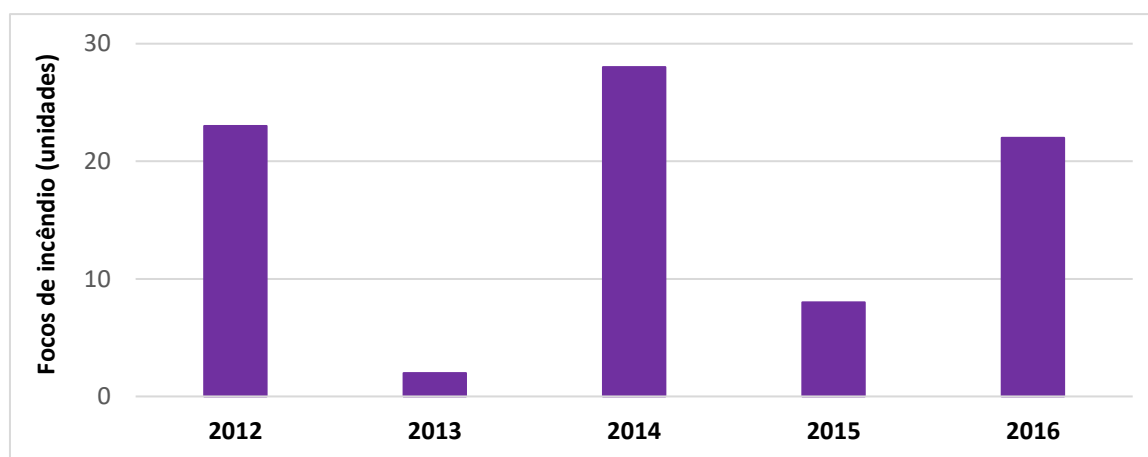


Figura 73: Focos de incêndio em Barra Longa.

Fonte: INPE, 2022.

Quanto às fontes de poluição industrial em Barra Longa, não houve empreendimentos licenciados até 2016, com base nas informações disponíveis no IDE.

4.3.2 Meteorologia dos demais municípios

A avaliação da meteorologia em Itabira foi realizada por meio dos dados medidos na estação Meteorológica EM11 – Pousada, componente da rede de monitoramento da qualidade do ar do município. A Figura 74 apresenta os dados de precipitação acumulada registrados ao longo do ano de 2016. Destacou-se o baixo acúmulo observado no período de maio a agosto.

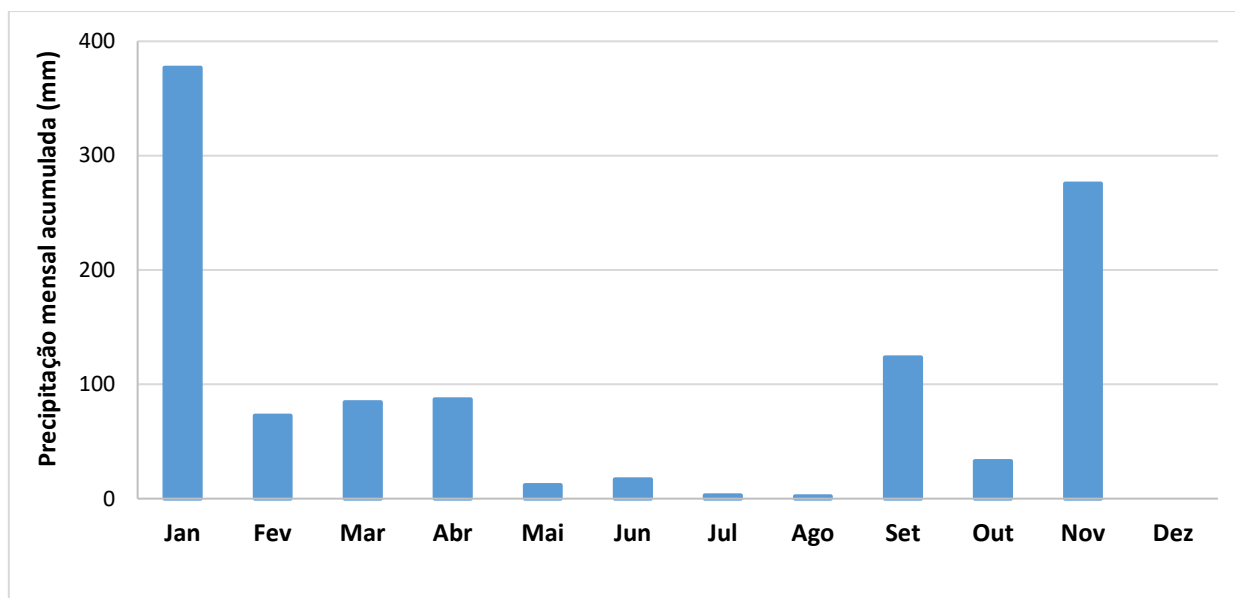


Figura 74: Precipitação acumulada para o ano de 2016 em Itabira.

A maior temperatura mensal foi observada em fevereiro e a menor em junho, conforme mostra a Figura 75. Entretanto, não foram obtidas médias mensais válidas para novembro e dezembro.

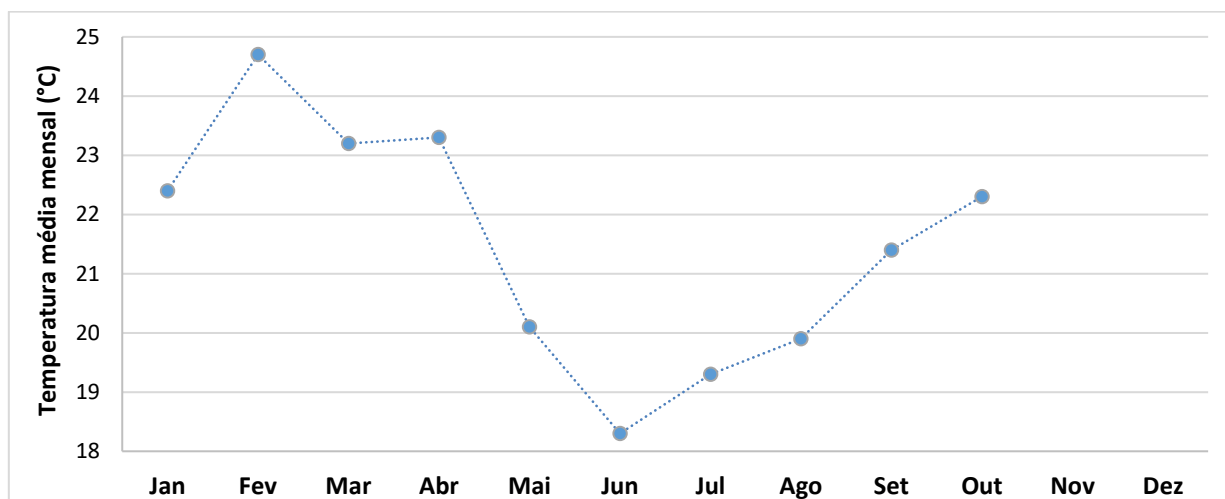


Figura 75: Temperatura média mensal para o ano de 2016 em Itabira.

Foram encontrados 4 dias desfavoráveis à dispersão atmosférica na Estação Pousada em 2016, sendo 2 em abril e 2 em junho. Conforme pode ser visto na Figura 76, o período de abril a junho apresentou as menores intensidades de vento, fato que contribuiu para a obtenção destes 4 dias, aliado às baixas precipitações nesta época do ano.

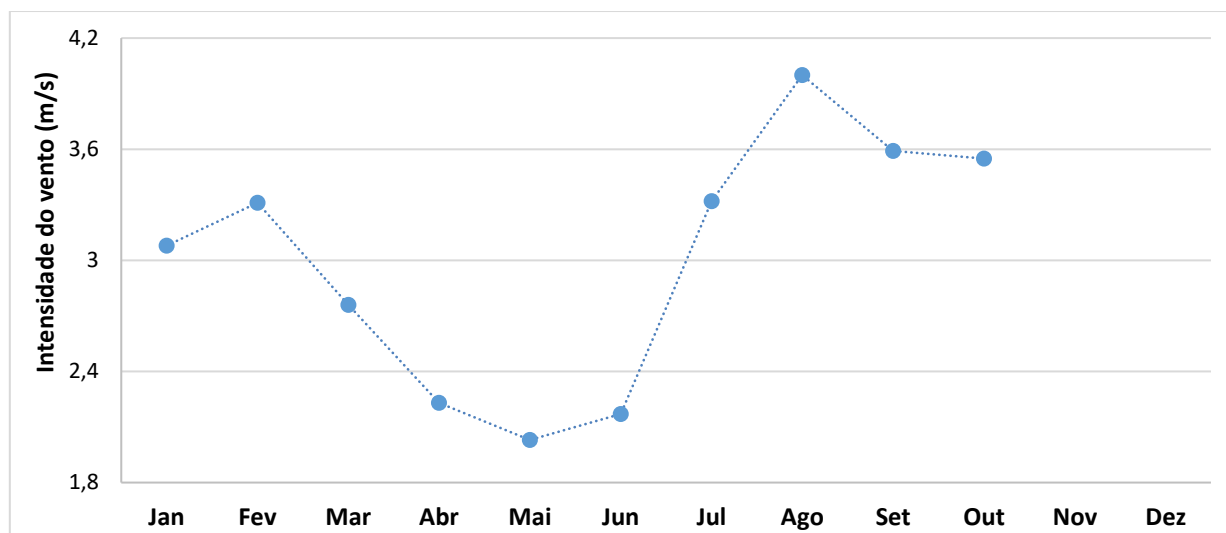


Figura 76: Velocidade média mensal do vento para o ano de 2016 em Itabira.

A meteorologia de Paracatu, em 2016, foi avaliada por meio das normais climatológicas da estação do INMET no município, quanto ao acumulado mensal de precipitação, temperatura do ar ambiente e intensidade do vento. Nesta estação não foram obtidos dados válidos em 2016, portanto, a fim de obter uma análise qualitativa do ano avaliado, as normais foram comparadas com valores medidos nas estações de qualidade do ar, para os parâmetros de temperatura e velocidade do vento. Para precipitação foi utilizada a estação INMET Unaí, localizada cerca de 78 km de distância da estação INMET Paracatu.

Percebe-se que, conforme apresenta a Figura 77, as normais climatológicas das estações do INMET de Paracatu e Unaí, para o parâmetro precipitação pluviométrica, seguiram um comportamento similar, principalmente para o período de março a novembro, que majoritariamente compreende o período de seca.

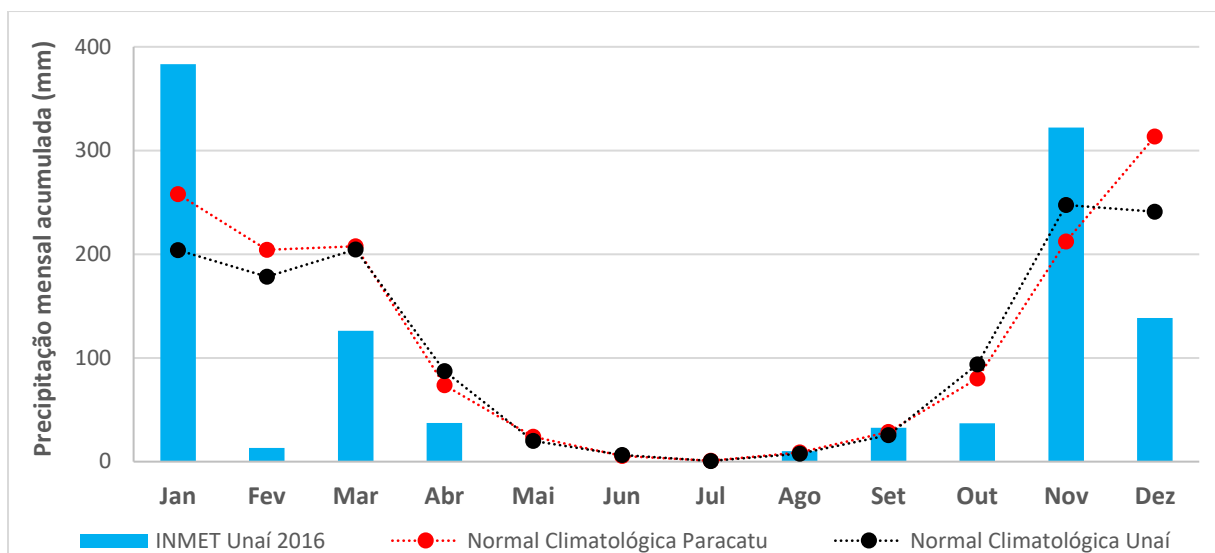


Figura 77: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2016 em Paracatu.

Os dados de 2016 mostram que em janeiro e novembro a precipitação acumulada na região foi superior à média histórica. Por outro lado, os demais meses mostraram valores bem abaixo das médias históricas da região.

Já a temperatura ao longo de 2016 mostrou-se em conformidade com as normais observadas na Estação INMET Paracatu, com maiores valores encontrados em fevereiro (Figura 78).

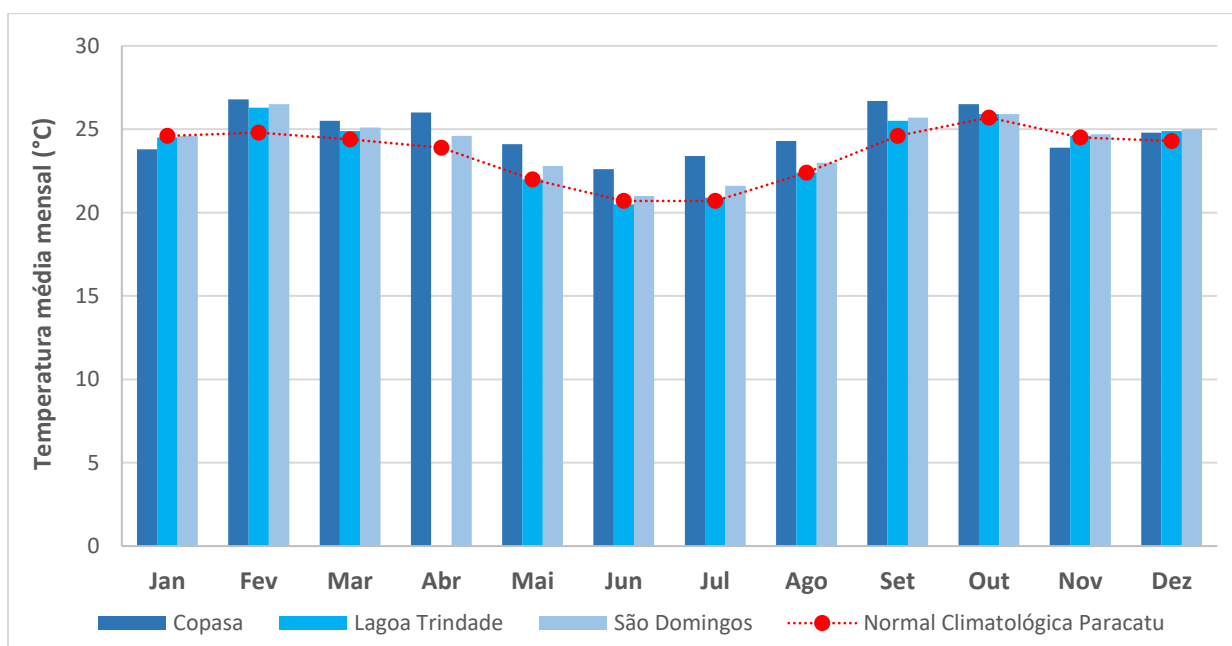


Figura 78: Temperatura média mensal para o ano de 2016 em Paracatu.

Na Figura 79 é apresentada a intensidade dos ventos observada nas estações de monitoramento da qualidade do ar do município. Nota-se que nas estações Lagoa

Trindade Rodrigues e São Domingos a velocidade mostrou-se mais acentuadamente abaixo da normal climatológica para o município, enquanto que na estação Copasa, essa diferença foi menor. Tal fato, em comunhão com o reduzido regime de chuvas, teve influência nas condições de dispersão dos poluentes em Paracatu e, consequentemente, na qualidade do ar da região.

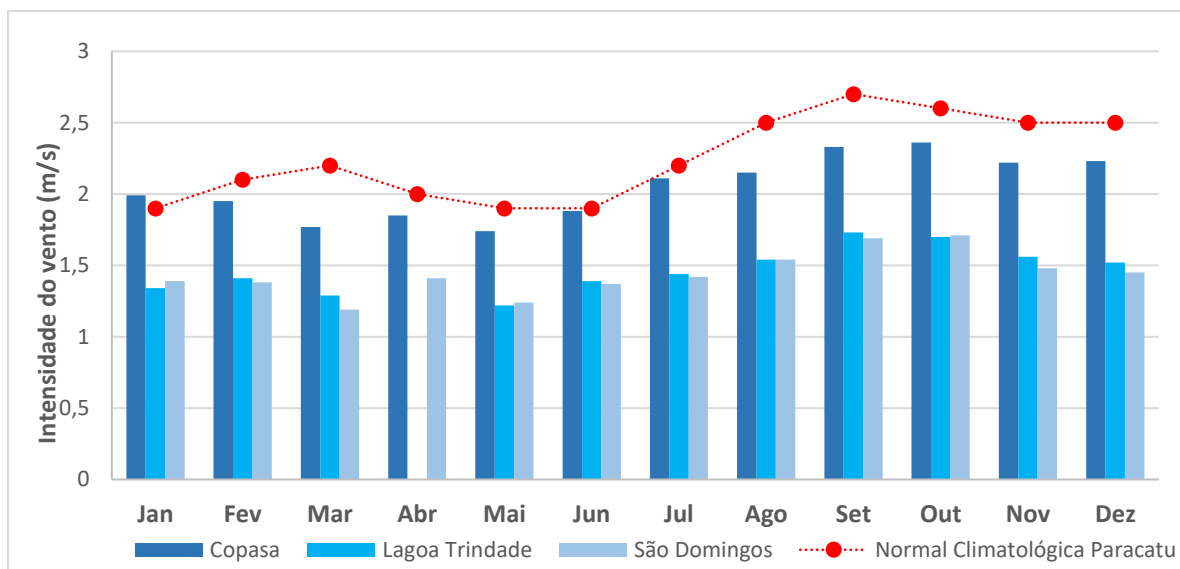


Figura 79: Velocidade média mensal do vento para o ano de 2016 em Paracatu.

A análise meteorológica de Barra Longa foi realizada por meio das medições realizadas na Estação Centro, com avaliação da temperatura e intensidade do vento. Cabe destacar que há nesta estação a medição de pluviometria, entretanto, a operação da estação foi iniciada em fevereiro de 2016, ocorrendo problemas neste sensor no decorrer do ano de 2016, portanto, sem dados representativos para possibilitar uma avaliação concisa desta variável.

Conforme pode ser visto na Figura 80, a temperatura média mensal sofreu uma queda de abril a junho, chegando ao seu menor valor, conforme já esperado segundo a análise sinótica, seguida de elevação dos valores durante o segundo semestre. Já a intensidade dos ventos mostrou valores relativamente baixos, não alcançando 1,2 m/s de média mensal no período de março a dezembro, o que infere baixa capacidade de dispersão dos poluentes na região (Figura 81).

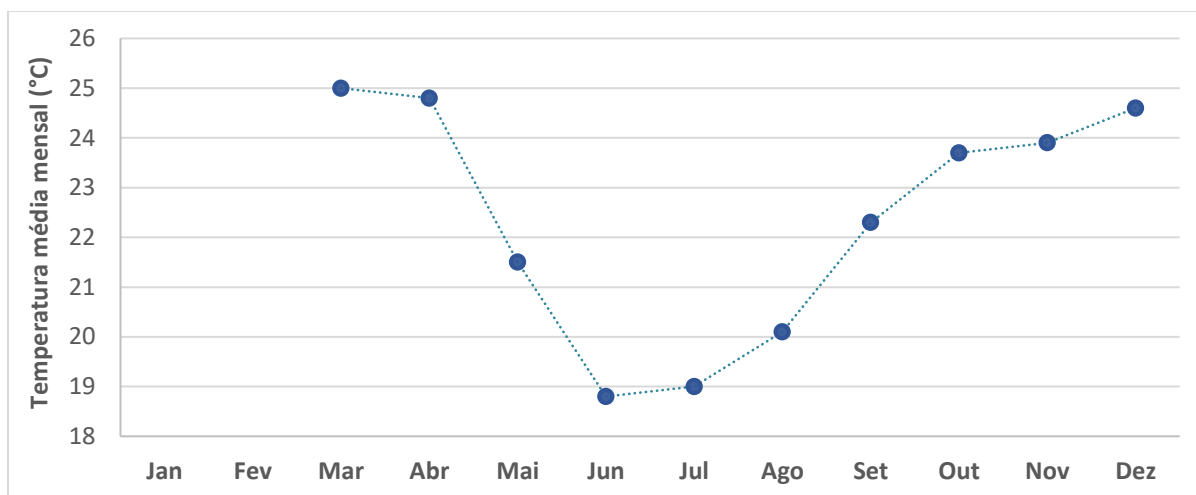


Figura 80: Temperatura média mensal em Barra Longa, em 2016.

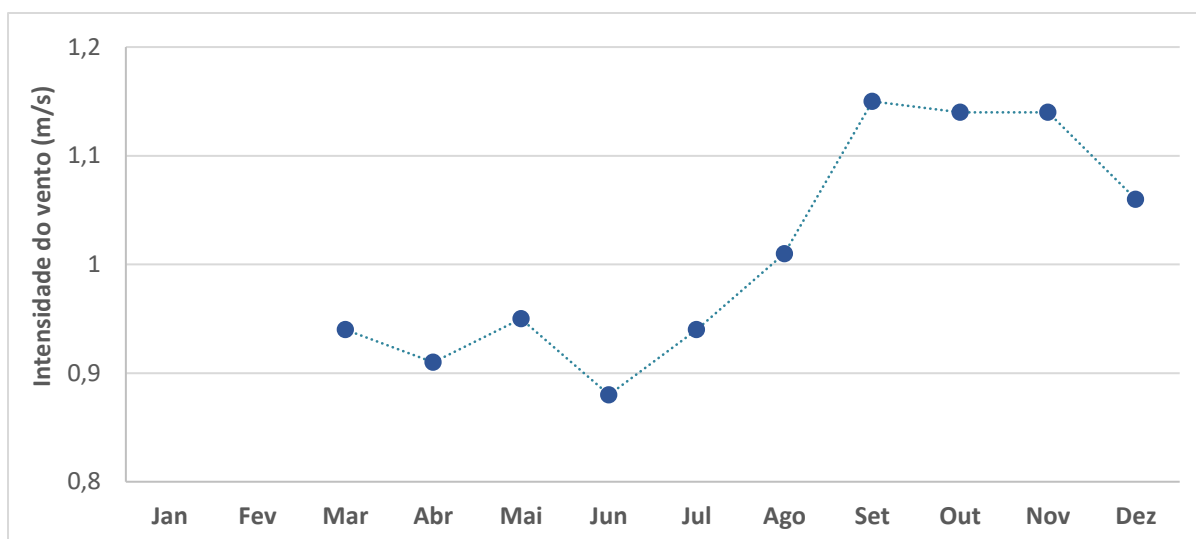


Figura 81: Velocidade média mensal do vento em Barra Longa, em 2016.

4.3.3 PTS nos demais municípios

A Figura 82 mostra as máximas médias de 24 horas de PTS obtidas no ano de 2016 em Itabira, Paracatu e Barra Longa.

Observa-se que houve ultrapassagem do padrão de curta duração apenas na estação situada na cidade de Barra Longa, cujas 1ª e 2ª máximas, 339 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 334 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, excederam o padrão vigente na legislação. Ressalta-se que o padrão primário diário não deve ser excedido mais de uma vez por ano, o que ocorreu na estação Barra Longa Centro.

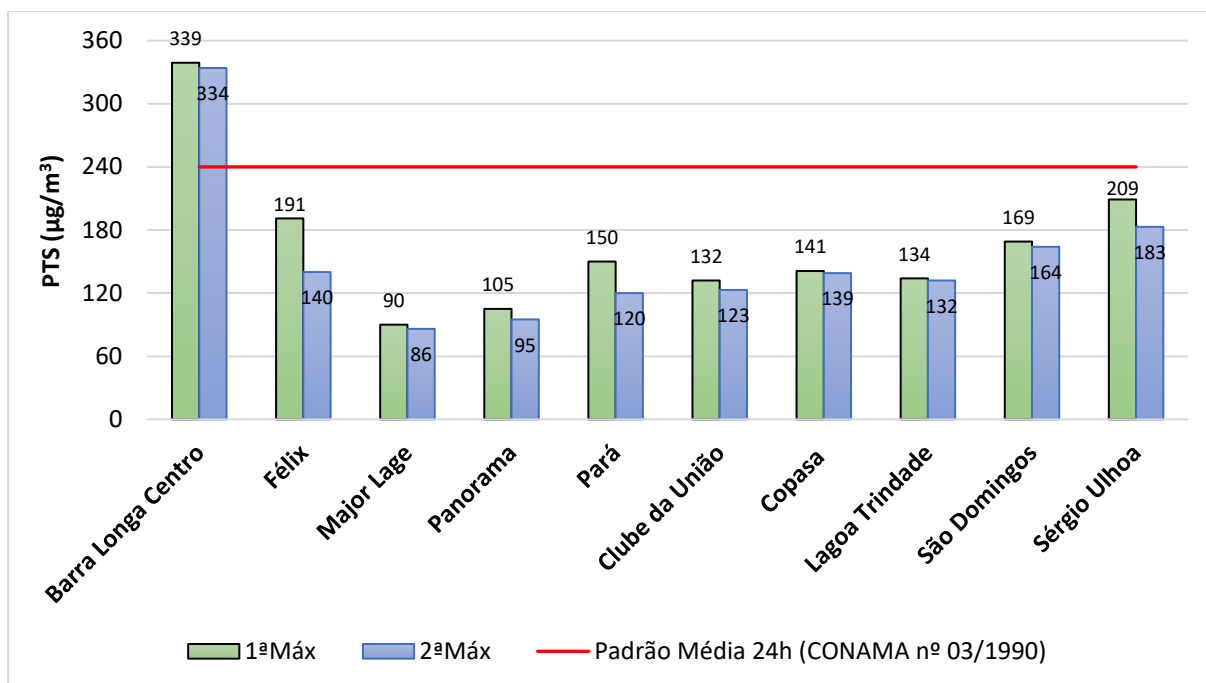


Figura 82: Concentrações máximas diárias de PTS nos demais municípios.

As máximas concentrações de curta exposição encontradas na cidade de Itabira foram de 191 e 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, observadas nas estações Félix e Pará, respectivamente. Já a maior máxima diária de PTS observada em Paracatu foi de 209 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na estação Sérgio Ulhoa.

Na Figura 83 é apresentada a distribuição percentual do IQAr para o parâmetro PTS. É notório que o parâmetro PTS gerou a qualidade “Boa” para o IQAr na maior parte das estações situadas nas cidades em Itabira e Paracatu, haja vista as máximas diárias observadas.

Por outro lado, Barra Longa apresentou 36,3% do IQAr classificado como “Regular” e 1,9% na classe “Inadequada”, também seguindo o esperado conforme máximas diárias verificadas nesta estação. Vale mencionar que a estação Clube da União obteve o maior percentual de dados omissos (49,7%), seguido da estação Copasa (24,9%).

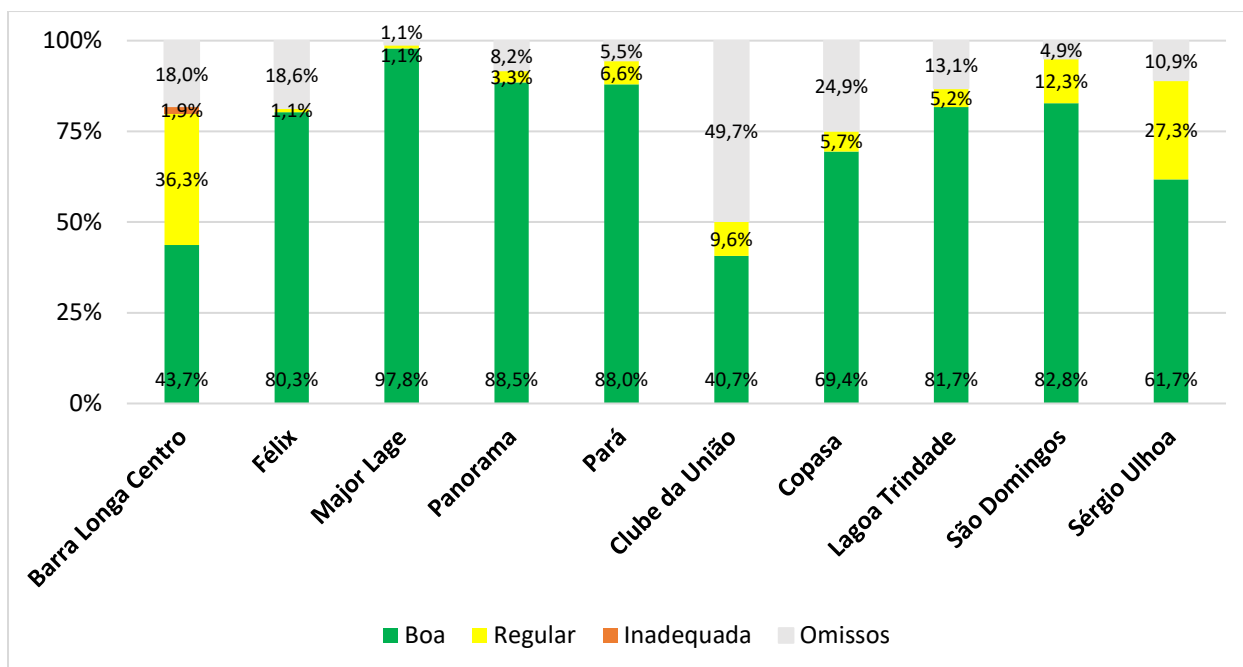


Figura 83: Distribuição percentual do IQAr de PTS nos demais municípios.

Na avaliação das médias geométricas anuais de PTS, pode ser observado que o padrão primário de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estabelecido na Resolução CONAMA nº 03/1990, não foi superado por nenhuma das estações dos demais municípios, vide Figura 84. O maior valor alcançado, de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi obtido na estação Barra Longa Centro. Os demais valores máximos anuais para Itabira e Paracatu, foram observados nas estações Pará ($38 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Sérgio Ulhoa ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), respectivamente.

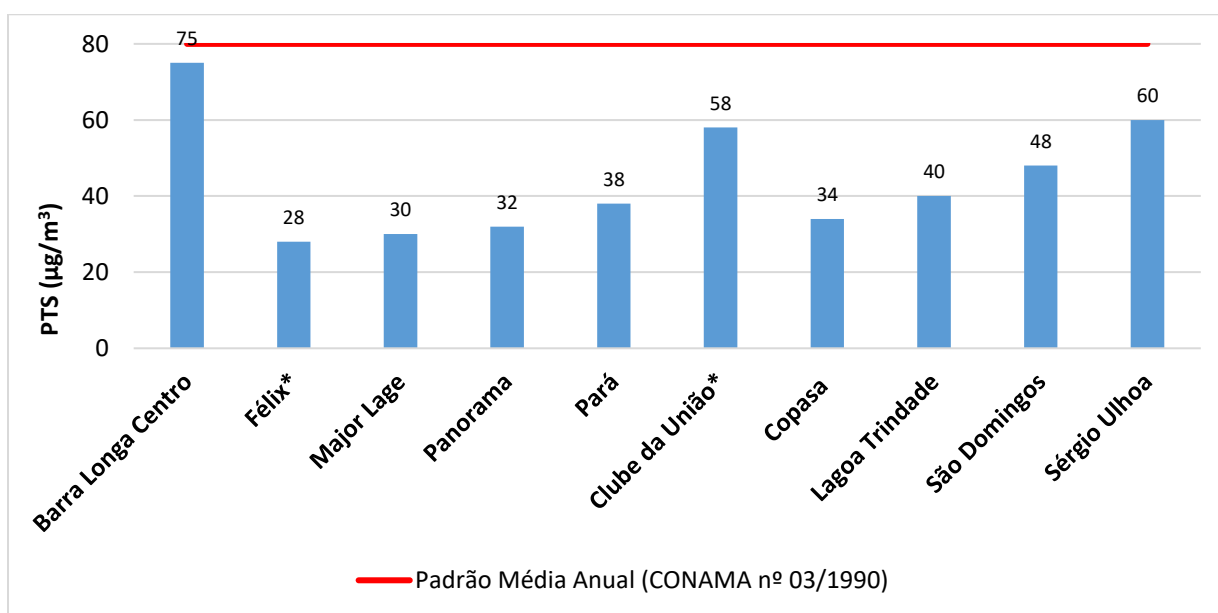


Figura 84: Médias anuais de PTS nos demais municípios.

*Não Representativo.

Ainda sobre as médias de longa duração, a Figura 85 apresenta a evolução das concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios.

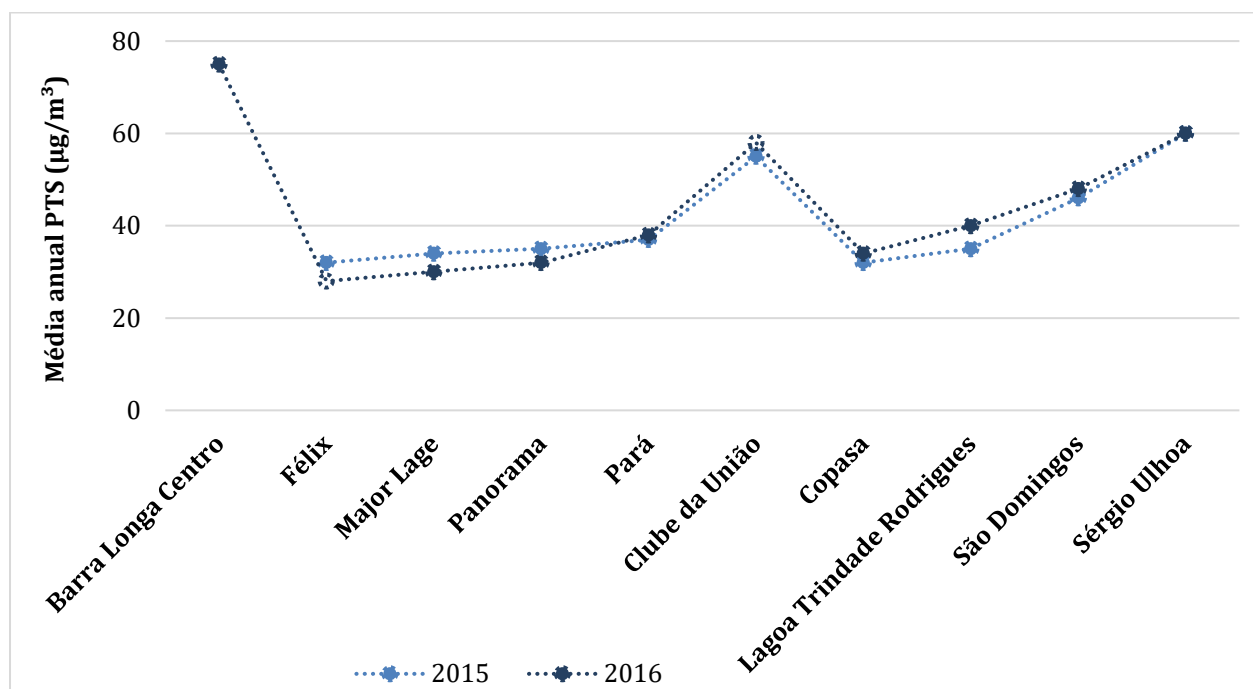


Figura 85: Evolução das concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

A partir da Figura 85, é possível observar que as médias anuais de PTS no período analisado não sofreram grandes variações. Entretanto, verifica-se que as estações de Itabira apresentaram uma tendência de queda das médias em 2016, enquanto as de Paracatu de aumento. As médias da estação Sérgio Ulhoa, no município de Paracatu, não sofreram variações, se mantendo as mesmas para 2015 e 2016. Por fim, é importante mencionar que a estação Barra Longa Centro iniciou suas atividades em 2016, portanto, não há dados suficientes para gerar uma análise comparativa entre anos.

4.3.4 MP₁₀ nos demais municípios

Na Figura 86 são apresentadas as máximas diárias de MP₁₀ obtidas nas estações dos demais municípios, em 2016. Conforme a Resolução CONAMA nº 03/1990, o padrão diário para MP₁₀ é de 150 µg/m³ e não deve ser excedido mais do que uma vez por ano.

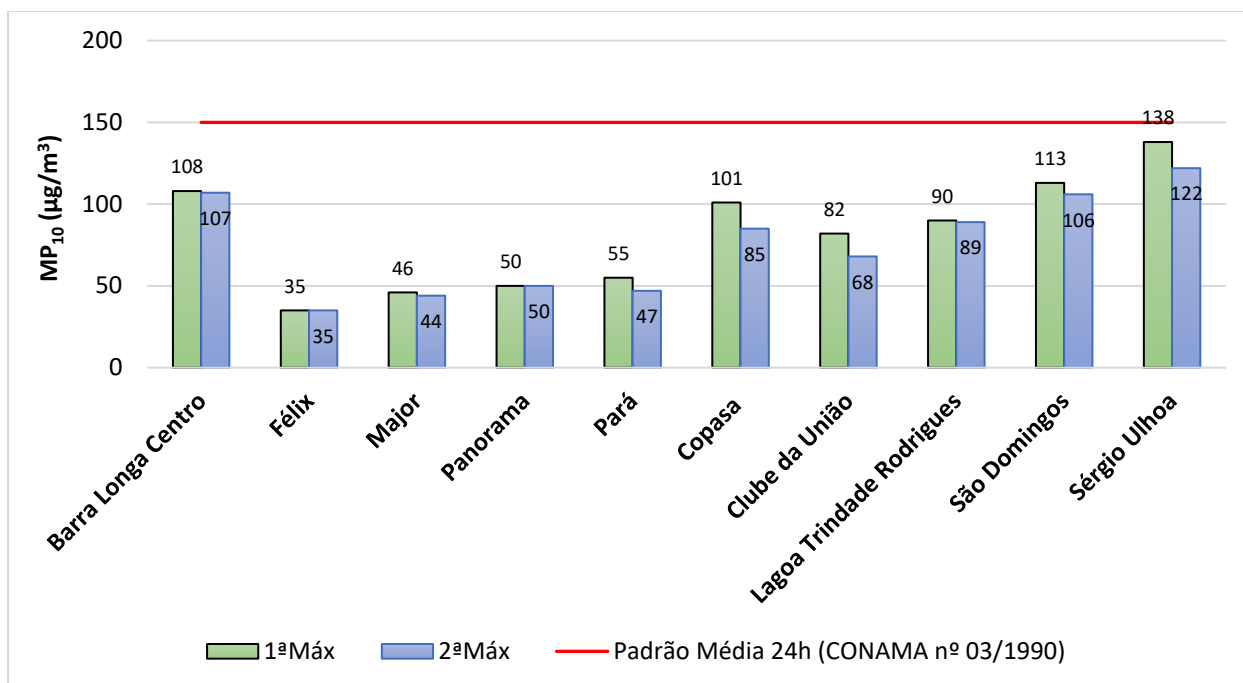


Figura 86: Concentrações máximas diárias de MP_{10} para os demais municípios.

Todas as máximas diárias estiveram abaixo do valor estabelecido pela legislação, sendo que as maiores concentrações obtidas ocorreram na cidade de Paracatu, na estação Sérgio Ulhoa, cujas 1ª e 2ª máximas diárias foram de $138 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As estações de Itabira apresentaram as menores concentrações médias diárias, com destaque para a estação Félix, com máximas de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na

Figura 87 está disponível a distribuição percentual do IQAr para o MP_{10} nos demais municípios. Destaca-se a predominância da classe “Boa” na maior parte das estações, com exceção da estação Copasa, com 59,8% de dados omissos, seguida das estações Lagoa Trindade Rodrigues e Clube da União, com 44,3% e 38,3% de omissos, respectivamente. Vale ressaltar que as estações São Domingos e Sérgio Ulhoa registraram a classe “Regular” em maiores percentuais comparada as outras.

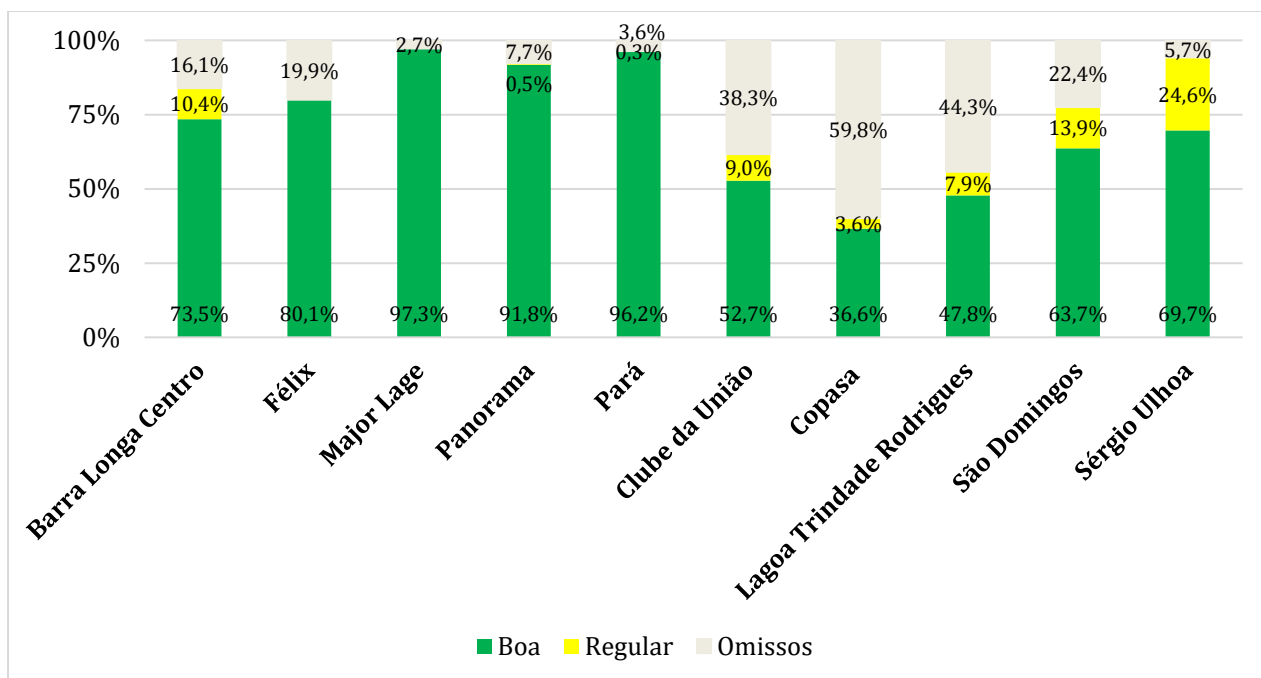


Figura 87: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ nos demais municípios.

Na Figura 88 são apresentadas as médias anuais para as Partículas Inaláveis nos demais municípios. Atenta-se para o fato de que as médias anuais não ultrapassaram o padrão de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estando por consequência, abaixo do valor estabelecido pela legislação vigente. Além disso, foram obtidas médias anuais maiores para Barra Longa e Paracatu, o que era esperado haja vista os resultados obtidos para a distribuição percentual do IQAr.

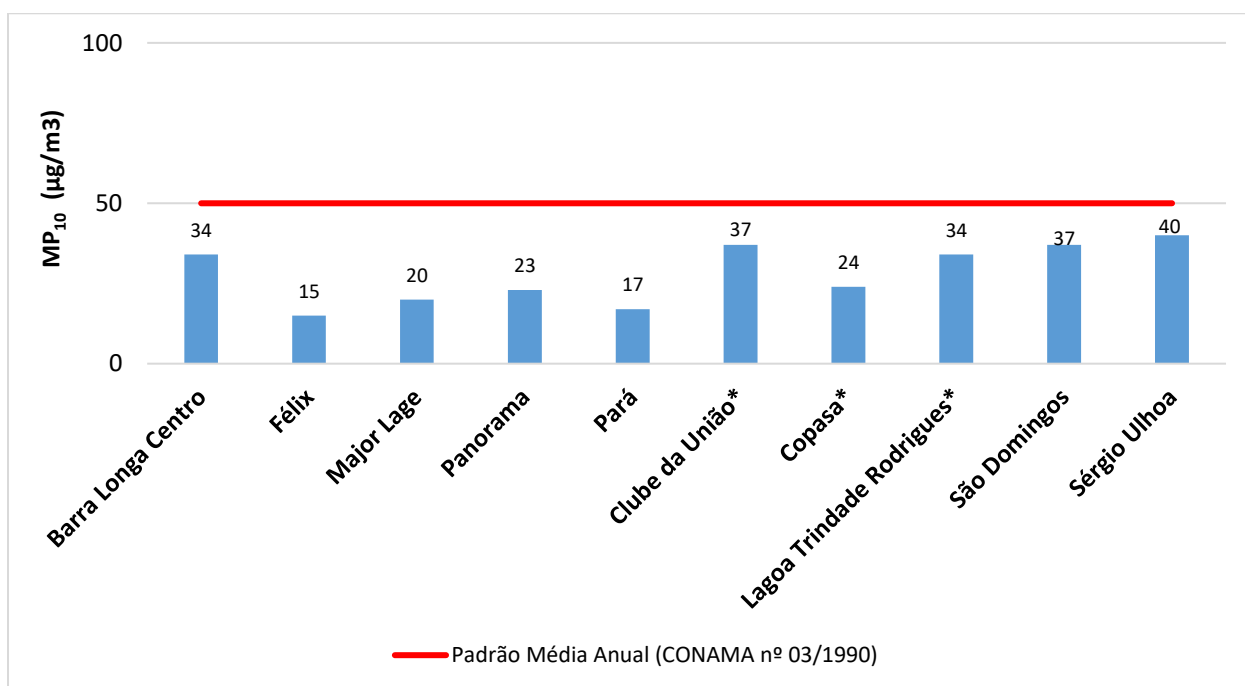


Figura 88: Médias anuais de MP₁₀ nos demais municípios.
*Não Representativo.

A evolução das médias anuais de MP_{10} nos demais municípios é dada na Figura 89. Nota-se que as médias em 2016 sofreram uma ligeira queda com relação às médias de 2015, exceto nas estações São Domingos e Sérgio Ulhoa, que praticamente não alteraram. A estação Lagoa Trindade Rodrigues apresentou média anual em 2016 superior à de 2015, entretanto, sem representatividade.

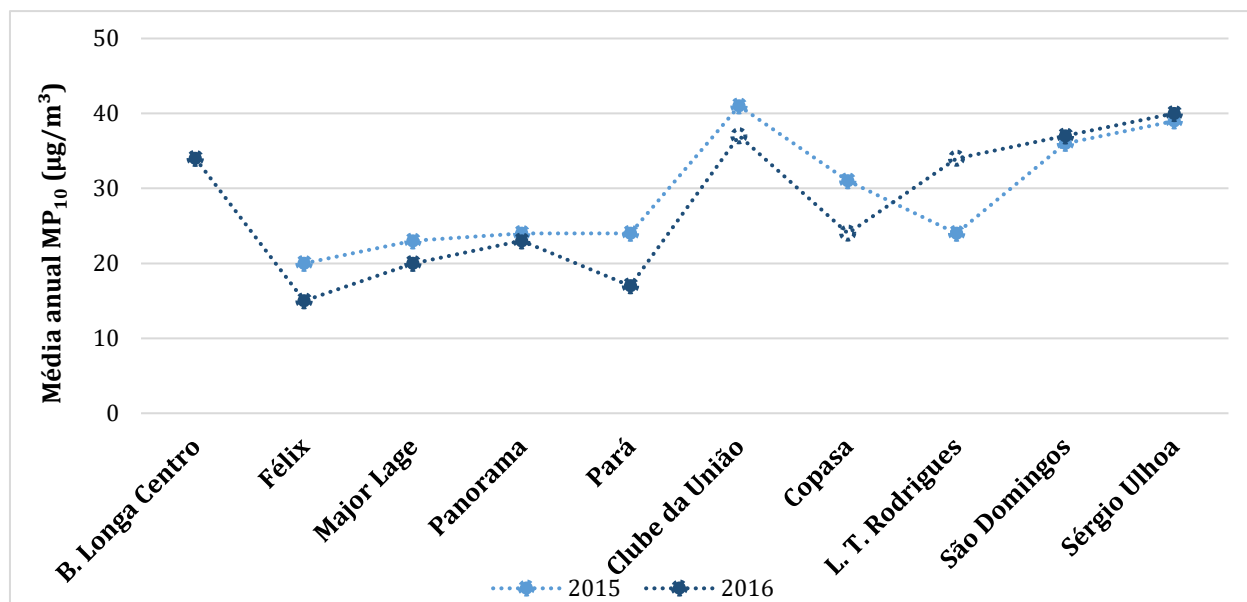


Figura 89: Evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

4.3.5 $MP_{2.5}$ nos demais municípios

Das estações instaladas nos demais municípios, apenas as estações Barra Longa Centro, Clube da União e Sérgio Ulhoa, situadas em Barra Longa e Paracatu, monitoravam partículas respiráveis em 2016. A Figura 90 apresenta as máximas médias diárias. Percebe-se que os valores médios diários ultrapassaram os valores preconizados pela OMS à época, para as estações situadas no Clube da União e Sérgio Ulhoa, ambas em Paracatu.

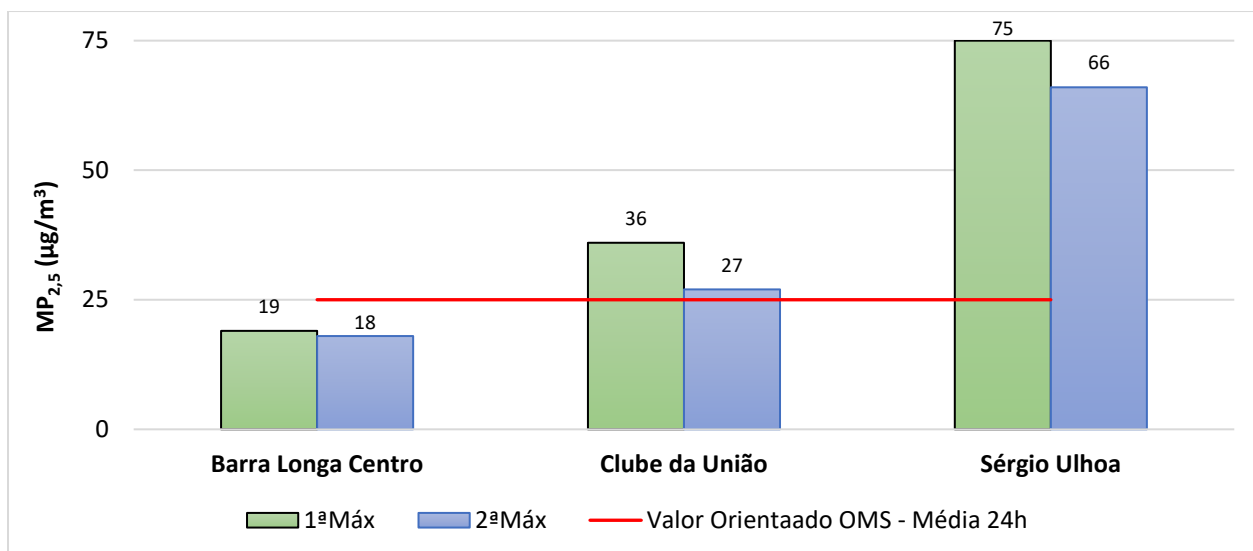


Figura 90: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ para os demais municípios.

As maiores concentrações máximas médias diárias foram encontradas na estação Sérgio Ulhoa, cujos valores foram de 75 e 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, três vezes superior ao valor recomendado pela Organização Mundial de Saúde.

Numa análise anual, disposta na Figura 91, verifica-se um valor mais acentuado para a estação Sérgio Ulhoa, 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mais de duas vezes acima do valor orientador da OMS, de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

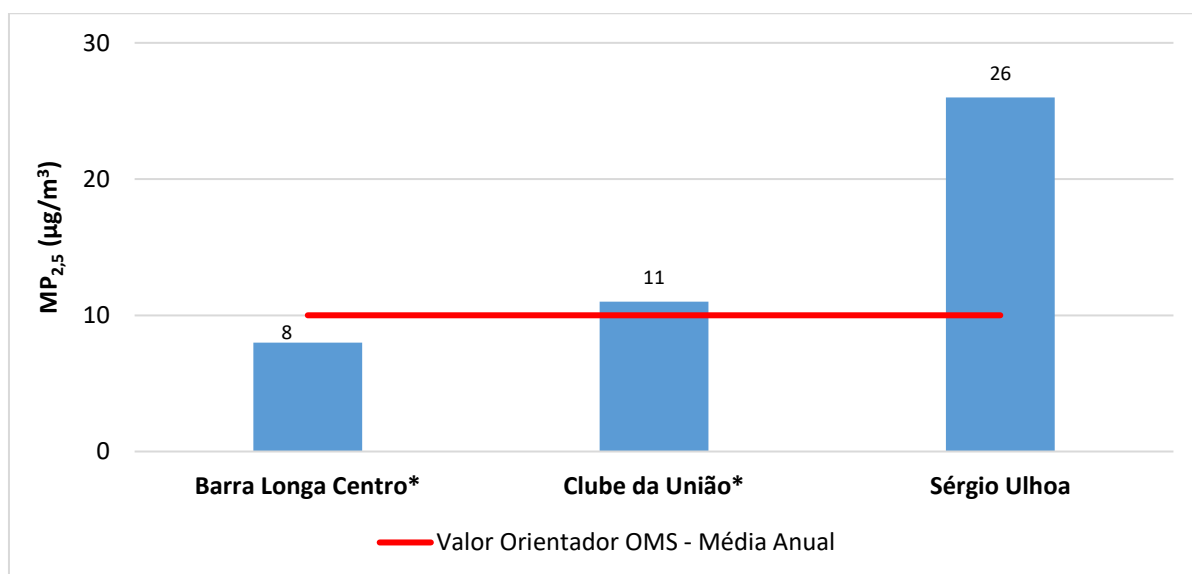


Figura 91: Médias anuais de $MP_{2,5}$ para os demais municípios.

*Não Representativo.

Ainda em relação às médias de longa duração, a Figura 92 apresenta a evolução das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.

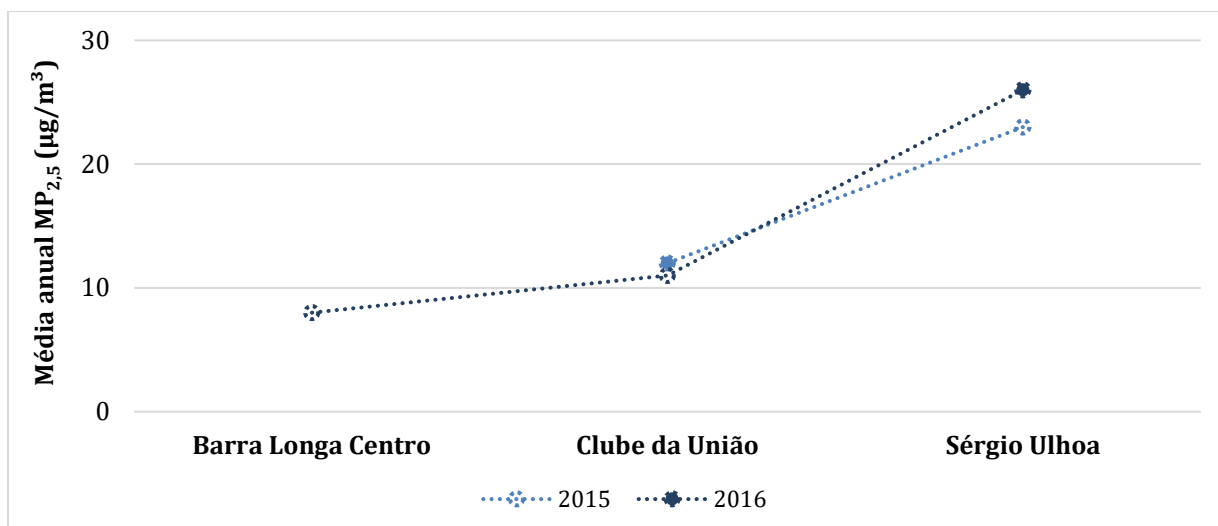


Figura 92: Evolução das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Observa-se na Figura 92 que, apesar de não ter sido representativa, a média anual na estação Clube da União apresentou uma ligeira redução em 2016 quando comparada à média em 2015. Por outro lado, a estação Sérgio Ulhoa, ainda que não tenha gerado dados representativos em 2015, foi a estação que apresentou a maior média de $MP_{2,5}$ em 2016, assim como em 2015.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Relatório Técnico da Qualidade do Ar de Minas Gerais – Ano Base 2016 apresentou um panorama geral de todas as estações de qualidade do ar instaladas no estado de Minas Gerais e que transmitiam os dados para o Centro Supervisório da SEMAD/NQA. No presente trabalho também foram apresentados a distribuição percentual do IQAr para todos os poluentes e os valores de média anual para os poluentes com padrões de longa duração estabelecidos pela Resolução CONAMA nº03/1990, assim como a verificação da evolução das médias anuais em comparação com o último ano (2015). Com estas alterações espera-se obter um diagnóstico mais abrangente da qualidade do ar no estado e trazer análises de tendências nos próximos relatórios.

Em relação aos resultados do ano 2016, destaca-se que:

- As partículas totais em suspensão apresentaram ultrapassagens apenas do padrão diário nas estações Comunidade do Feijão e Barra Longa Centro, em Brumadinho e Barra Longa, respectivamente;
- Considerando as partículas inaláveis, o padrão diário não foi atendido nas estações Centro Administrativo de Betim (Betim) e Comunidade Córrego do Feijão (Brumadinho), visto que o valor estabelecido foi ultrapassado mais de uma vez no ano nessas estações, ambas situadas na RMBH. Analisando o padrão anual, houve ultrapassagem para a cidade de São José da Lapa, na estação Centro.
- No caso das partículas respiráveis os resultados foram comparados com os valores orientadores da OMS e, das 18 estações que monitoravam esse particulado, houve ultrapassagem do valor guia da OMS para média diária em 14 estações, sendo todas da RMBH e outras duas dos demais municípios (Clube do União e Sérgio Ulhoa). Em relação ao valor guia recomendado para média anual, houve ultrapassagem em quase todas as estações da RMBH (exceto Piratininga, no município de Ibirité) e nas estações situadas em Paracatu (Clube do União e Sérgio Ulhoa).
- O padrão para o ozônio foi ultrapassado em 8 das 13 estações que monitoravam o poluente, sendo elas: Cariru, Bom Retiro, Cecília Meireles, Delegacia Amazonas, Alterosa, Petrovale, Cidade Industrial e Cascata.

Dessas, apenas as estações Cariru e Bom Retiro, instaladas em Ipatinga, atenderam ao padrão vigente, visto que não houve mais de uma ultrapassagem no ano para o padrão de curta duração, conforme determina a legislação;

- O padrão em vigor para o monóxido de carbono não foi atendido apenas na estação Centro Administrativo de Betim, situada na cidade de Betim (RMBH);
- Não houve violações dos padrões de dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio.

Os resultados deste relatório mostram informações importantes para o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2016. Além disso, servem de base para direcionar medidas de mitigação de impactos ambientais e sociais, bem como, subsidiar políticas públicas em favor da população mineira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLPHI, J. D. V. C.; SORIANO, E.; SILVA, C. P. A produção do ouro em Paracatu/MG – Brasil: riscos para a saúde e bem-estar da população, 2021. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - Hygeia**, Três Lagoas, v. 17, p. 55-70. Acesso em: 19 mar. 2021.

BARBOSA, K. S.; JÚNIOR, R. A. C. Centralidades Metropolitanas da RMVA: identificação e classificação, 2016. **Pluris – Contrastes, contradições, complexidades: desafios urbanos no século XXI**. 7º Congresso Luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável. Disponível em: <<https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%204%20-%20Planejamento%20Regional%20e%20Urbano/Paper1111.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2021.

BATISTA, C. A. T. **Poluição do Ar de Interiores: Uma Avaliação de Casos Relacionados à Climatização Artificial**, 2008. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora. Trabalho de Conclusão de Curso, 48 p. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/Carla-Alice-Theodoro-Batista.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Diário Oficial União, Poder Executivo, Brasília, DF, seção 1, p. 14713-14714, 06/1989.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília, 22/08/1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 02 mai. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Impacto da poluição atmosférica na mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis no Brasil. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. **Saúde Brasil 2018: uma análise de situação de saúde e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas**. Brasília, DF: MS, 2019. p. 307-332. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2018_analise_situacao_saude_doencas_agravos_cronicos_desafios_perspectivas.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

BUREAU OF OCEAN ENERGY MANAGEMENT. **The Clean Air Act of 1963**. [20-?] Disponível em: <<https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/The%20Clean%20Air%20Act%20of%201963.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar: Informações Básicas – Poluentes.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluantes/>>. Acesso em: 05 dez. de 2023.

_____. **Série Relatórios: Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2015, 2016.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/RQAR-2015.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Infoclima – Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE,** 2015. Disponível em: <<http://infoclima.cptec.inpe.br/#:~:text=Infoclima&text=Apesar%20da%20ocorr%C3%Aancia%20de%20chuvas,Nordeste%20e%20Sul%20do%20Brasil.>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

DELFINO, R. J.; SIOUTAS, C.; MALIK, S. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health, 2005. **Environ Health Perspect**, v. 118, n. 8 p. 155-156.

EEA - Environment European Agency. **Air pollution: how it affects our health,** 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution> Acesso em: 25 abr. 2021.

FAGUNDES, V. J. **Incêndios florestais em unidades de conservação de proteção integral da região metropolitana de Belo Horizonte, MG.** 2016. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras. Dissertação de Mestrado, 123 p.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. (2016). **Relatório Técnico de Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte – Ano Base: 2013.** Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2016/QUALIDADE_AR/Rel_05_monitoramento_qualidade_ar_RMBH_2013_REV_vers%C3%A3o_final_1.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Qualidade Ambiental. Poluentes - Fontes e Efeitos.** Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluantes.asp>>. Acesso em 21 jun. 2021.

FERNANDES, J. S.; CARVALHO, A. M.; CAMPOS, J. F.; COSTA, L. O. FILHO, G. B. Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana, 2010. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 20, n. 1, p. 92-101. Disponível em: <<http://www.rmmg.org/artigo/detalhes/387>>. Acesso: 30 jun. 2022.

FILHO, J. B. M. T. **Dois momentos do planejamento metropolitano em Belo Horizonte: um estudo das experiências do PLAMBEL e do PDDI-RMBH.** 2012. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Dissertação de Mestrado, 236 p.

FONSECA, J. C. L.; MARCHI, M. R. R.; FONSECA, J. C. L. Substâncias Químicas Perigosas à Saúde e ao Ambiente, 2008. **Programa Internacional de Segurança Química, Organização Mundial da Saúde.** Tradução. São Paulo: Cultura Acadêmica.

FREITAS, A. M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP₁₀ e MP_{2,5} e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina, 2009. **Química Nova**, n. 32, v. 7. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/F6KY9vykFkSVP9wvHR6BWLm/?lang=pt>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

GLOAG, D. Air Pollution: the “classical” pollutants, 1981. **British Medical Journal**, v. 282, n. 6265, p. 723–725.

GONÇALVES, J. P. C. **Caracterização e variabilidade de situações sinóticas associadas a episódios de chuva intensa e chuva persistente durante a estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil**, 2015. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos. Dissertação de Mestrado, 139 p.

GUIMARÃES, M. B. As alterações climáticas no Sudeste do Brasil e seus efeitos sobre os recursos hídricos. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/156/PAP020229.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2022.

HARRIS, N. R. P.; ANCELLET, G.; BISHOP, L.; HOFMANN, D. J.; KERR, J. B.; MCPETERS, R. D.; PRENDEZ, M.; RANDEL, W. J.; STAEHELIN, J.; SUBBARAYA, B. H.; VOLZ-THOMAS, A.; ZAWODNY, J.; ZEREFOS, C. S. Trends in stratospheric and free tropospheric ozone, 1997. **Journal of Geophysical Research**, v. 102. p. 1571-1590. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/96JD02440/full>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: Tabelas – Sinopse**. 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 08 set. 2022.

_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?edicao=26360&t=resultados>>. Acesso em: 08 set. 2022.

_____. **Frotas de Veículos**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2016>>. Acesso em: 06 set. 2022.

INCA – Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Poluição do ar, câncer e outras doenças: o que você precisa saber?** 21p. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/cartilha_poluicao_do_ar_impressao.pdf>. Acesso em: nov/2023.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório da Qualidade do ar Grande Vitória 2015**, 2018. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anual_de_Qualidade_do_Ar_2015.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente, Gerência da Qualidade do Ar (GEAR). **Relatório da Qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2015**, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr_2015.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Panorama Geral das Condições Meteorológicas e os principais eventos extremos significativos corridos no Brasil em 2016**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Panorama-Geral-2016-Brasil.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Nota Técnica n. 004/17**. Apresenta aspectos relativos à estação chuvosa em Minas Gerais. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Nota_tecnica_CEDEC_04_17.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Notas Técnicas**. Análise das anomalias das temperaturas no ano de 2015. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas#>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BDQueimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#graficos>>. Acesso em: 06 set. 2022.

_____. **Condições atuais do ENOS: La Niña**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

KINROSS. **Conheça a Kinross**. Disponível em: <<http://www.kinross.com.br/a-kinross/conheca/>>. Acesso em: 29 dez. 2021.

LISBOA, H. M. Controle da Poluição Atmosférica, 2007. **Montreal: ENS/UFSC**. Edição Eletrônica. Disponível em: <http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/FisPoluicaoAr2016/Lisboa_Cap3_efeitos_poluicao_2007.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.

LLOPART, M. **Sistemas Meteorológicos Atuantes na América do Sul**, 2012. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 1, de 26 de maio de 1981**. Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais, considerando a necessidade de operacionalizar imediatamente a proteção ambiental no Estado, resolve fixar normas e padrões para Qualidade do Ar. Belo Horizonte, 02/06/1981. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=88>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais, 2005. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 364-371.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html#Dioxido_de_enxofre>. Acesso em: 03 dez. 2021.

MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Caderno do Módulo 01 do Curso da Qualidade do Ar**. 65p. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.– Brasília, DF: MMA, 2023.

MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html> . MMA, s.d. Acesso em: nov, 2023.

MOTTIN, T. S. **Tóxicos que Interferem no Transporte de Oxigênio pela Hemoglobina**, 2009. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Seminário. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/toxicos_Hb.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MOURA, I. F. S. **Avaliação de MP₁₀ na Região Metropolitana de Belo Horizonte**, 2016. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado, 144 p.

NAÇÕES UNIDAS. Centro de Imprensa. Notícias. **Novas diretrizes da OMS sobre qualidade do ar reduzem valores seguros para poluição**. Brasília, DF: Casa ONU Brasil, 2021. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/145721-novas-diretrizes-da-oms-sobre-qualidade-do-ar-reduzem-valores-seguros-para-polui%C3%A7%C3%A3o> >. Acesso em: nov. 2023.

OFFICE OF THE LAW REVISION COUNSEL OF THE UNITED STATES HOUSE OF REPRESENTATIVES. **Title 42 - The Public Health a Welfare: Chapter 85 - Air Pollution Prevention Control**, 1967. Disponível em: <<https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title42/chapter85/subchapter1&edition=prelim>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

OMS – Organização Mundial Da Saúde. **Environmental Health Criteria: Nitrogen oxides**, 1977. Genebra: International Programme of Chemical Safety. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc004.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. **Environmental Health Criteria: Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter**, 1978. Genebra: International Programme of Chemical Safety. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc008.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. **Environmental Health Criteria: Carbon Monoxide**, 1979. Genebra: International Programme of Chemical Safety. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc013.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. **Air Quality Guidelines for Europe**, 2000. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2000. European Series, n. 91 Disponível em: <https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

_____. **Air Quality Guidelines for Global Update**, 2005. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006. Disponível em: <https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

_____. **7 Million Deaths Anually Linked to Air Pollution**, 2014. Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

PARACATU - Prefeitura Municipal de Paracatu. **Conheça Paracatu**, 2021. Disponível em: <<http://paracatu.mg.gov.br/paracatu>>. Acesso em: 28 dez. 2021.

PEREIRA, L. S. **Qualidade do Ar Versus Interações por Doenças Respiratórias em Foz do Iguaçu/PR (2017-2018)**, 2019. Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu. Dissertação de Mestrado, 112 p.

PIRAPORA – **Revisão Plano Diretor**, 2017. Disponível em: <<https://www.pirapora.mg.gov.br/assets/planodiretor/upload/downloads/eitura-tecnica-historia-de-pir-20190916224244.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA LONGA – **História**, 2022. Disponível em: <<https://www.barralonga.mg.gov.br/index.php/prefeitura/historia>>. Acesso em: 08 set. 2022.

QUEIROZ, M. T. A.; CORREIO, B. L. C.; CORREIO, J. A. C. C.; CORREIO, T. L. P. B. Aspectos da poluição atmosférica: análise da qualidade do ar em Coronel Fabriciano e Timóteo, MG, Brasil, 2020. **Revista Gestão Industrial**, v. 16, n. 1, p. 204-223.

RADICCHI, A. L. A. A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população, 2012. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 29, n. 1, p. 195-198.

REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G.; LOPES, V. S. Climatologia sinótica de eventos de ondas de frio sobre a Região Sul de Minas Gerais, 2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 72-92.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos Climatológicos do Estado de Minas Gerais, 2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226.

SARAIVA, L. A. S.; CARRIERI, A. P. Organização-Cidade: proposta de avanço conceitual a partir da análise de um caso, 2012. **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 2, p. 547-576.

SILVA, A. F.; VIEIRA, C. A. Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras, 2017. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 166-189.

TRINDADE, B. T. **Quantificação dos Aerossóis Atmosféricos e a Influência dos Principais Sistemas Meteorológicos Atuantes na Região da Grande Vitória/ES: Um Estudo de Caso Para o Inverno de 2013**, 2013. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória. Trabalho de Conclusão de Curso, 91 p. Disponível em: <https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/quantificacao_dos_aerossois_atmosfericos_e_a_influencia_dos_principais_sistemas_meteorologicos_a_tuantes_na_regiao_da_grand.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **The Pollutant Standard Index**, 1994. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000TZ51.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991%20Thru%201994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C91THRU94%5CTXT%5C00000017%5C2000TZ51.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150q16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

_____. **Ozone: Good Up High, Bad Nearby**, 2003. Washington, DC. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/gooduphigh.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

_____. **Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – The Air Quality Index (AQI)**, 2013. Research Triangle Park, North Carolina. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100FD3G.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2011%20Thru%202015&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C11THRU15%5CTXT%5C00000006%5CP100FD3G.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150q16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=2>>. Acesso em: 16 set. 2015.

_____. **Criteria Air Pollutants**, 2021. Disponível em: <<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants#self>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

_____. **Clean Air Act Overview**, 2021. Disponível em: <<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

_____. **Particulate Matter (PM) Pollution**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

VASCONCELLOS, F. A. **Região Metropolitana do Vale do Aço – Evolução urbana, planejamento e desafios contemporâneos**, 2014. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto. Dissertação de Mestrado, 94 p.



MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.