

RELATÓRIO ANUAL DA QUALIDADE DO AR DE MINAS GERAIS

ANO BASE 2019



IGREJA DE SÃO JOSÉ - SÃO JOSÉ DA LAPA - MG

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 – 2019

Belo Horizonte
Abril de 2025



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 Hollanda Vianna – Coordenador

Equipe técnica responsável pela elaboração

João Vitor Rocha de Matos – Estagiário

Leidiane Santana Santos – Analista Ambiental

Ricardo Silva Queiroz – Analista Ambiental – elaboração mapas

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

Rejane Cristina da Silva Mendes – Administrativo

Ricardo Silva Queiroz – Analista Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista Ambiental

Rúbia Cecília Augusta Francisco – Analista Ambiental

Sueli Batista Ferreira – Analista Ambiental

M663r Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Relatório anual da qualidade do ar de Minas Gerais: ano Base 2019 / Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. --- Belo Horizonte: Semad, 2025.
191; il.

1. Qualidade do ar (Minas Gerais). 2. Estação de monitoramento.
3. Poluente. I. Título.

CDU: 614.71(815.1)

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



RESUMO

O presente relatório técnico mostra a avaliação dos dados de qualidade do ar monitorados nas 58 estações contínuas instaladas no Estado de Minas Gerais em 2019, além de aspectos meteorológicos gerais, assim como das principais fontes de emissão atmosférica existentes nas regiões, fatos que são relevantes para a discussão dos dados. Os poluentes apresentados e discutidos foram os previstos e vigentes à época pela Resolução CONAMA nº 491/2018: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP_{10}), Partículas Respiráveis ($MP_{2,5}$), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O_3), Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e Dióxido de Enxofre (SO_2). Com base nos resultados, o PTS teve seu padrão diário ultrapassado em 4 estações, nos municípios de Congonhas, Paracatu e Conceição do Mato Dentro, porém, apenas no primeiro município o padrão anual foi superado. Quanto ao MP_{10} , o padrão diário foi superado em 13 estações e 8 ficaram acima do padrão anual, tendo destaque São José da Lapa e Congonhas, com 2 e 3 estações extrapolando o valor anual estabelecido, respectivamente. Esse mesmo comportamento foi observado para as partículas respiráveis, que excederam o padrão diário em 12 estações e o anual em 4, cujas ocorrências do longo período foram vistas em Betim, Paracatu e São José da Lapa. Em relação aos poluentes gasosos houve plena conformidade com os padrões de qualidade para o CO e o SO_2 . Para o NO_2 o padrão horário foi superado em uma estação de Betim, entretanto, sem intercorrências com relação ao padrão anual. Já para o O_3 foram registradas ultrapassagens do padrão de 8 horas em 9 estações, sendo 3 de Belo Horizonte, 1 de Contagem, 2 em Betim, 2 em Ipatinga e 1 em Congonhas. Para a maioria das estações foi percebido um aumento dos valores médios anuais em comparação com o ano anterior, o que pode estar atrelado às condições desfavoráveis à dispersão atmosférica e o aumento dos focos de queimadas, ambos observados em 2019. A SEMAD reforça a importância do monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais, a divulgação dos resultados e a sua utilização para subsidiar políticas públicas.



Lista de Siglas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMD – Conceição do Mato Dentro
CO – Monóxido de carbono
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
DV – Direção do vento
DN – Deliberação Normativa
EPA – *Environmental Protection Agency*
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
FJP – Fundação João Pinheiro
FUNAM – Fundação Educacional Alto Médio São Francisco
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais
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
MMA – Ministério do Meio Ambiente
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



PUC – Pontifícia Universidade Católica
QAr – Qualidade do Ar
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMVA – Região Metropolitana do Vale do Aço
RS – Radiação solar
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
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



Lista de Figuras

Figura 1: Estações automáticas de monitoramento da QAr em Minas Gerais.....	24
Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.	26
Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.	28
Figura 4: Estações de monitoramento da QAr na Bacia do Rio Doce.	30
Figura 5: Estações de monitoramento da QAr em Congonhas e Ouro Preto.	32
Figura 6: Estações de monitoramento da QAr em Itabira.....	34
Figura 7: Estações de monitoramento da QAr em Paracatu.	35
Figura 8: Estações de monitoramento da QAr em Pirapora.	36
Figura 9: Estações de monitoramento da QAr em Conceição do Mato Dentro.....	37
Figura 10: Precipitação acumulada mensal em regiões de Minas Gerais.	41
Figura 11: Temperatura média mensal em regiões de Minas Gerais.	42
Figura 12: Velocidade média do vento em regiões de Minas Gerais.....	43
Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão em regiões de Minas Gerais em 2019.....	44
Figura 14: Crescimento da frota veicular na RMBH.	47
Figura 15: Focos de incêndio na RMBH.....	48
Figura 16: Empreendimentos licenciados na RMBH de 2014 a 2019.....	49
Figura 17: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.....	51
Figura 18: Concentrações médias anuais de PTS em Brumadinho.	51
Figura 19: Evolução da média anual de PTS em Brumadinho.	52
Figura 20: Concentrações máximas diárias de MP ₁₀ nas estações da RMBH.....	53
Figura 21: Concentrações médias anuais de MP ₁₀ na RMBH.	55
Figura 22: Evolução das médias anuais de MP ₁₀ na RMBH.....	55
Figura 23: Concentrações máximas diárias de MP _{2,5} nas estações da RMBH.	56
Figura 24: Concentrações Médias Anuais de MP _{2,5} na RMBH.	57
Figura 25: Evolução das médias anuais de MP _{2,5} na RMBH.	58
Figura 26: Concentrações máximas diárias de SO ₂ na RMBH.....	59
Figura 27: Concentrações médias anuais de SO ₂ na RMBH.	60
Figura 28: Evolução das médias anuais de SO ₂ na RMBH.	60
Figura 29: Concentrações máximas horárias de NO ₂ nas estações da RMBH.	61
Figura 30: Concentrações médias anuais de NO ₂ na RMBH.....	62
Figura 31: Evolução das médias anuais de NO ₂ na RMBH.	62
Figura 32: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.....	63
Figura 33: Concentrações máximas médias de 8 horas de O ₃ na RMBH.....	64
Figura 34: Crescimento da frota veicular na RMVA.	68
Figura 35: Focos de incêndio na RMVA.....	69
Figura 36: Empreendimentos licenciados na RMVA de 2014 a 2019.	69
Figura 37: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.	71
Figura 38: Concentrações médias anuais de PTS na RMVA.	71
Figura 39: Evolução das médias anuais de PTS na RMVA.....	72
Figura 40: Concentrações máximas diárias de MP ₁₀ na RMVA.....	72
Figura 41: Concentrações médias anuais de MP ₁₀ na RMVA.	73
Figura 42: Evolução das médias anuais de MP ₁₀ na RMVA.....	74
Figura 43: Concentrações máximas diárias de MP _{2,5} na RMVA.....	75
Figura 44: Concentrações médias anuais de MP _{2,5} na RMVA.....	75



Figura 45: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA.....	76
Figura 46: Concentrações máximas diárias de SO_2 na RMVA.	77
Figura 47: Concentrações Médias Anuais de SO_2 na RMVA.	77
Figura 48: Evolução das médias anuais de SO_2 na RMVA.....	78
Figura 49: Concentrações máximas horárias de NO_2 na RMVA.	78
Figura 50: Concentrações médias anuais de NO_2 na RMVA.	79
Figura 51: Evolução das médias anuais de NO_2 na RMVA.	79
Figura 52: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO na RMVA.	80
Figura 53: Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 na RMVA.....	81
Figura 54: Crescimento da frota veicular na bacia do Rio Doce.....	85
Figura 55: Focos de incêndio na Bacia do Rio Doce.....	85
Figura 56: Empreendimentos licenciados na Bacia do Rio Doce.	86
Figura 57: Concentrações máximas diárias de PTS na Bacia do Rio Doce.	87
Figura 58: Médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.....	87
Figura 59: Evolução das médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.....	88
Figura 60: Concentrações máximas diárias de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.....	89
Figura 61: Médias anuais de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.....	89
Figura 62: Evolução das médias anuais de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.....	90
Figura 63: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.....	91
Figura 64: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.	91
Figura 65: Crescimento da frota veicular de Congonhas e Ouro Preto.	93
Figura 66: Focos de Incêndio em Congonhas e Ouro Preto.....	94
Figura 67: Empreendimentos licenciados em Congonhas e Ouro Preto.	95
Figura 68: Concentrações diárias máximas de PTS em Congonhas e Ouro Preto.	96
Figura 69: Concentrações médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.	96
Figura 70: Evolução das médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.....	97
Figura 71: Concentrações diárias máximas de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.....	98
Figura 72: Concentrações médias anuais de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.	99
Figura 73: Evolução das médias anuais de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.....	99
Figura 74: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ em Congonhas.	100
Figura 75: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.....	101
Figura 76: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.	101
Figura 77: Concentrações médias diárias máximas de SO_2 em Congonhas.....	102
Figura 78: Concentrações médias anuais de SO_2 em Congonhas.....	103
Figura 79: Evolução das médias anuais de SO_2 em Congonhas.	103
Figura 80: Concentrações médias horárias máximas de NO_2 em Congonhas.	104
Figura 81: Concentrações médias anuais de NO_2 em Congonhas.....	104
Figura 82: Evolução das médias anuais de NO_2 em Congonhas.	105
Figura 83: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO em Congonhas.....	105
Figura 84: Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 em Congonhas.....	106
Figura 85: Crescimento da frota veicular dos demais municípios.....	110
Figura 86: Focos de incêndio nos demais municípios.	111
Figura 87: Empreendimentos licenciados nos demais municípios.....	111
Figura 88: Máximas concentrações diárias de PTS nos demais municípios.	113
Figura 89: Concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios.	113
Figura 90: Evolução das médias anuais de PTS nos demais municípios.....	114



Figura 91: Máximas concentrações diárias de MP_{10} nos demais municípios.....	115
Figura 92: Concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.	116
Figura 93: Evolução das médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.	117
Figura 94: Máximas concentrações diárias de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	117
Figura 95: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	118
Figura 96: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	119
Figura 97: Máximas concentrações de 8 horas de O_3 nos demais municípios.	119



Lista de Tabelas

Tabela 1: Padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA nº 491/2018.	20
Tabela 2: Estrutura do Índice de Qualidade do Ar (IQAr)	21
Tabela 3: Relação entre o valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.	22
Tabela 4: Especificações das estações da RMBH.	25
Tabela 5: Especificações das estações da RMVA.	27
Tabela 6: Especificações das estações da Bacia do Rio Doce.	29
Tabela 7: Especificações das estações de Congonhas e Ouro Preto.	31
Tabela 8: Especificações das estações dos demais municípios.	33
Tabela 9: Tipos de médias para o cálculo dos parâmetros e critérios de validação de representatividade.	38
Tabela 10: Relação entre as listagens e tipologias industriais.	50
Tabela 11: Listagem dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.	50
Tabela 12: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na RMBH.	54
Tabela 13: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} na RMBH.	57
Tabela 14: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ na RMBH.	59
Tabela 15: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ na RMBH.	61
Tabela 16: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.	63
Tabela 17: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ na RMBH.	65
Tabela 18: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.	70
Tabela 19: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na RMVA.	73
Tabela 20: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} na RMVA.	75
Tabela 21: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ na RMVA.	77
Tabela 22: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ na RMVA.	79
Tabela 23: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMVA.	80
Tabela 24: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ para RMVA.	81
Tabela 25 - Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.	86
Tabela 26: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na Bacia do Rio Doce.	89
Tabela 27: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} na Bacia do Rio Doce.	91
Tabela 28: Listagem dos empreendimentos em Congonhas e Ouro Preto em 2019.	95
Tabela 29: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.	98
Tabela 30: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} em Congonhas.	100
Tabela 31: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ em Congonhas.	102
Tabela 32: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ em Congonhas.	104
Tabela 33: Distribuição percentual do IQAr de CO em Congonhas.	106
Tabela 34: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ em Congonhas.	106
Tabela 35: Listagens dos empreendimentos nos demais municípios.	112
Tabela 36: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ nos demais municípios.	115
Tabela 37: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} nos demais municípios.	118
Tabela 38: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ em Conceição do Mato Dentro.	120



Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	POLUENTES, PADRÕES E ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR.....	15
2.1	Poluentes da Qualidade do Ar.....	15
2.1.1	Partículas Totais em Suspensão (PTS)	15
2.1.2	Partículas Inaláveis (MP ₁₀).....	16
2.1.3	Partículas Respiráveis (MP _{2,5}).....	16
2.1.4	Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	17
2.1.5	Monóxido de Carbono (CO).....	17
2.1.6	Ozônio (O ₃).....	18
2.1.7	Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	18
2.2	Padrões de Qualidade do Ar.....	19
2.3	Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde.....	20
3	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.....	23
3.1	Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais	23
3.2	Estações de Monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais	23
3.3	Tratamento dos dados.....	38
3.3.1.	Dados de qualidade do ar.....	38
3.3.2.	Dados meteorológicos	39
4	METEOROLOGIA NO ANO DE 2019.....	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	RMBH.....	45
5.1.1	Caracterização das fontes de poluição da RMBH	46
5.1.2	PTS na RMBH.....	50
5.1.3	MP ₁₀ na RMBH	52
5.1.4	MP _{2,5} na RMBH.....	56
5.1.5	SO ₂ na RMBH	58
5.1.6	NO ₂ na RMBH	61
5.1.7	CO na RMBH.....	63
5.1.8	O ₃ na RMBH.....	64
5.2	RMVA.....	65
5.2.1	Caracterização das fontes de poluição da RMVA.....	68
5.2.2	PTS na RMVA.....	70
5.2.3	MP ₁₀ na RMVA.....	72
5.2.4	MP _{2,5} na RMVA	74



5.2.5	SO ₂ na RMVA.....	76
5.2.6	NO ₂ na RMVA.....	78
5.2.7	CO na RMVA.....	80
5.2.8	O ₃ na RMVA.....	80
5.3	Bacia do Rio Doce	81
5.3.1	Caracterização das fontes de poluição da Bacia do Rio Doce.....	84
5.3.2	PTS na Bacia do Rio Doce.....	87
5.3.3	MP ₁₀ na Bacia do Rio Doce	88
5.3.4	MP _{2,5} na Bacia do Rio Doce	90
5.4	Congonhas e Ouro Preto.....	92
5.4.1	Caracterização das fontes de poluição de Congonhas e Ouro Preto.....	93
5.4.2	PTS em Congonhas e Ouro Preto.....	95
5.4.3	MP ₁₀ em Congonhas e Ouro Preto	97
5.4.4	MP _{2,5} em Congonhas e Ouro Preto.....	100
5.4.5	SO ₂ em Congonhas e Ouro Preto	101
5.4.6	NO ₂ em Congonhas e Ouro Preto	103
5.4.7	CO em Congonhas e Ouro Preto.....	105
5.4.8	O ₃ em Congonhas e Ouro Preto.....	106
5.5	Demais municípios.....	107
5.5.1	Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios.....	109
5.5.2	PTS nos demais municípios.....	112
5.5.3	MP ₁₀ nos demais municípios.....	114
5.5.4	MP _{2,5} nos demais municípios	117
5.5.5	O ₃ nos demais municípios.....	119
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
	Apêndice A.....	134
	Temperatura.....	134
	Umidade Relativa.....	138
	Pressão Atmosférica	142
	Precipitação Pluviométrica.....	144
	Radiação Solar.....	148
	Velocidade do vento.....	152
	Apêndice B.....	156
	Temperatura.....	156



Umidade Relativa.....	158
Pressão Atmosférica.....	160
Precipitação Pluviométrica.....	161
Radiação Solar.....	162
Velocidade do Vento.....	163
Apêndice C	165
Temperatura.....	165
Umidade Relativa.....	166
Precipitação Pluviométrica.....	166
Velocidade do Vento	167
Apêndice D.....	168
Temperatura.....	168
Umidade Relativa.....	171
Precipitação Pluviométrica.....	174
Radiação Solar.....	176
Intensidade do vento.....	178
Pressão Atmosférica.....	180
APÊNDICE E	182
Temperatura.....	182
Umidade Relativa.....	184
Precipitação Pluviométrica.....	185
Radiação Solar.....	186
Velocidade do vento.....	187



1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ar é um dos principais indicadores ambientais, com impactos diretos na saúde pública e no bem-estar da população. A exposição prolongada a poluentes atmosféricos está associada ao aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares, em crianças, isso inclui a redução do crescimento e função pulmonar, infecções respiratórias e agravamento da asma. Enquanto em adultos, a cardiopatia isquêmica e o acidente vascular cerebral são efeitos deletérios atribuíveis à poluição atmosférica (OMS, 2014). Isso torna a poluição atmosférica uma grande ameaça ambiental à saúde humana, de modo que o monitoramento da qualidade do ar deve ser uma prioridade para mitigar riscos à saúde e melhorar a qualidade de vida da população.

Nesse cenário, o controle da qualidade do ar no Brasil teve seu início com a instituição do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – Pronar, por meio da Resolução Conama nº 05, de 15 de junho de 1989, que estabeleceu limites nacionais para as emissões para poluentes prioritários e por tipologia de fontes, citando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle. Esses padrões de qualidade do ar foram inicialmente definidos pela Resolução Conama nº 03/1990 até que foram revisados pela Resolução Conama nº 491/2018 (BRASIL, 2022).

Em frente à legislação predecessora, a Resolução Conama nº 491/2018 sinalizou importantes melhorias, ao instituir o compromisso de redução gradativa dos padrões de qualidade do ar, por meio da adoção de três padrões intermediários e um padrão de qualidade final. A adoção desses padrões de qualidade do ar mais restritivos foi amparada por critérios técnicos e em concordância com a Organização Mundial da Saúde, visto que os padrões de qualidade finais adotados correspondem aos valores orientadores definidos pela OMS em 2005 (BRASIL, 2022). Além da revisão dos padrões de qualidade do ar, outro avanço dessa resolução foi a ampliação da gama de poluentes regulamentados, com a definição de padrões para as partículas respiráveis e para o chumbo (BRASIL, 2018).

A Resolução Conama nº 491/ 2018 também promoveu avanços nas ações de controle de qualidade do ar, a partir do estabelecimento da elaboração de Planos de Controle de Emissões Atmosféricas (PCEA) por parte dos órgãos ambientais estaduais e



distrital (BRASIL, 2022). O PCEA é um importante instrumento de gestão da qualidade do ar, que apresenta em seu escopo a priorização de regiões com condições de qualidade do ar mais críticas; a identificação das principais fontes de emissão e respectivos poluentes atmosféricos; a apresentação das diretrizes e ações com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação. Dessa forma, visando à concretização de ações efetivas e particulares de cada região priorizada, promovendo o controle da poluição atmosférica e o bem-estar da população (MINAS GERAIS, 2023).

No estado de 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. Essas redes contínuas e automáticas são acompanhadas pelo Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas (NQA), da Secretaria de Estado de Meio ambiente e Desenvolvimento sustentável (SEMAD), as quais são abordadas neste relatório anual.

Neste sentido, o objetivo deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2019, considerando os dados do monitoramento contínuo e automático, o atendimento aos novos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018 e a meteorologia da região. As análises realizadas neste documento baseiam-se nos dados obtidos pelo monitoramento, avaliando os poluentes com base nos seus respectivos índices de qualidade do ar, concentrações médias anuais, concentrações máximas diárias e avaliando as tendências no comportamento desses poluentes com base na série histórica de dados.

.



2 POLUENTES, PADRÕES E ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR

2.1 Poluentes da Qualidade do Ar

A Resolução CONAMA nº 491/2018, estabelece que poluente atmosférico consiste em qualquer forma de matéria 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. Essa norma definiu os padrões de qualidade do ar para os principais poluentes atmosféricos, os quais 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 suspensas no ar, podendo ser na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, entre outras. Esse grupo de partículas compreende uma porção mais grossa do material particulado, incluindo partículas que apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 50 μm . De forma natural, as principais fontes de emissão 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). Esse poluente é bastante comum em áreas de mineração, sendo principalmente emitido durante o processamento do minério nas etapas de britagem, nas vias de acesso e locais de descarregamento devido ao tráfego de veículos pesados e durante as etapas de transferência e estocagem com o uso de pilhas de minério (ALMEIDA, 1999). Um dos desafios característicos desse tipo de atividade reside no fato de que uma importante porção do material particulado emitido é proveniente de áreas sem cobertura, vias de tráfego e áreas passíveis de erosão (LIMA; FERREIRA; PRADO FILHO, 2016), que são fontes de emissão não contempladas pelos padrões de emissão estabelecidos na legislação estadual (MINAS GERAIS, 2013).



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. Dessa forma, por se tratar de partículas com diâmetro aerodinâmico mais elevado, as PTS não são capazes de penetrar o sistema respiratório (MMA, 2023), no entanto, 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)

2.1.2 Partículas Inaláveis (MP₁₀)

As partículas inaláveis apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 µm. As principais fontes de emissão 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 (FEPAM, 2021). No contexto de Minas Gerais, destacam-se as emissões provenientes do processamento industrial de metais, como a mineração, desde a extração ao beneficiamento do minério, e a siderurgia, nas etapas de alto forno, aciaria e laminação, que estão entre as principais atividades emissoras de material particulado metálico na atmosfera (ALMEIDA, 1999).

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).

2.1.3 Partículas Respiráveis (MP_{2,5})

As partículas respiráveis compreendem o material particulado com diâmetro inferior a 2,5 µm. 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 SO₂, alimentam a sua formação e disponibilidade no ambiente (FREITAS *et al.*, 2009).



Essa fração de partículas apresenta riscos graves à saúde, pois podem afetar o coração e os pulmões, bem como, atingirem a corrente sanguínea (DELFINO *et al.*, 2005; USEPA, 2022), além de serem capazes de alcançar o trato respiratório a nível alveolar, onde os recursos de expulsão desses poluentes não são efetivos (FREITAS *et al.*, 2009). Além disso, a depender da composição do material particulado, uma vez na corrente sanguínea, podem transportar também substâncias tóxicas e cancerígenas (FERNANDES *et al.*, 2010).

Haja vista a sua preocupação a nível de saúde pública, o monitoramento de $MP_{2,5}$ passou a ser regulamentado na nova legislação nacional, tendo os padrões de qualidade do ar instituídos na Resolução CONAMA n° 491/2018.

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. A emissão desse poluente ocorre principalmente com a queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre na sua composição; típica de atividades como: termelétricas, fabricação de fertilizantes, fundição de alumínio e aço, produção de ácido sulfúrico e papel, além de emissões veiculares (MMA, 2023). Nesse sentido, com a redução da quantidade de enxofre nos combustíveis, somado a um controle de emissões intensificado, as concentrações desse poluente na atmosfera passaram por quedas sensíveis (CETESB, 2024).

A inalação de SO_2 pode ocasionar prejuízos para a saúde humana, sobretudo problemas respiratórios, podendo aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite (INEA, 2023). O SO_2 atua como um dos principais componentes na formação de chuva ácida e em altas concentrações, o SO_2 pode se converter em sulfatos e se incorporar em aerossóis, podendo 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, assim, dificultando o transporte de oxigênio e podendo causar diversos efeitos à saúde humana.

2.1.6 Ozônio (O₃)

O ozônio (O₃) 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). Essas substâncias são emitidas principalmente por fontes móveis, como veículos, e fixas, como indústrias. O controle do ozônio é desafiador, pois exige a atenção nas emissões de seus precursores em vez de atuar diretamente sobre ele; agrava-se a situação quando considera-se que as reações químicas de produção de ozônio são complexas e não lineares, de forma que a redução das emissões dos poluentes precursores não necessariamente acarreta a redução das concentrações de O₃ (PIMENTA, 2010). Além disso, o ozônio pode viajar longas distâncias devido ao seu longo tempo de vida (AKIMOTO, 2003), o que significa que as concentrações observadas nos receptores nem sempre estão associados às emissões de fontes próximas.

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). Já na troposfera, esse gás 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.

2.1.7 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

O dióxido de nitrogênio (NO₂) 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) (MMA, 2023). Esses são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas, 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 NO₂ pode ocasionar efeitos adversos para a saúde, como a irritação do sistema respiratório, além da formação de ácido nítrico, componente das chuvas ácidas; a presença de NO₂ na atmosfera também é essencial para a formação do ozônio troposférico em processos fotoquímicos (CETESB, 2024).

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Em 19 de novembro de 2018 foi publicada a Resolução CONAMA n° 491/2018 que revogou a Resolução CONAMA n° 03/1990 e estabeleceu novos padrões de qualidade do ar à nível nacional. Segundo a Resolução CONAMA n° 491/2018, padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

Nesta Resolução foram previstos:

- padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;
- padrão de qualidade do ar final - PF: valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2005.

A partir da publicação da Resolução CONAMA n° 491/2018 entrou em vigor o Padrão Intermediário 1 (PI-1). Os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-2, PI-3) e Final (PF) serão adotados, cada um, de forma subsequente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente. Caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, prevalecerá o padrão já adotado. Para os poluentes Monóxido de Carbono - CO, Partículas Totais em Suspensão - PTS e Chumbo foi adotado o padrão de qualidade do ar final (PF).

Os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/2018 são apresentados na Tabela 1.



Tabela 1: Padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA nº 491/2018.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1 µg/m ³	PI-2 µg/m ³	PI-3 µg/m ³	PF µg/m ³	ppm
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas Anual ⁽¹⁾	120 40	100 35	75 30	50 20	- -
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas Anual ⁽¹⁾	60 20	50 17	37 15	25 10	- -
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas Anual ⁽¹⁾	125 40	50 30	30 20	20 -	- -
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ⁽²⁾ Anual ⁽¹⁾	260 60	240 50	220 45	200 40	- -
Ozônio - O ₃	8 horas ⁽³⁾	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas Anual ⁽¹⁾	120 40	100 35	75 30	50 20	- -
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ⁽³⁾	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas Anual ⁽¹⁾	- -	- -	- -	240 80	- -
Chumbo - Pb ⁽⁵⁾	-	-	-	-	0,5	-

1 - média aritmética anual.

2 - média horária

3 - máxima média móvel obtida no dia

4 - média geométrica anual

5 - medido nas partículas totais em suspensão

Em 2023, Minas Gerais também atualizou a legislação estadual que define padrões de qualidade do ar em seu território. Em 23 de novembro de 2023 foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 248/2023 que revogou a Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981. Os padrões estabelecidos na legislação mineira seguem os mesmos valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº491/2018, acrescida de padrões para as partículas sedimentáveis.

No presente relatório serão considerados os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº491/2018, legislação vigente à época.

2.3 Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde

O Índice de Qualidade do Ar (IQA_r) é o valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde.

O Anexo IV da Resolução CONAMA nº 491/2018 determina os poluentes atmosféricos que fazem parte do cálculo do IQA_r, os valores de concentração



referentes à classificação do ar no nível “Boa” e a equação matemática para conversão das concentrações monitoradas nos valores do índice (MMA, 2020).

Para cada poluente monitorado é calculado um índice, que é um valor adimensional. Dependendo do índice obtido, o ar recebe uma qualificação, que consiste em uma nota para a qualidade do ar, além de uma cor, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Estrutura do Índice de Qualidade do Ar (IQAr)

Qualidade do Ar	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	SO ₂ (µg/m ³) 24h	NO ₂ (µg/m ³) 1 h	CO (ppm) 8h
N1 – Boa	0 - 40	0-50	0-25	0-100	0-20	0-200	0-9
N2 – Moderada	41 -80	>50-100	>25-50	>100-130	>20-40	>200-240	>9-11
N3 – Ruim	81- 120	>100-150	>50-75	>130-160	>40-365	>240-320	>11-13
N4 – Muito Ruim	121 - 200	>150-250	>75-125	>160-200	>365-800	>320-1130	>13-15
N5 –Péssima	201 - 400	>250-600	>125-300	>200-800	.800-2620	>1130-3750	>15-50

Fonte: Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar (MMA, 2020)

Os valores de concentração que classificam a qualidade do ar como “Boa” são os Padrões Finais (PF) estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018 e que foram baseados nos valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como sendo os mais seguros à saúde humana para exposição de curto prazo, conforme a publicação Air Quality Guidelines Global Update 2005 (OMS, 2006).

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

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini}) \quad \text{Equação 1}$$

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 na qual se encontra a concentração medida;
- C_{fin} – Concentração final da faixa na qual se encontra a concentração medida;
- C – Concentração medida

O Guia Técnico para Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2020), previsto no Art. 8º da Resolução CONAMA nº 491/2018, trouxe uma relação de efeitos à saúde que podem ser associados aos índices e devem ser utilizados na sua



divulgação. A Tabela 3 apresenta a relação entre o valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.

Tabela 3: Relação entre o valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.

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



3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

3.1 Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais

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 2019 haviam em Minas Gerais 58 estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar, localizadas em 18 municípios: Belo Horizonte (4), Betim (3), Contagem (1), Ibirité (2), Brumadinho (3), São José da Lapa (4), Ipatinga (4), Timóteo (3), Coronel Fabriciano (1), Congonhas (8), Ouro Preto (4), Barra Longa (3), Mariana (1), Rio Doce (1), Itabira (5), Paracatu (5), Pirapora (2) e Conceição do Mato Dentro (4), conforme mostra a Figura 1. Para a apresentação dos resultados nesse documento as estações foram agrupadas em cinco regiões principais: “Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)”, “Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA)”, “Região de Congonhas e Ouro Preto”, “Região da Bacia do Rio Doce” e “Demais Municípios”. As Tabela 4 a Tabela 8 apresentam as especificações das estações, suas distribuições, localização nos municípios, bem como, os parâmetros monitorados, enquanto que as Figura 2 a Figura 9 mostram a distribuição das estações em cada região.



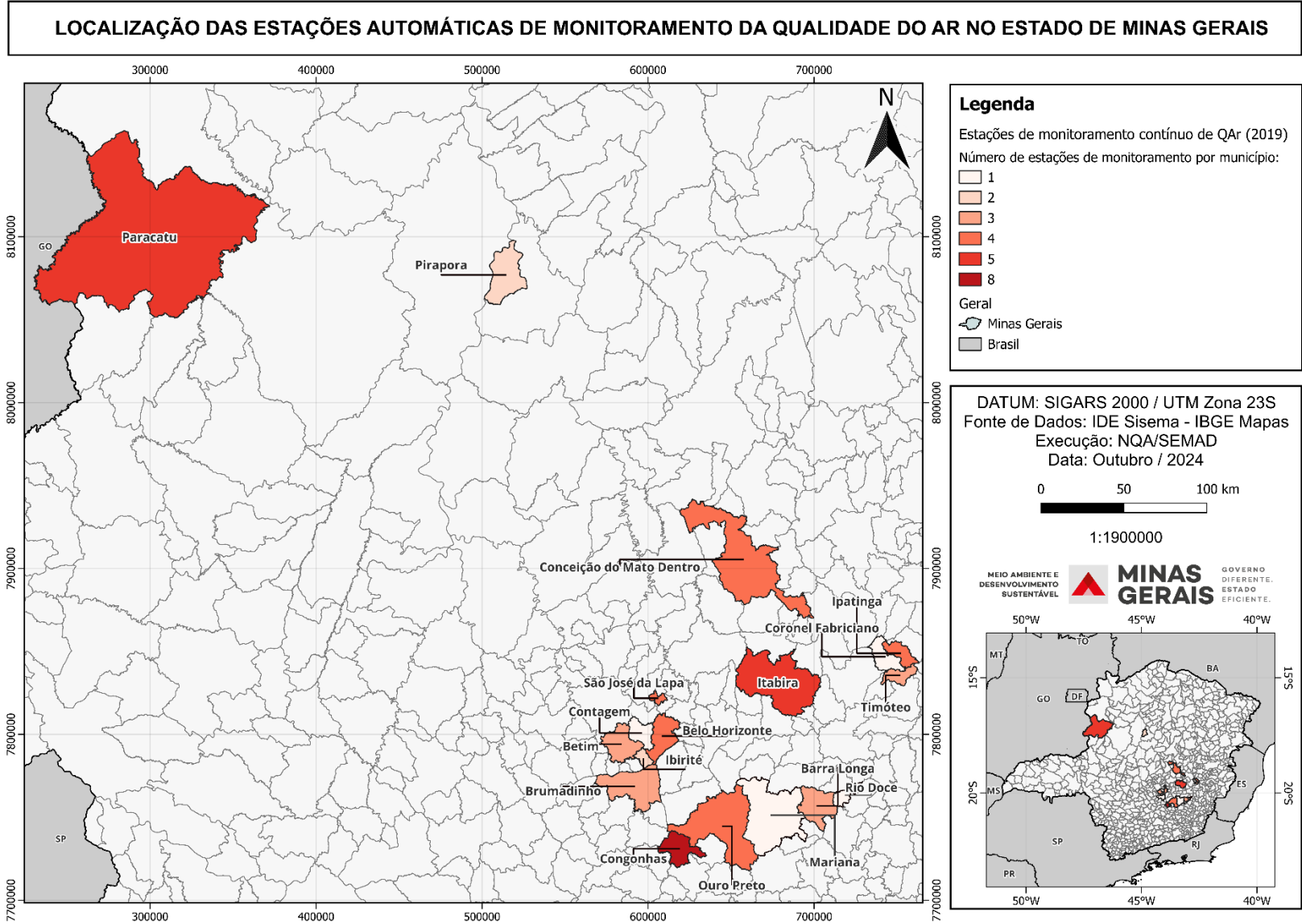


Figura 1: Estações automáticas de monitoramento da QAr em Minas Gerais.

Tabela 4: Especificações das estações da RMBH.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Parâmetros Meteorológicos*
Belo Horizonte	Delegacia Amazonas	19° 56' 14.90" S	43° 59' 41.50" 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' 47.96" S	43° 56' 8.68" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	PUC Barreiro	19° 58' 33.61" S	44° 1' 30.34" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	PUC São Gabriel	19° 51' 28.87" S	43° 55' 6.42" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
Betim	Alterosa	19° 56' 51.26" S	44° 9' 39.06" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Centro Administrativo Betim	19° 58' 8.16" S	44° 12' 25.10" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Petrovale	19° 59' 39.93" S	44° 6' 40.05" 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
	Parque da Cachoeira	20° 8' 36.25" S	44° 9' 35.90" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	E.M. Pe Vicente Assunção	20° 8' 52.43" S	44° 11' 59.62" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , O ₃	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Contagem	Cidade Industrial	19° 57' 38.56" S	44° 1' 52.89" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Ibirité	Cascata	19° 59' 15.39" S	44° 5' 10.66" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Piratininga	20° 0' 14.27" S	44° 3' 34.89" 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' 0.61" S	43° 57' 36.71" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	E. M. Filhinha Gama - Vila Ical	19° 42' 47.45" S	43° 57' 50.73" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Célia (Vespasiano)	19° 41' 49.21" S	43° 56' 17.33" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Jardim Encantado	19° 42' 45.00" S	43° 58' 7.91" 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).



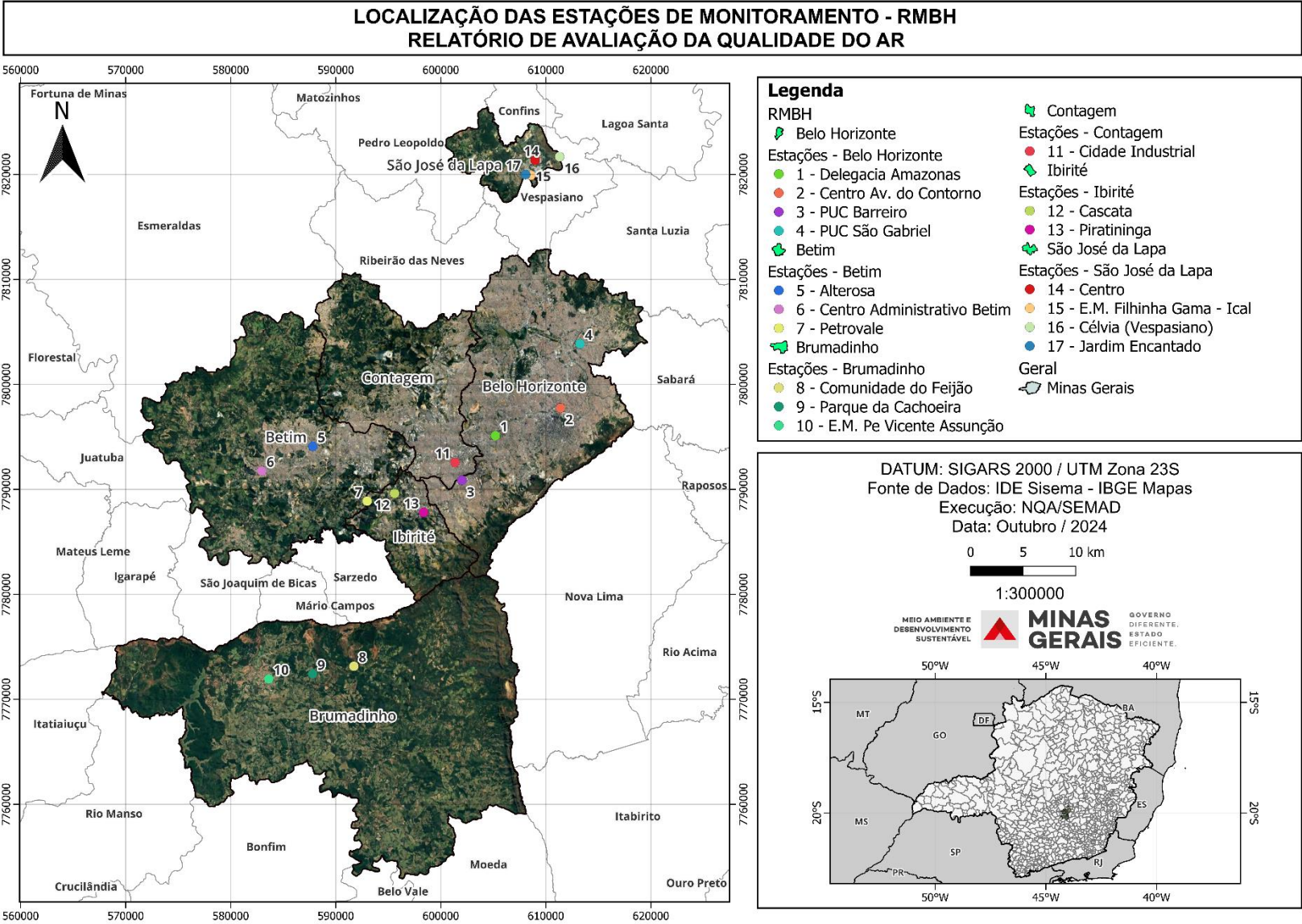


Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.

Tabela 5: Especificações das estações da RMVA.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Coronel Fabriciano	SENAC (Vale do Aço)	19° 31' 51.55" S	42° 37' 40.18" 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' 34.47" S	42° 33' 25.41" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Cariru	19° 29' 28.92" S	42° 31' 43.46" 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' 40.22" S	42° 33' 36.74" 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' 0.37" S	42° 38' 38.84" W	MP _{2,5}	VV, DV, T, UR
	Cecília Meireles	19° 32' 49.93" S	42° 39' 23.89" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃	VV, DV, T, UR
	Escola Sementinha	19° 32' 12.34" S	42° 40' 18.62" 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).



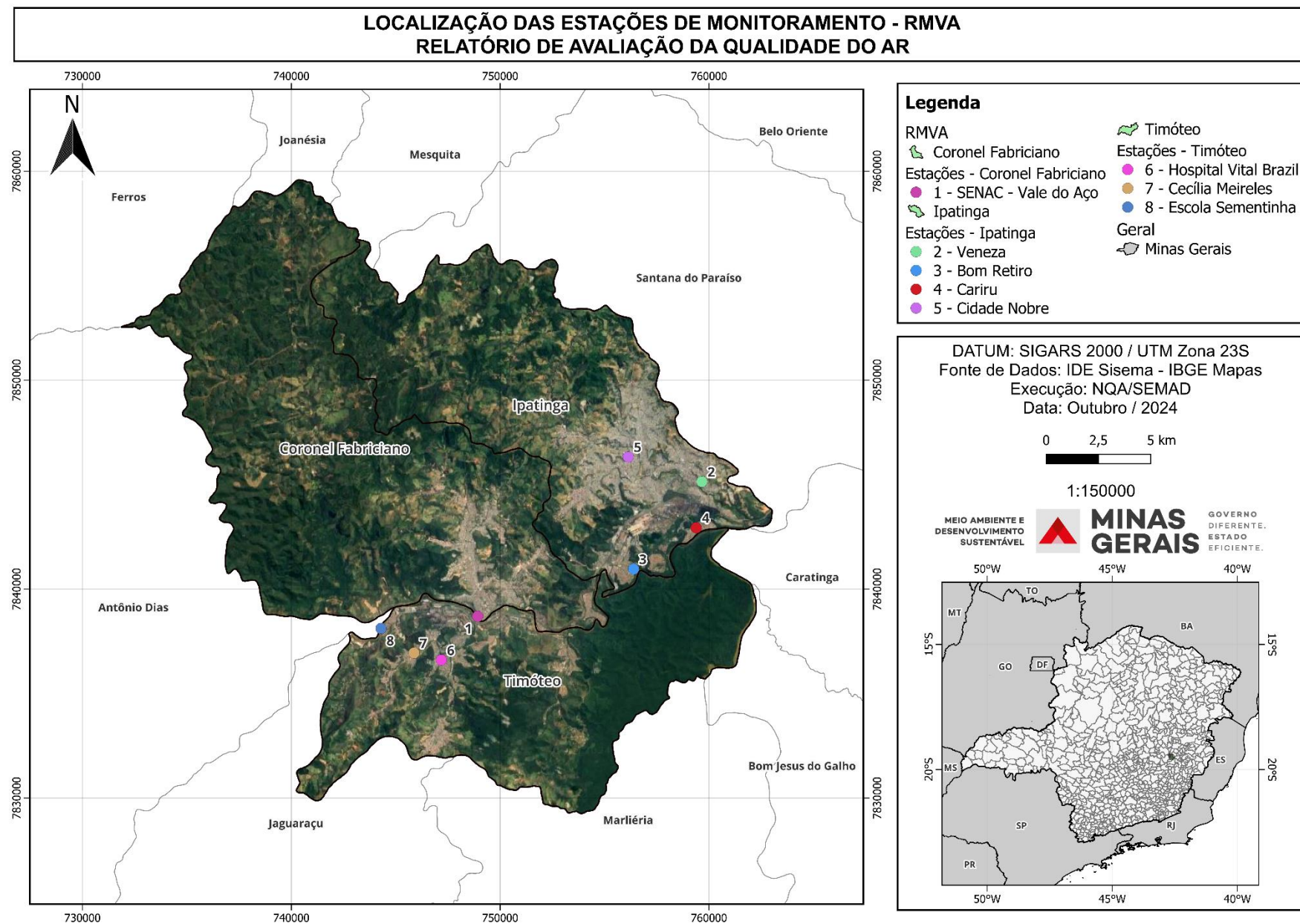


Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.

Tabela 6: Especificações das estações da Bacia do Rio Doce.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Barra Longa	Barra Longa Centro	20° 16' 57.25" S	43° 2' 25.23" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, UR
	Barra Longa - Volta da Capela	20° 17' 15.95" S	43° 3' 17.68" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV
	Gesteira	20° 15' 25.95" S	43° 7' 27.83" W	MP ₁₀	-
Mariana	Paracatu de Baixo	20° 18' 23.00" S	43° 13' 47.31" W	MP ₁₀	-
Rio Doce	Santana do Deserto	20° 11' 53.39" S	42° 50' 3.54" W	MP ₁₀	-

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



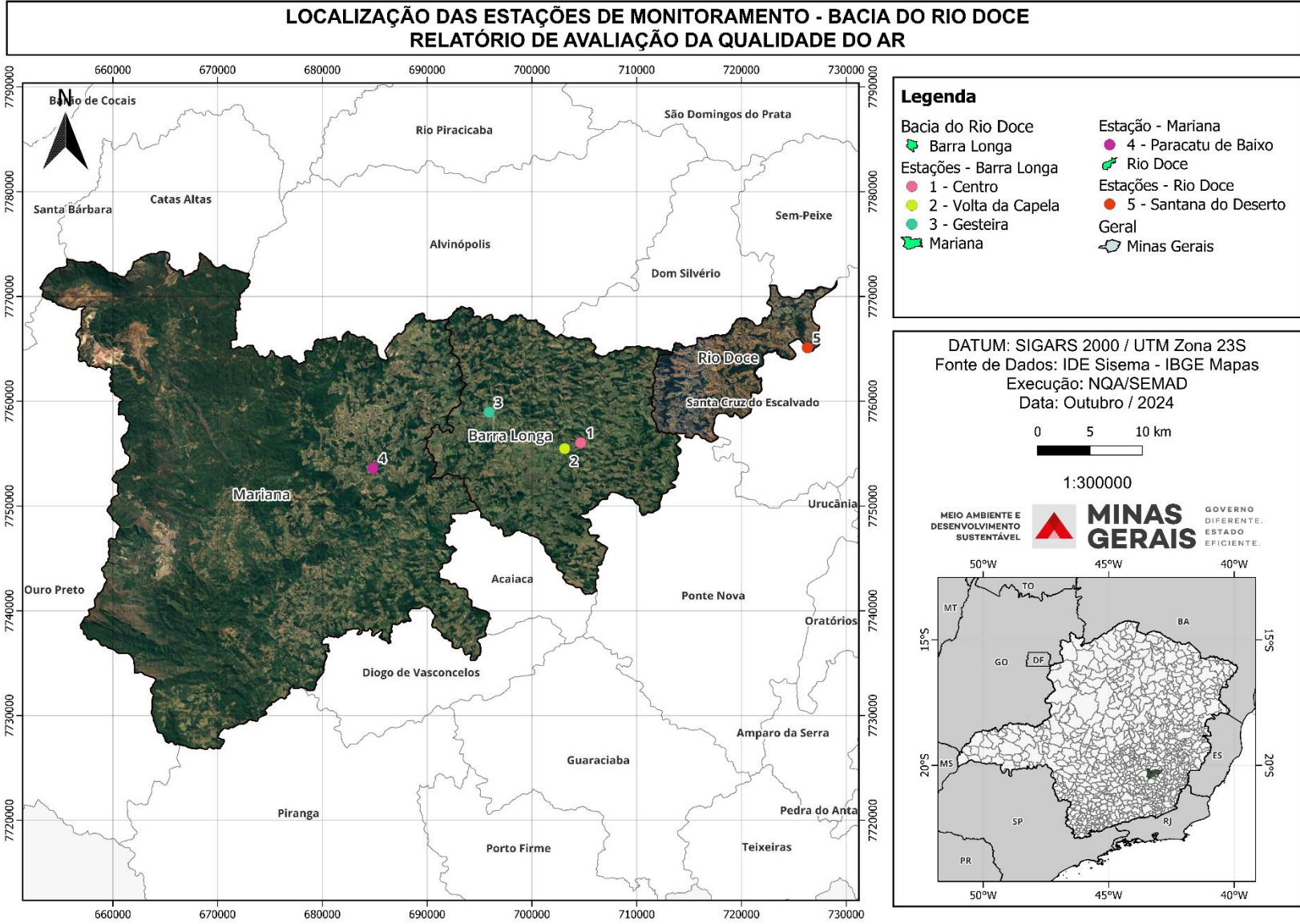


Figura 4: Estações de monitoramento da QAr na Bacia do Rio Doce.

Tabela 7: Especificações das estações de Congonhas e Ouro Preto.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Congonhas	Matriz	20° 30' 1.52" S	43° 51' 20.80" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Pires	20° 26' 49.50" S	43° 50' 28.28" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, PP, TA, RS, DP, UR, PA,
	Basilica	20° 30' 54.60" S	43° 51' 39.60" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂	VV, DV, TA, UR
	Casa de Pedra	20° 29' 5.07" S	43° 54' 50.15" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA
	Novo Plataforma	20° 29' 18.82" S	43° 51' 41.44" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Lobo Leite	20° 31' 7.38" S	43° 47' 43.60" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, TA, RS, UR,
	Jardim Profeta	20° 31' 15.67" S	43° 49' 46.34" W	PTS, MP ₁₀	TA, UR, PA
	Mina de Viga	20° 29' 49.32" S	43° 55' 8.27" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA,
Ouro Preto	Motas	20° 26' 30.67" S	43° 49' 44.25" W	PTS, MP ₁₀	-
	Namisa	20° 26' 22.46" S	43° 50' 7.23" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA
	Fábrica	20° 25' 5.29" S	43° 52' 31.37" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA
	Miguel Burnier	20° 25' 49.45" S	43° 45' 33.41" W	-	VV, DV, PP, TA, 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).



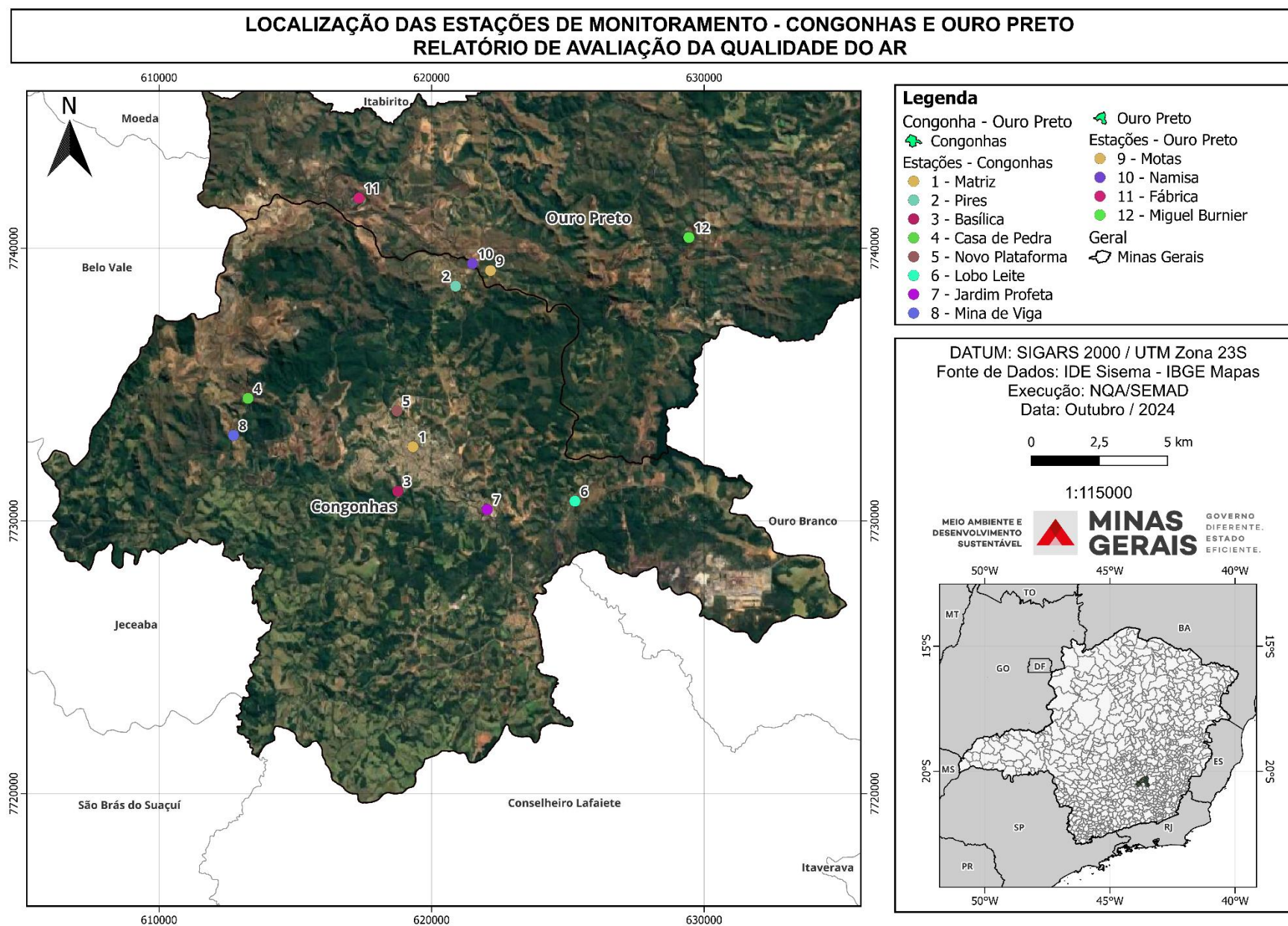


Figura 5: Estações de monitoramento da QAr em Congonhas e Ouro Preto.

Tabela 8: Especificações das estações dos demais municípios.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Conceição do Mato Dentro	Mina do Sapo	18° 53' 18.33" S	43° 25' 8.21" W	-	DV, VV, PP, PA, RS, TA, UR
	Aeroporto CMD	19° 1' 14.12" S	43° 26' 1.32" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , O ₃	VV, DV, PP, TA, RS, , UR, PA
	Córregos	18° 53' 7.58" S	43° 30' 4.06" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV
	Sapo	18° 55' 28.54" S	43° 23' 57.20" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
Itabira	Pousada	19° 37' 9.60" S	43° 13' 59.80" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, DP, UR, PA
	Pará	19° 37' 9.99" S	43° 13' 50.85" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Major Lage	19° 38' 9.48" S	43° 14' 14.81" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Félix	19° 39' 15" S	43° 14' 14.68" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Panorama	19° 38' 4.10" S	43° 13' 19.10" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
Paracatu	São Domingos	17° 11' 53.92" S	46° 51' 32.18" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Clube União	17° 12' 56.46" S	46° 53' 11.97" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T
	Copasa	17° 12' 19.58" S	46° 52' 27.60" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Lagoa Trindade Rodrigues	17° 9' 1.76" S	46° 49' 59.78" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Sérgio Ulhoa	17° 13' 28.35" S	46° 52' 30.73" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
Pirapora	SAAE	17° 21' 10.9" S	44° 56' 58.6" W	MP ₁₀	-
	FUNAM	17° 19' 50.14" S	44° 55' 36.67" W	MP ₁₀	-

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



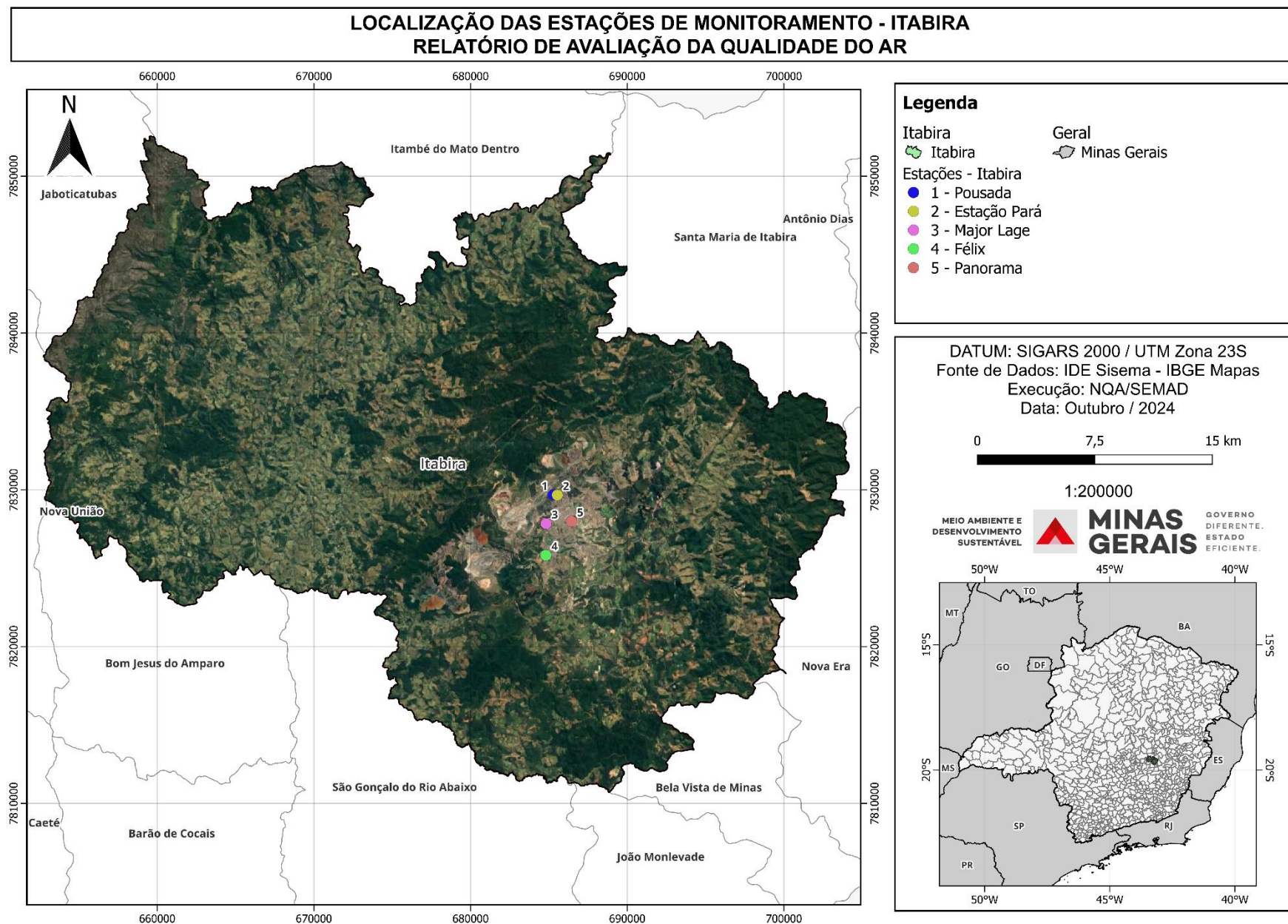


Figura 6: Estações de monitoramento da QAr em Itabira.

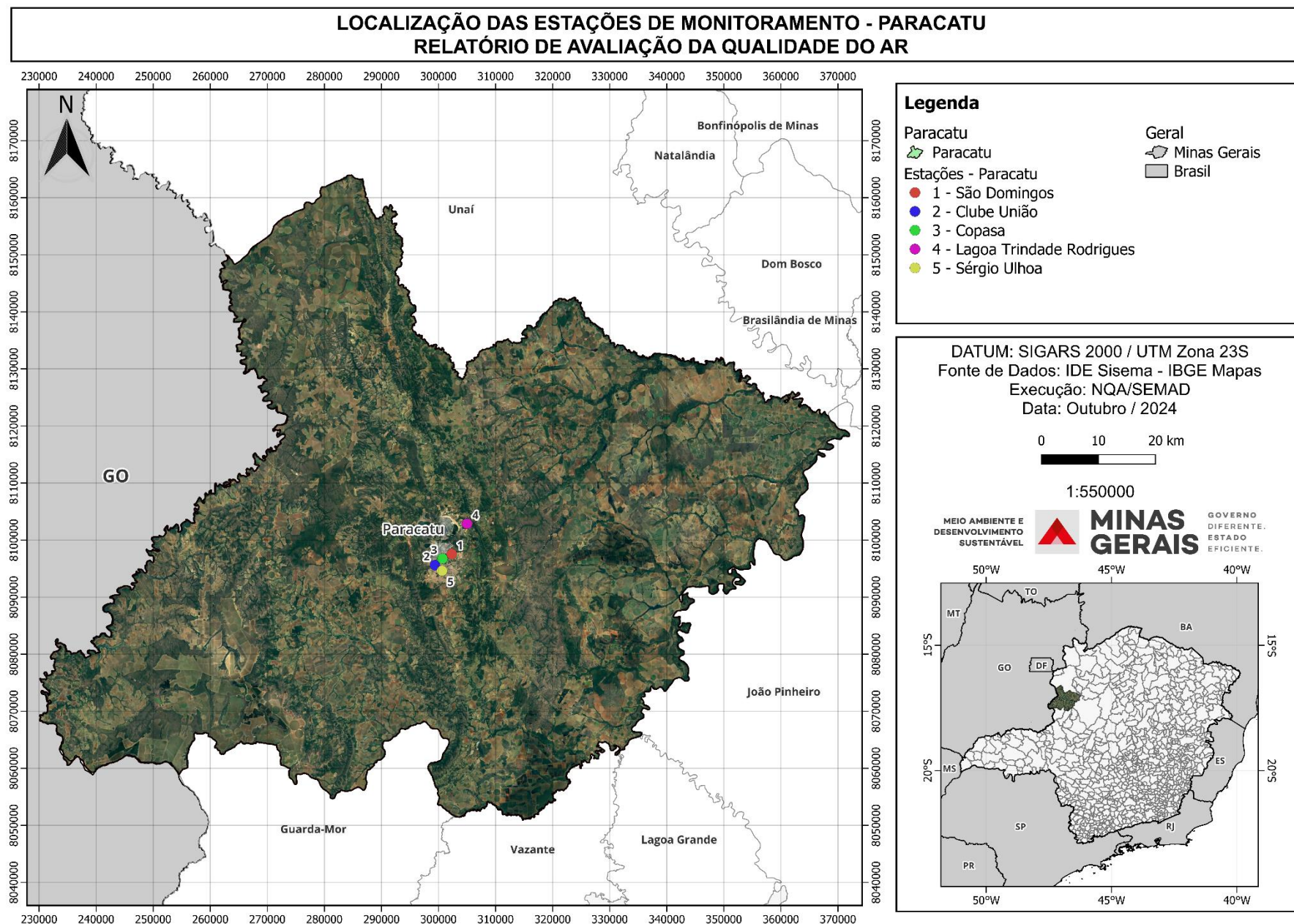
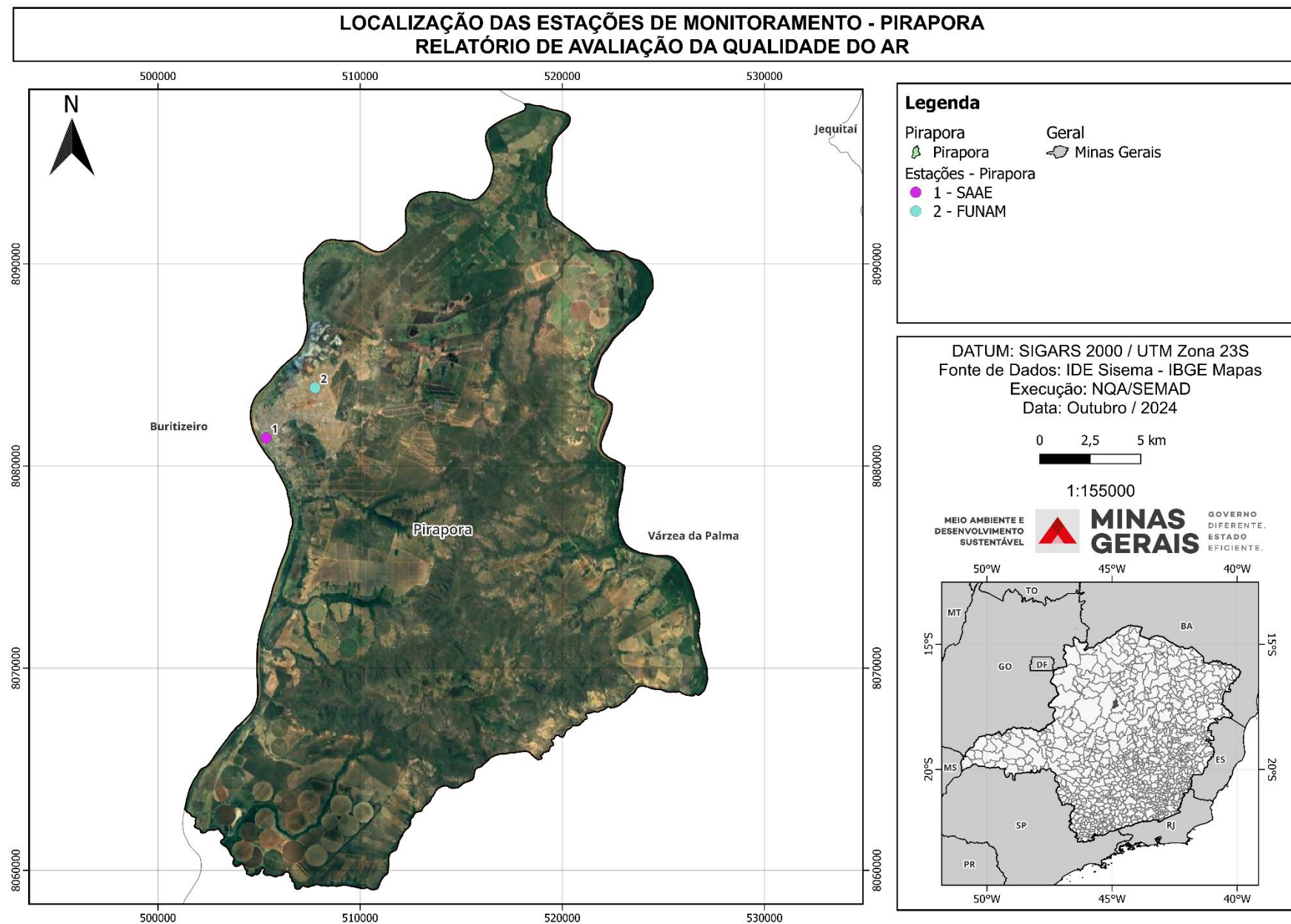


Figura 7: Estações de monitoramento da QAr em Paracatu.

**Figura 8:** Estações de monitoramento da QAr em Pirapora.

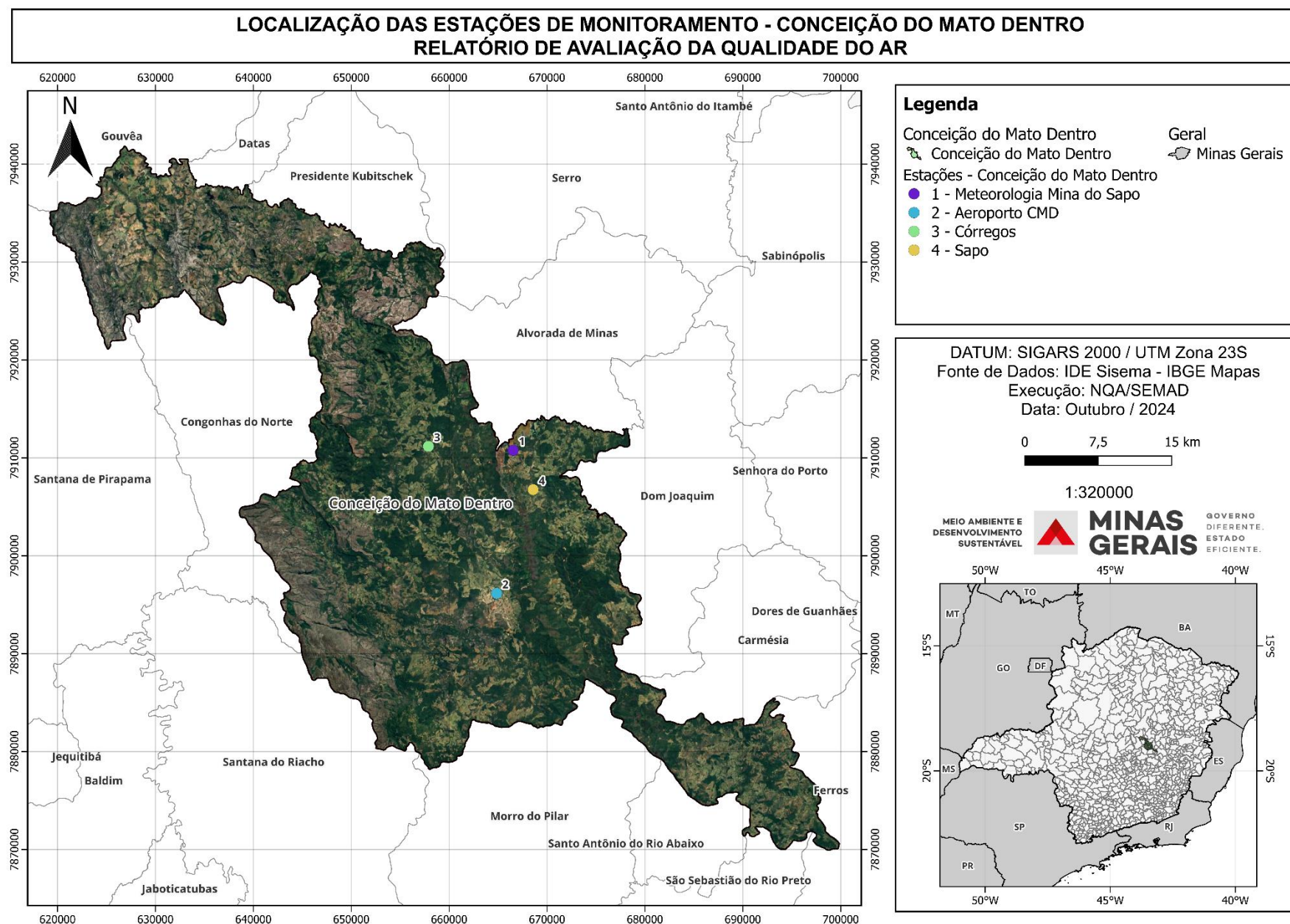


Figura 9: Estações de monitoramento da QAr em Conceição do Mato Dentro.

3.3 Tratamento dos dados

3.3.1. Dados de qualidade do ar

Os dados primários utilizados neste relatório foram as concentrações médias horárias para cada um dos poluentes monitorados nas estações. Por meio destes foram calculadas as médias móveis de 8 horas do CO e do ozônio, as médias aritméticas de 24 horas e anuais do MP₁₀, do MP_{2,5}, do NO₂ e do SO₂, além das médias diária e geométrica anual do PTS. Esses valores médios foram utilizados para estabelecer as comparações com os padrões de qualidade do ar vigentes na Resolução CONAMA nº 491/2018.

O monitoramento contínuo pode sofrer perdas devido à diferentes fatores, como por exemplo quedas de energia. Logo, foi realizada a análise da representatividade dos dados, uma vez que 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, 2020). Considerou-se representativos os dados gerados nas estações que observaram, no mínimo, as condições estabelecidas na Tabela 9.

Tabela 9: Tipos de médias para o cálculo dos parâmetros e critérios de validação de representatividade.

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.

Médias anuais que não atenderam ao critério de representatividade foram apresentadas nas figuras e tabelas com a indicação “não representativos” seguidas do símbolo de asterisco (*).



3.3.2. Dados meteorológicos

Foram utilizados dados medidos nas estações do INMET para uma avaliação regional da meteorologia de 2019, por meio dos parâmetros de temperatura, precipitação pluviométrica e velocidade do vento, e sua comparação com as normais climatológicas.

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



4 METEOROLOGIA NO ANO DE 2019

A análise meteorológica de 2019 foi realizada utilizando-se dos dados monitorados nas estações do INMET, por meio da comparação das médias mensais com as normais climatológicas. Foram consideradas apenas as regiões mineiras com redes automáticas de monitoramento da qualidade do ar em 2019, sendo elas:

- Zona da Mata Mineira, para a Rede de Qualidade do ar da Bacia do Rio Doce (Barra Longa, Mariana e Rio Doce);
- Leste de Minas, para as redes da RMVA (Ipatinga, Timóteo e Coronel Fabriciano) e de Itabira, dentro de Demais Municípios;
- Norte de Minas, para a rede de qualidade do ar de Pirapora;
- Noroeste Mineiro, para a rede de qualidade do ar de Paracatu;
- Central de Minas, para as redes de qualidade do ar da RMBH (Belo Horizonte, Betim, Contagem, Ibirité, São José da Lapa e Brumadinho), da região de Congonhas e Ouro Preto, e de Conceição do Mato Dentro, dentro de Demais Municípios.

Destaca-se que a estação de Juiz de Fora, na Zona da Mata, não obteve média mensal válida em janeiro de 2019 para os parâmetros avaliados a seguir.

Na Figura 10 é mostrado o regime mensal de precipitação acumulada ao longo de 2019. Pode-se ver que em janeiro todas as regiões tiveram chuva abaixo do regime normal, com destaque para o Norte de Minas, que continuou com esse comportamento por todo o primeiro trimestre. Já em abril essa região teve um regime de chuva superior à normal climatológica do mês, porém, apresentou um regime reduzido, conforme já esperado pela normais mensais até o mês de setembro. O último trimestre da região norte mineira também foi marcado por poucas chuvas, ficando bem abaixo do esperado segundo as normais climatológicas.



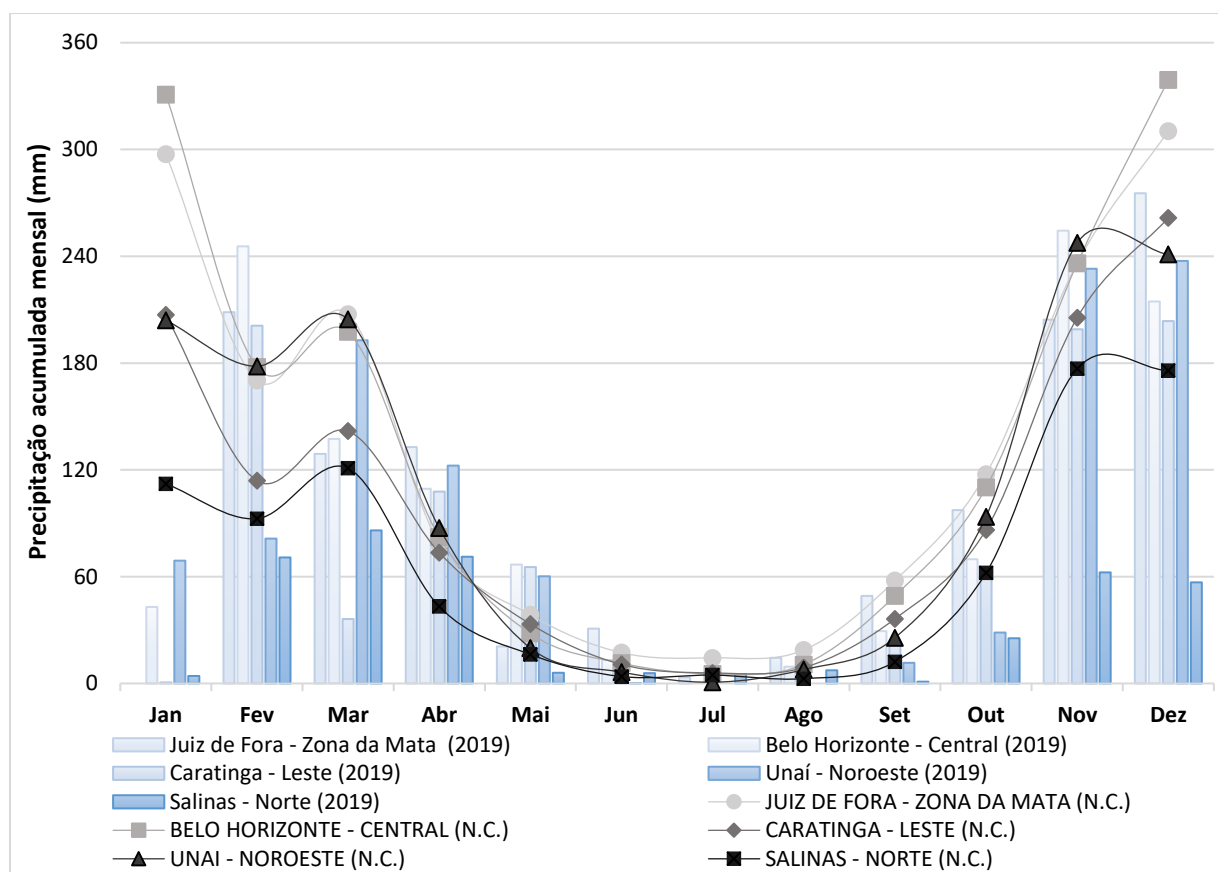


Figura 10: Precipitação acumulada mensal em regiões de Minas Gerais.

Além disso, pela Figura 10 percebe-se ainda que fevereiro de 2019 ficou caracterizado por altos regimes de chuva nas regiões da Zona da Mata, Central e Leste, todas superiores às normais. Por outro lado, a região Noroeste apresentou regime bem inferior à sua normal, menos que 50%. Em março todos os acumulados obtidos em 2019 foram inferiores às normais climatológicas, com destaque para o reduzido valor obtido no Leste Mineiro, de apenas 36 mm, ante uma normal de cerca de 142 mm.

Em abril foi observado acumulados de chuva acima das normais em todas as regiões mineiras analisadas, o que continuou em maio nas regiões Central, Leste e Noroeste. Entretanto, de junho a setembro as chuvas seguiram o comportamento de escassez, já esperado conforme as normais climatológicas, sendo baixas em todas as regiões, o que continuou em outubro, sendo todas inferiores às normais desse mês. Já em novembro a região Central apresentou regime de chuva superior à normal e a região Leste valor próximo à sua normal, em contrapartida as demais regiões continuaram com valores inferiores às suas normais. Em dezembro a região Noroeste teve

acumulado de chuva próximo à sua normal climatológica, enquanto as demais tiveram valores inferiores.

Sendo assim, conforme análise destacada anteriormente, o ano de 2019 ficou caracterizado, nas regiões de Minas Gerais analisadas, como um ano cujo regime de chuva esteve, em sua maioria, abaixo do esperado e inferior às normais climatológicas medidas nas estações do INMET.

Seguindo a avaliação meteorológica do ano de 2019, na Figura 11 são apresentadas as temperaturas médias mensais obtidas nas regiões mineiras em destaque. Verifica-se que a região da Zona da Mata apresentou em fevereiro e março valores próximos às normais, assim como nos meses de julho, outubro, novembro. Já nos meses de abril a junho e em setembro as temperaturas médias obtidas ficaram acima das normais, enquanto que em agosto e dezembro as médias foram menores que as normais. A maior diferença ocorreu em maio, de 1,9°C acima da normal.

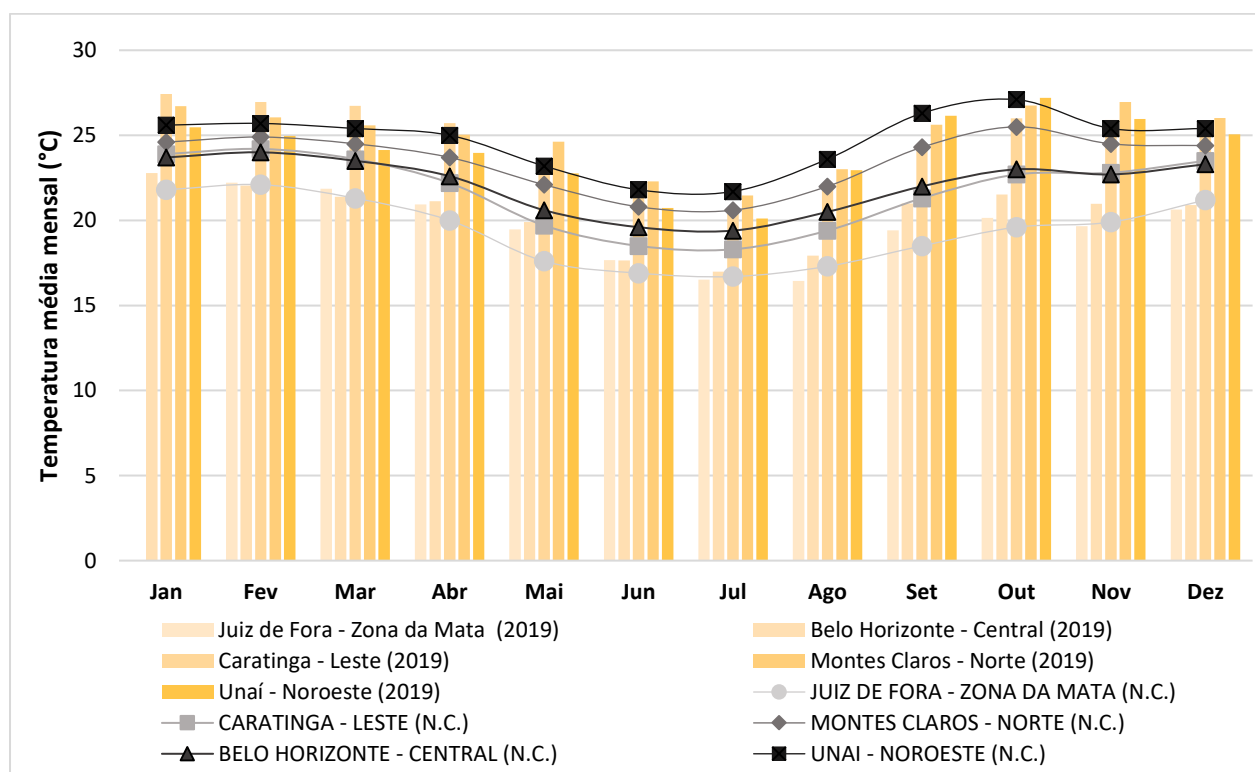


Figura 11: Temperatura média mensal em regiões de Minas Gerais.

Ainda conforme a Figura 11, a região Leste de Minas destacou-se em 2019 como a que mais se afastou das normais climatológicas, com a maior diferença também ocorrendo em maio, de 3,9°C acima do valor histórico da região. Além disso, nessa



região todos os meses de 2019 tiveram temperaturas mensais acima das normais climatológicas. Caso igual ocorreu no Norte de Minas, com a maior diferença sendo de 2,5°C nos meses de maio e novembro.

Por outro lado, a região Central apresentou em todos os meses de 2019 temperaturas abaixo das médias históricas, com a maior diferença vista em agosto, de 2,6°C. Situação semelhante ocorreu na região Noroeste que, com exceção dos meses de outubro e novembro, que tiveram temperaturas mensais levemente acima de suas normais, os demais meses apresentaram temperaturas inferiores ao histórico da região, com julho tendo uma diferença de 1,6°C.

Com relação à velocidade do vento, na Figura 12 são destacadas as médias mensais obtidas em 2019 nas regiões mineiras. Percebe-se que a região da Zona da Mata apresentou as maiores médias mensais de velocidade do vento, entre 2,0 e 3,0 m/s, enquanto que as demais regiões tiveram variação de 0,6 a 2,4 m/s.

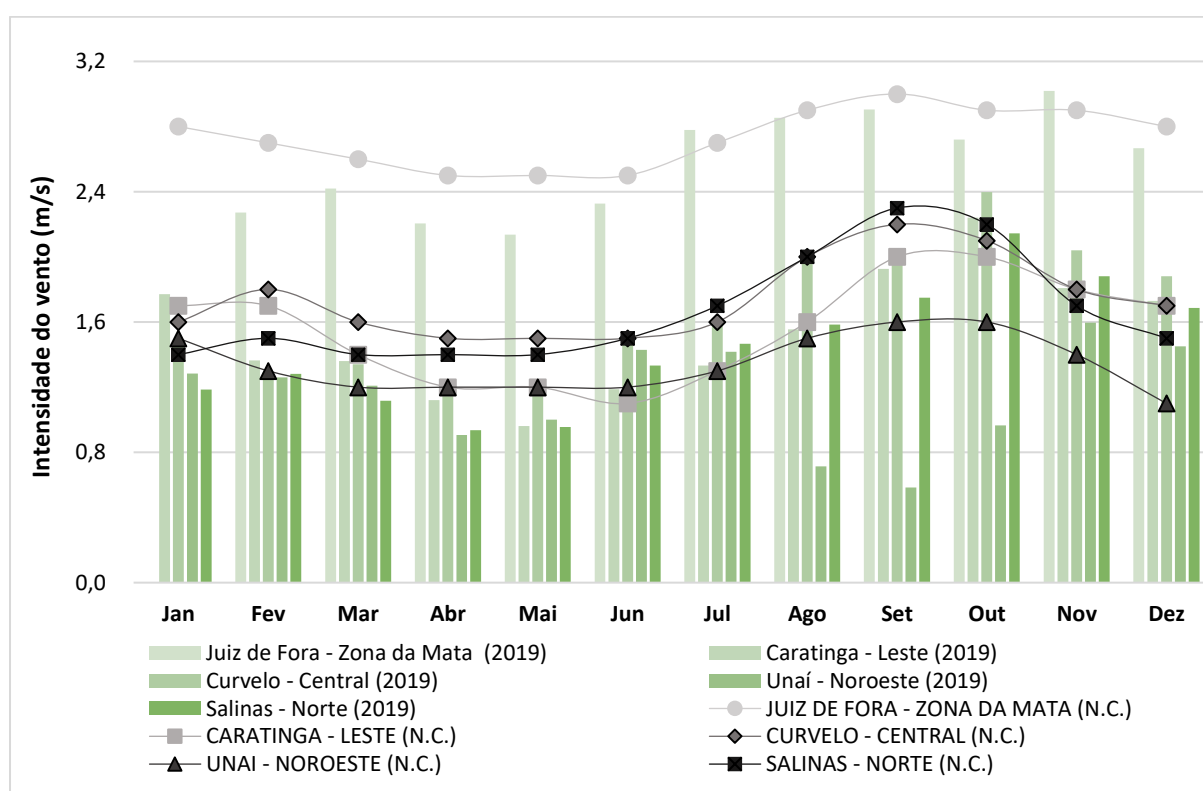


Figura 12: Velocidade média do vento em regiões de Minas Gerais.

Ainda conforme a Figura 12, visualiza-se que todas as regiões apresentaram, na maioria dos meses, médias abaixo do histórico, sendo que a maior diferença foi percebida no mês de setembro na região Noroeste, de 1,0 m/s. Tal fator, aliado ao



baixo regime de chuvas visualizado anteriormente, influenciou diretamente nas condições de dispersão das regiões, que pode ser visualizada pelo número de dias desfavoráveis à dispersão apresentado na Figura 13, na qual observa-se que justamente a região Noroeste foi a que teve o maior número, de 207 dias. Por outro lado, a região da Zona da Mata, que apresentou as maiores velocidades médias de vento, não chegou a apresentar dia desfavorável à dispersão em 2019.

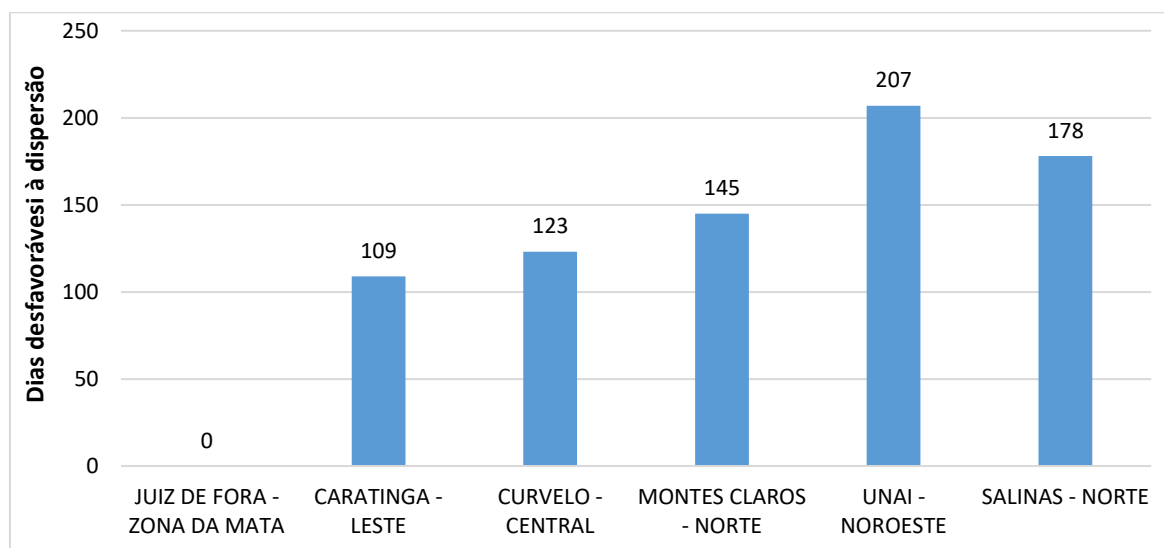


Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão em regiões de Minas Gerais em 2019.

Cabe destacar que os resultados do monitoramento das variáveis meteorológicas medidas nas estações das redes de qualidade do ar são apresentados nos Apêndices desse relatório, por região, de forma a complementar a análise deste tópico.



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RMBH

A Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH foi instituída em 1973 pela Lei Complementar nº 14, que criou também as regiões metropolitanas de São Paulo, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. A RMBH era originalmente composta por 14 municípios: Belo Horizonte, Betim, Caeté, Contagem, Ibirité, Lagoa Santa, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano. Em 1989, a Constituição Estadual de Minas Gerais incorporou à RMBH os municípios de Brumadinho, Esmeraldas, Igarapé e Mateus Leme, além de introduzir a figura do Colar Metropolitano. Em 1993, a inclusão dos municípios citados anteriormente e de Juatuba e São José da Lapa – distritos recém-emancipados – foi oficializada por lei complementar. Ao longo dos anos outros municípios foram incorporados à RMBH, que atualmente é composta por 34 municípios conforme determinado pela Lei Complementar nº 89, de 12 de janeiro de 2006 (RMBH, 2024).

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.

Alguns municípios da RMBH estão entre os dez primeiros na participação percentual do Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais no ano de 2019. Em primeiro lugar, com 14,9% de participação no PIB, foi a capital mineira, Belo Horizonte, sendo responsável por mais de um terço dos serviços de informação e comunicação prestados em nível estadual. Também em posições de destaque ficaram Contagem (terceira posição com 4,7%) e Betim (quarta posição com 4,3%). Os municípios foram favorecidos pelo desempenho da indústria de transformação, com a evolução favorável de segmentos ligados ao complexo metalomecânico (FJP, 2022).

O município de Contagem foi beneficiado pelo avanço favorável na fabricação de produtos metálicos e de máquinas e equipamentos (primeiro no ranking estadual). Além disso, é interessante pontuar a performance favorável da indústria de fabricação



de alimentos e bebidas. Esses segmentos aumentaram o volume de produção no estado em 6,5% (no caso de bebidas) e de 3,7% (no caso de produtos alimentícios) em 2019 e contaram com importante contribuição de Contagem para o aumento na produção física (o município é o terceiro no ranking estadual na produção de alimentos e bebidas) (FJP, 2022).

Em Betim, segundo a Fundação João Pinheiro (2022) o resultado positivo da indústria de transformação pode ser explicado pelo setor de autopeças, de produção de veículos, de fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis em razão da evolução favorável das cotações associadas à indústria do refino (no município se localiza a Refinaria Gabriel Passos - Regap).

Os demais municípios da RMBH com estações de monitoramento da qualidade do ar, tiveram pequena participação no PIB estadual. Ibirité com 0,38% sendo a principal atividade administração, defesa, educação e saúde pública e defesa social. São José da Lapa com percentual de 0,07% e a principal atividade Demais Serviços. Esta atividade também foi a mais importante em Brumadinho que teve participação de 0,38% no PIB. Em relação à 2018, o PIB de Brumadinho teve redução devido à menor contribuição da indústria extrativa mineral. Em decorrência do rompimento da barragem no município houve a paralisação da operação de várias minas no estado, por motivos de monitoramento e segurança em função da situação das barragens, isto resultou na redução da participação da indústria de extração mineral no valor adicionado bruto total do estado de 5,0% em 2018 para 4,5% em 2019 (FJP, 2022).

5.1.1 Caracterização das fontes de poluição da RMBH

A qualidade do ar na RMBH 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).

O avanço da frota veicular na RMBH é disposta na Figura 14, compreendendo quaisquer tipologias de transporte. Os dados de Belo Horizonte estão dispostos no eixo secundário.



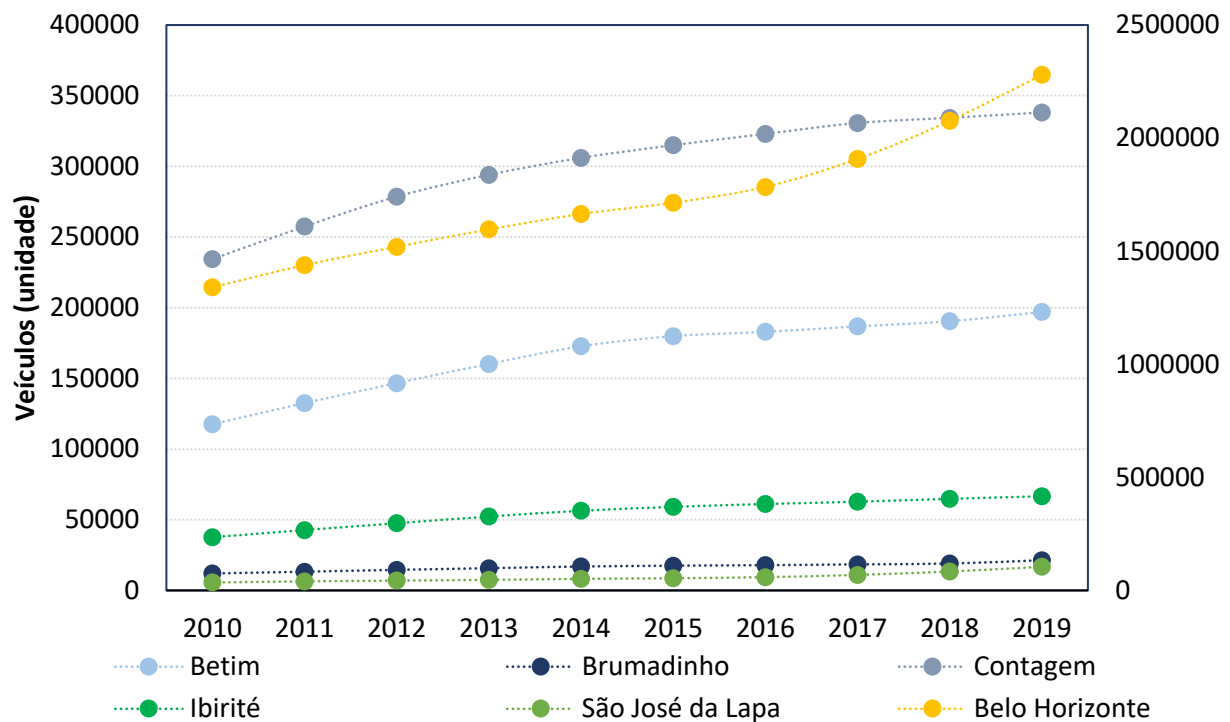


Figura 14: Crescimento da frota veicular na RMBH.

Fonte: IBGE, 2024.

No período avaliado foi observada uma tendência de crescimento no número de veículos em todos os municípios da região. Teve destaque a frota de São José da Lapa, saindo de 5594 em 2010 e saltando para 16683 veículos em 2019, um aumento de 198%. O menor aumento foi visto em Contagem, de 44%. Segundo IBGE (2024) são mais presentes nas frotas os automóveis e motocicletas.

As queimadas contribuem significativamente com a poluição atmosférica dando origem a gases poluentes que têm impactos adversos tanto no meio ambiente quanto na saúde humana (CARMO *et al.*, 2012). A distribuição dos focos de incêndio por área do município, no período de 2014 até 2019, é apresentada na Figura 15.



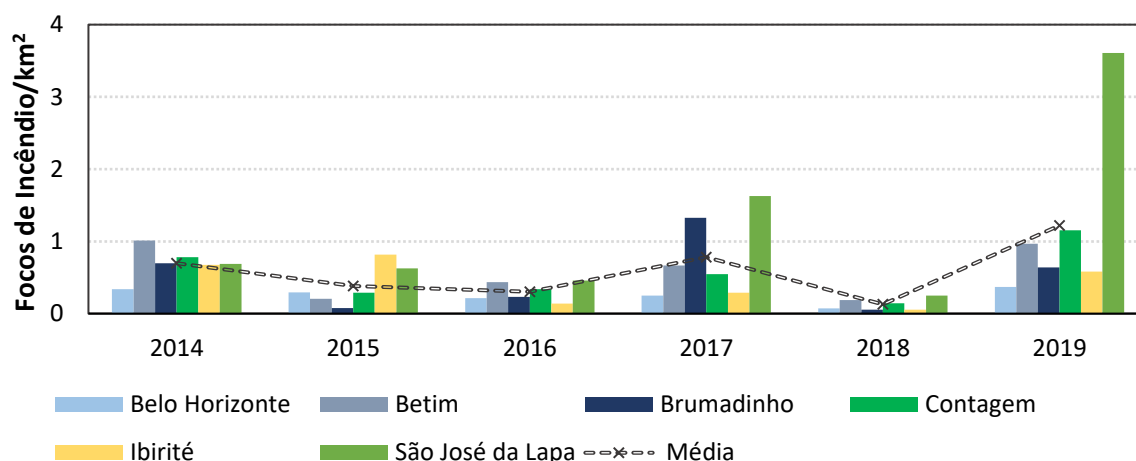


Figura 15: Focos de incêndio na RMBH.

Fonte: INPE, 2024.

Observa-se pela Figura 15 que a quantidade de focos de incêndio cresceu em todos os municípios em 2019, em relação ao ano de 2018, em especial, em São José da Lapa, passando de 0,25 para 3,61 focos/km². Além disso, esse município, junto com Contagem e Belo Horizonte, apresentou em 2019 as maiores densidades de incêndios de todo o período analisado.

Com relação às fontes industriais, por meio de 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), foi quantificado o número de empreendimentos licenciados na RMBH. A partir de 2018, essa camada considerou os empreendimentos Classes 1 a 6 com licenças ambientais deferidas; no período anterior a esse ano foram consideradas apenas os empreendimentos das classes 3 a 6 (SEMAD, 2018).

A Figura 16 apresenta a evolução dos empreendimentos licenciados na RMBH no período de 2014 a 2019, considerando para cada ano os empreendimentos em funcionamento. Foram destacados os empreendimentos das classes 1 e 2, que passaram a ser contabilizados na camada do IDE a partir de 2018.



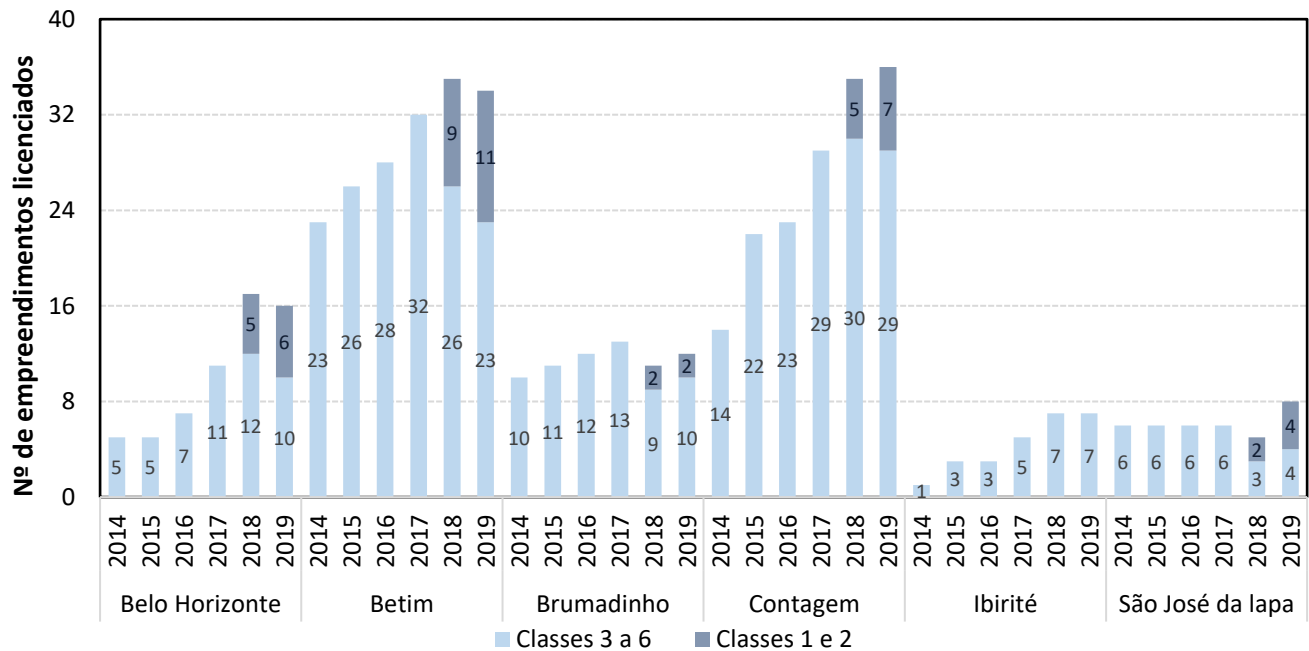


Figura 16: Empreendimentos licenciados na RMBH de 2014 a 2019.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

Conforme mostra a Figura 16, Betim e Contagem são os municípios que apresentam a maior quantidade de empreendimentos licenciados, com 34 e 36 empreendimentos licenciados no ano de 2019, respectivamente. Em seguida, Belo Horizonte tendo 16 e Brumadinho com 12 empreendimentos. Os municípios de Ibirité e São José da Lapa são os que possuem a menor quantidade de empreendimentos licenciados, no entanto, enquanto São José da Lapa apresentou pouca variação na quantidade de empreendimentos, de 6 a 8 empreendimentos no período considerado, Ibirité apresentou um aumento considerável na quantidade de empreendimentos, aumentando de 1 para 7 de 2014 a 2019.

Com relação à tipologia industrial, segundo a Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, os empreendimentos e atividades eram identificados e agrupados conforme a Tabela 10.

Dessa forma, a Tabela 11 apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2019, de acordo com a listagem de atividades da DN COPAM nº 217/2017, considerando as informações disponíveis no IDE.



Tabela 10: Relação entre as listagens e tipologias industriais.

Listagem	Atividade
Listagem A	Atividades Minerárias
Listagem B	Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras
Listagem C	Atividades Industriais / Indústria Química e Outras
Listagem D	Atividades Industriais / Indústria Alimentícia
Listagem E	Atividades de Infraestrutura
Listagem F	Gerenciamento de Resíduos e Serviços
Listagem G	Atividades Agrossilvipastoris

Fonte: IDE-SISEMA, 2024.

Tabela 11: Listagem dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.

Listagens	Belo Horizonte	Betim	Brumadinho	Contagem	Ibirité	São José da Lapa
Listagem A	-	1	8	-	-	3
Listagem B	4	7	-	14	1	-
Listagem C	1	3	-	5	-	3
Listagem D	-	-	-	4	1	1
Listagem E	4	4	3	3	1	-
Listagem F	7	19	1	9	4	1
Listagem G	-	-	-	1	-	-
Total	16	34	12	36	7	8

Fonte: IDE-SISEMA, 2024.

A atividade de mineração tem maior destaque em Brumadinho e São José da Lapa, sendo que também há predominância da indústria química neste último. Já a atividade metalúrgica é relevante em Contagem, o que sugere a existência potencial de fontes fixas de emissão. Em contrapartida, em Betim, Belo Horizonte e em Ibirité tem destaque a atividade de gerenciamento de resíduos e serviços, induzindo à uma predominância de emissões por fontes áreas (difusas) e veiculares.

5.1.2 PTS na RMBH

Na RMBH, o município de Brumadinho era o único que possuía monitoramento das partículas totais em suspensão em 2019. A Figura 17 apresenta os valores máximos das médias de 24h (curta exposição) de concentração de PTS obtidas nas 3 estações de Brumadinho. Não houve ultrapassagem do padrão diário definido na Resolução CONAMA nº491/2018, de 240 µg/m³.



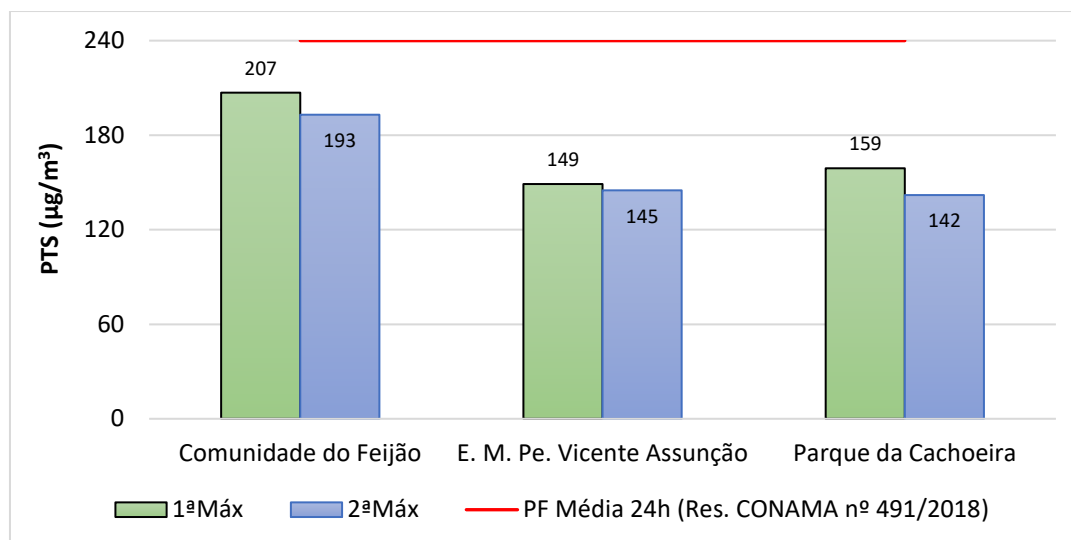


Figura 17: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.

Ainda de acordo com a Figura 17, as máximas foram obtidas nos meses de agosto e setembro, mais precisamente, nos dias 13/09 e 20/09/2019 na estação Comunidade do Feijão; nos dias 19/08 e 11/09/2019 na estação Escola Municipal Padre Vicente Assunção e nos dias 13/08 e 12/09/2019 na estação Parque da Cachoeira. Entretanto, as estações da Escola Municipal Padre Vicente Assunção e Parque da Cachoeira começaram a operar efetivamente apenas no último quadrimestre de 2019. Com relação à média geométrica anual, elas ficaram abaixo do padrão de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ conforme mostra a Figura 18, porém, nenhuma delas foi representativa.

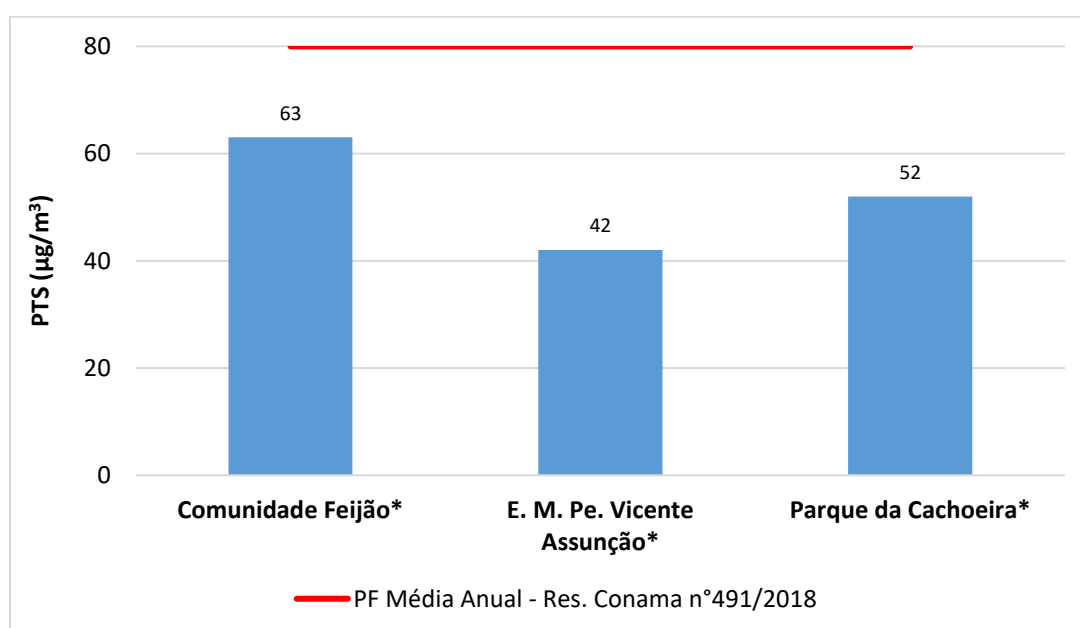


Figura 18: Concentrações médias anuais de PTS em Brumadinho.



A evolução das médias anuais de PTS em Brumadinho é mostrada na Figura 19. Na estação Comunidade do Feijão houve uma redução de 2015 a 2018, já em 2019 foi visto um aumento significativo, porém, com a média não representativa. Conforme já informado, as demais estações começaram a operar em 2019.

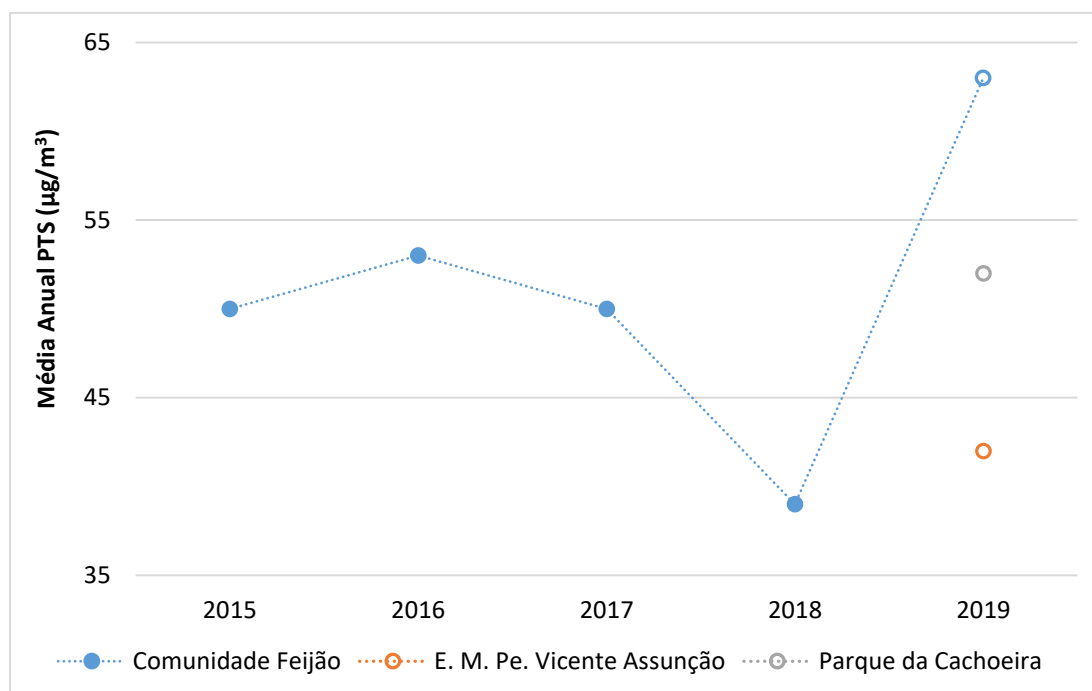


Figura 19: Evolução da média anual de PTS em Brumadinho.

5.1.3 MP₁₀ na RMBH

A Figura 20 mostra as máximas concentrações diárias das partículas inaláveis na RMBH e a comparação com o padrão de 120 µg/m³, vigente à época de acordo com Resolução CONAMA nº 491/2018. Ocorreram ultrapassagens desse padrão em 6 estações, sendo uma delas em Belo Horizonte, na estação Centro Av. Contorno, outra em Ibirité, na estação Piratininga, e os outros 4 casos foram nas estações de São José da Lapa.



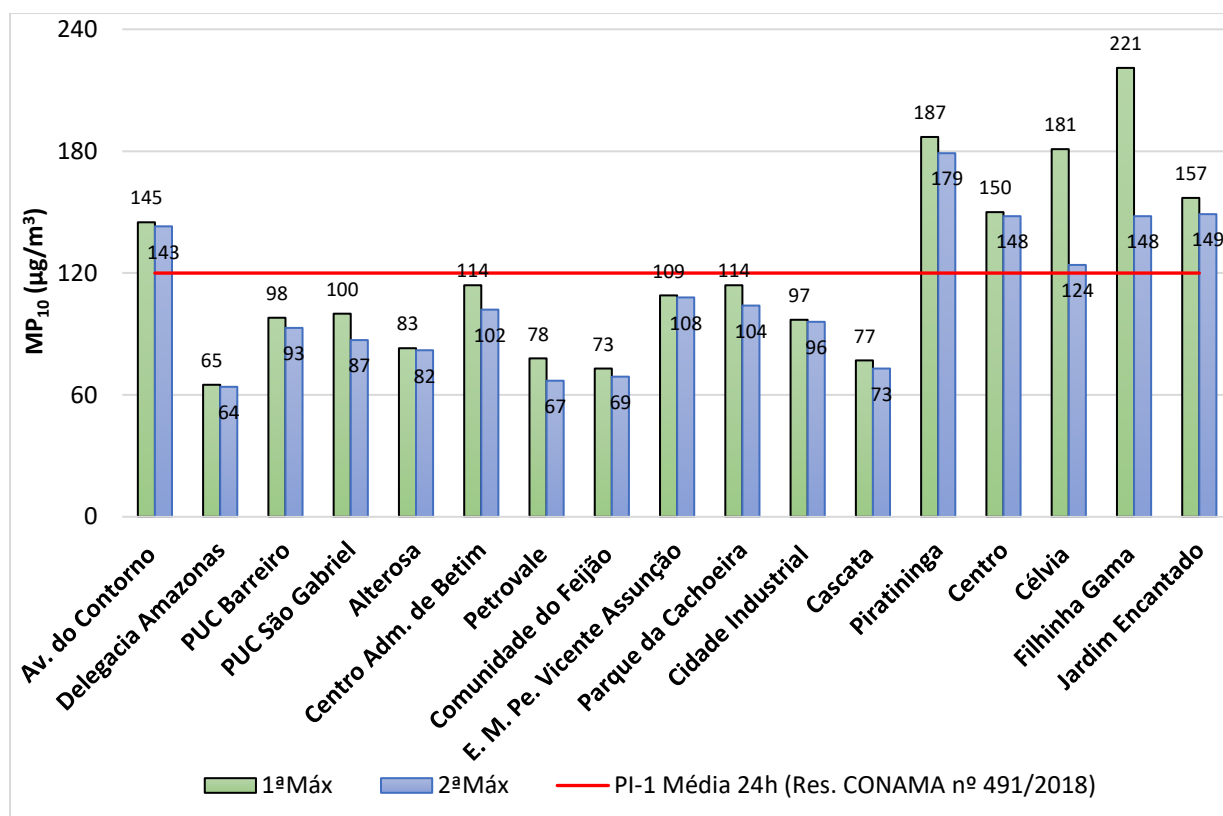


Figura 20: Concentrações máximas diárias de MP_{10} nas estações da RMBH.

As máximas médias diárias da estação Centro Av. do Contorno ocorreram nos dias 19/09 e 04/07/2019, nessa ordem. Já na estação Piratininga foram em 14/01 e 18/09/2019. Em São José da Lapa esses dias foram, na estação Centro em 13/09 e 15/09/2019; na estação Célvia em 17/06 e 19/10/2019; na estação Filhinha Gama em 16/07 e 18/10/2019 e na estação Jardim Encantado em 18 e 19/10/2019.

Na Tabela 12 pode ser visualizada a distribuição do IQAr do MP_{10} obtido para a RMBH ao longo de 2019. Nela, pode ser verificada a influência das máximas diárias citadas anteriormente no cálculo do índice, com as estações Piratininga, Célvia, Filhinha Gama e Jardim Encantado chegando a apresentar a classe “Muito Ruim”, devido às concentrações acima de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Já a faixa da classe “Ruim”, que vai de 100 a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, teve ocorrência observada em 10 estações da RMBH. Por outro lado, a qualidade “Boa” teve destaque em quase todas as estações da rede, com exceção da estação Cidade Industrial, em Contagem, e as Estações Centro, Filhinha Gama e Jardim Encantado, ambas instaladas em São José da Lapa.



Tabela 12: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
Av. do Contorno	85,5%	9,9%	1,9%	-	2,7%
Delegacia Amazonas	77,0%	2,2%	-	-	20,8%
PUC Barreiro	70,1%	9,6%	-	-	20,3%
PUC São Gabriel	66,8%	5,2%	0,3%	-	27,7%
Alterosa	77,5%	12,9%	--	-	9,6%
Centro Adm. de Betim	80,5%	15,6%	0,5%	-	3,3%
Petrovale	84,7%	3,8%	-	-	11,5%
Comunidade do Feijão	66,3%	6,8%	-	-	26,8%
E. M. Pe. Vicente Assunção	26,8%	9,9%	1,1%	-	62,2%
Parque da Cachoeira	23,3%	10,1%	1,1%	-	65,5%
Cidade Industrial	59,5%	18,9%	-	-	21,6%
Cascata	90,4%	6,8%	-	-	2,7%
Piratininga	74,2%	16,4%	2,7%	0,5%	6,0%
Centro	15,1%	58,1%	9,0%	-	17,8%
Célvia	88,8%	6,8%	0,3%	0,3%	3,8%
Filhinha Gama	22,7%	22,5%	2,7%	0,3%	51,8%
Jardim Encantado	55,9%	32,1%	4,4%	0,3%	7,4%

Ainda conforme a Tabela 12, há de se destacar a quantidade de dados omissos verificados na estação Delegacia Amazonas, de 20,8%; na PUC Barreiro, de 20,3%; na Comunidade do Feijão, de 26,8%; na Cidade Industrial, de 21,6%; e de forma mais preocupante, na Estação Filhinha Gama, alcançando 51,8% de dados omissos em 2019. As estações PUC São Gabriel, E. M. Pe. Vicente Assunção e Parque da Cachoeira começaram a operar no decorrer de 2019, sendo justificável a porcentagem de omissos nesses casos.

Diante disso, nas estações E. M. Pe. Vicente Assunção e Parque da Cachoeira a média anual de MP₁₀ não foi representativa, assim como das estações Comunidade do Feijão e Filhinha Gama, conforme mostra a Figura 21. Além disso, percebe-se que o padrão anual, de 40 µg/m³, determinado pela Resolução CONAMA n° 491/2018, foi superado em 5 estações, sendo elas a estação Parque da Cachoeira, em Brumadinho, a estação Cidade Industrial, em Contagem, e as estações Centro, Filhinha Gama e Jardim Encantado, todas em São José da Lapa, que se destacaram pelos maiores valores encontrados, de 70, 58 e 52 µg/m³, respectivamente.



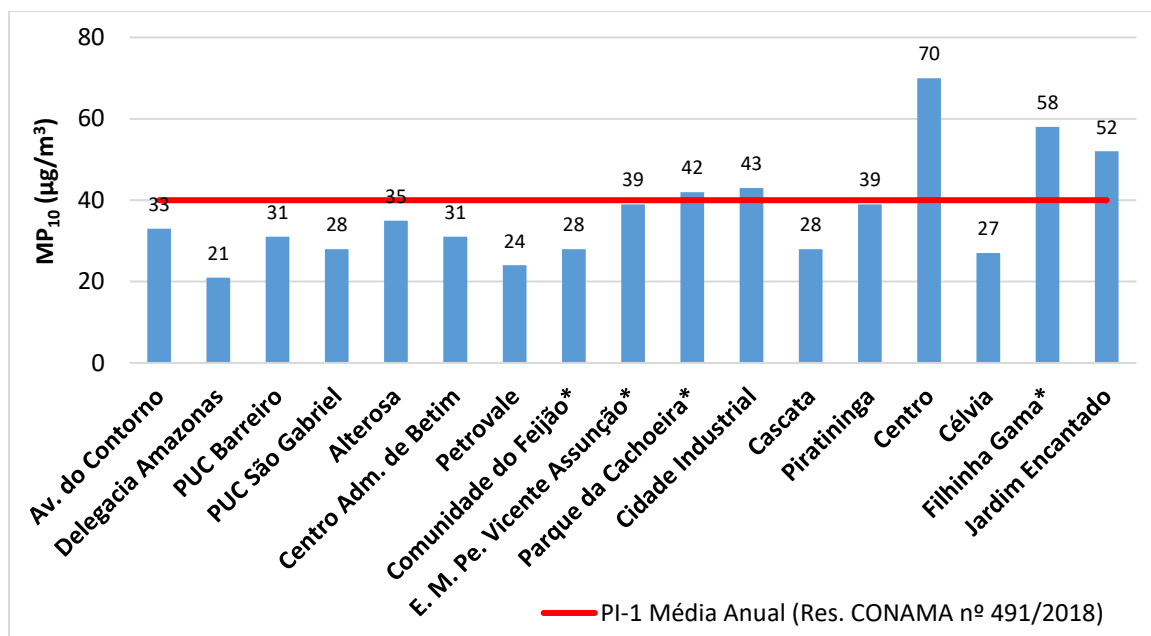


Figura 21: Concentrações médias anuais de MP₁₀ na RMBH.

*Não Representativo.

A evolução das médias anuais de MP₁₀ na RMBH a partir do ano de 2015 é dada na Figura 22. Verifica-se que as estações de São José da Lapa tiveram os maiores valores, com destaque para a Estação Centro. Em contrapartida, as estações de Belo Horizonte não chegaram a alcançar valores superiores a 33 µg/m³ e as estações de Betim apresentaram tendência de queda no período avaliado.

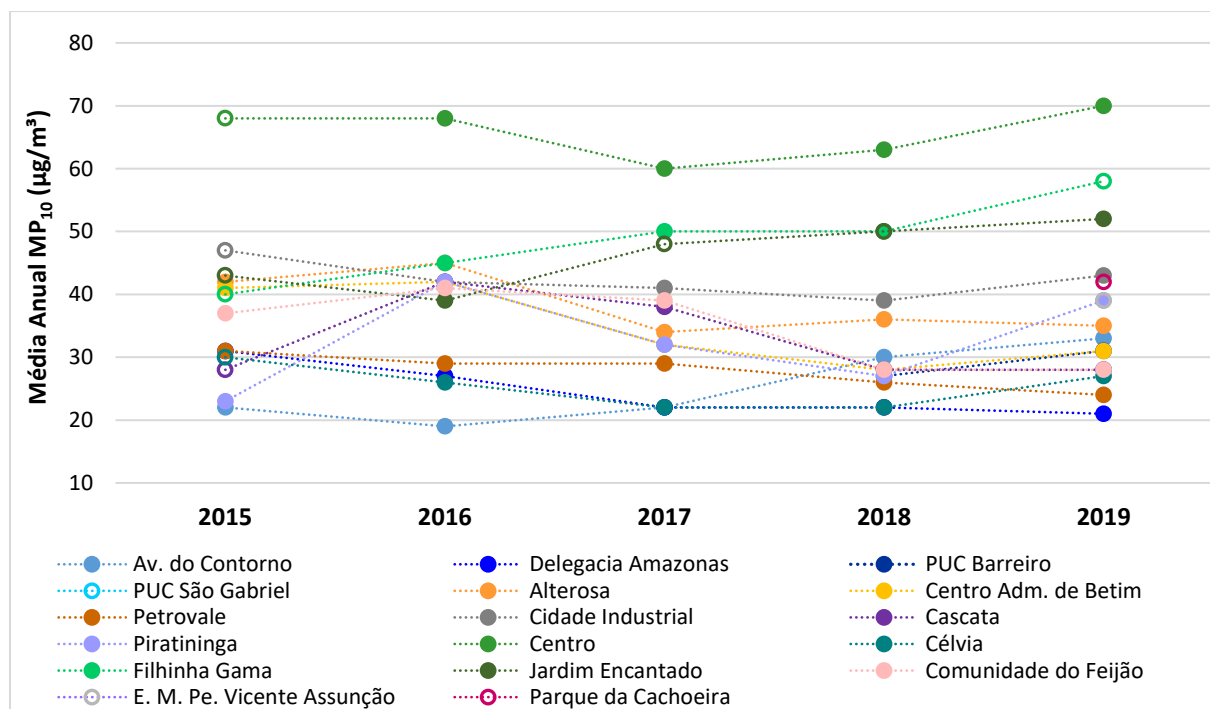


Figura 22: Evolução das médias anuais de MP₁₀ na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.1.4 MP_{2,5} na RMBH

A Figura 23 exibe as máximas concentrações diárias das partículas respiráveis na RMBH. O padrão da Resolução CONAMA n°491/2018, de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, foi superado em 7 estações, sendo uma delas em Belo Horizonte (PUC São Gabriel), 2 em Betim (Alterosa e C. Adm. Betim) e as restantes em São José da Lapa. Na estação Célvia o valor máximo atingiu 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, no dia 17/06/2019, ou seja, quase 300% do padrão estabelecido. Nas demais estações de São José da Lapa todas as máximas concentrações ocorreram nos dias 18 e 19/10/2019, dias também determinantes das máximas vistas de MP₁₀ no município.

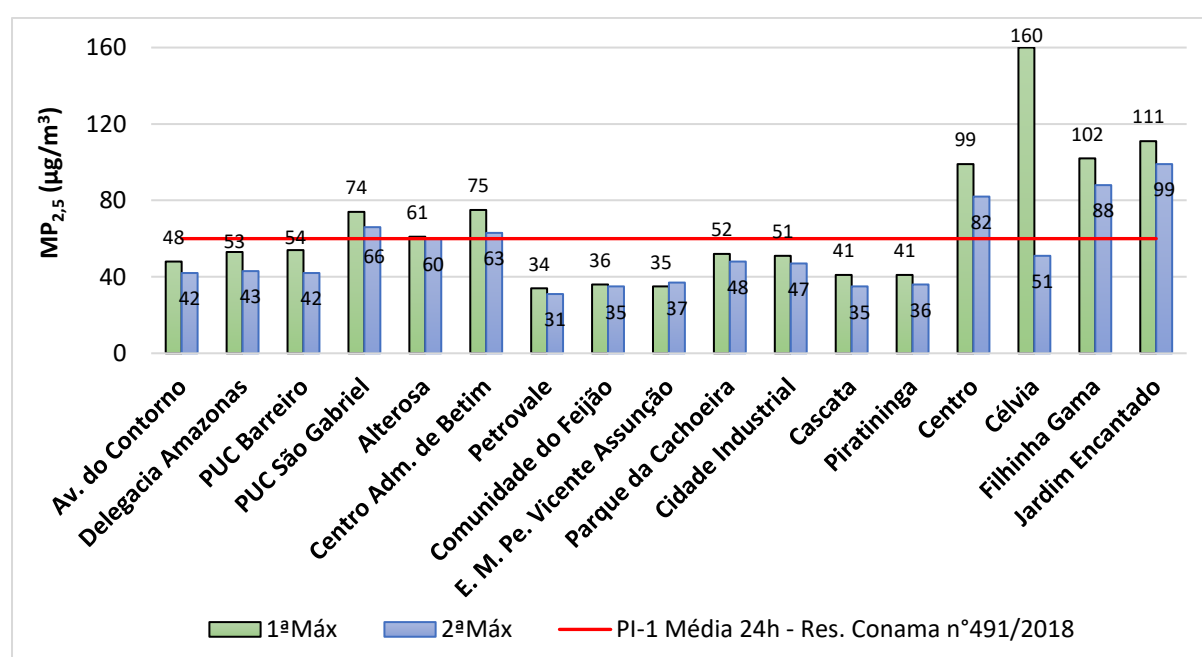


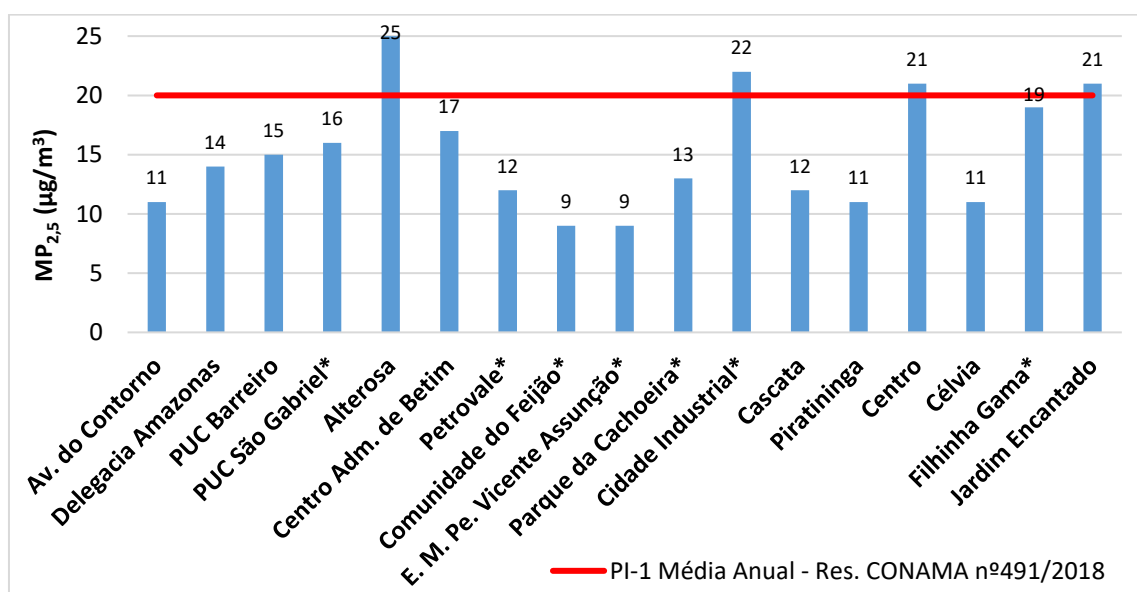
Figura 23: Concentrações máximas diárias de MP_{2,5} nas estações da RMBH.

Analisando a distribuição do IQAr do MP_{2,5} ao longo de 2019, Tabela 13, entende-se que o máximo valor visto na Estação Célvia gerou uma qualidade do ar “Péssima”, caracterizado para o MP_{2,5} quando as concentrações diárias superam 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nesse sentido, a classe “Muito Ruim”, para casos nos quais a média diária fica entre 75 e 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, foi encontrada nas outras 3 estações de São José da Lapa. Porém, o número de ocorrências se elevam quando analisamos a classe “Ruim”, que vai de 50 a 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo visto em 11 estações da RMBH. Pelo lado positivo temos a predominância da qualidade do ar “Boa” para esse poluente em todas as estações da RMBH.

Tabela 13: Distribuição percentual do IQAr de MP_{2,5} na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Péssima	Omissos
Av. do Contorno	75,1%	3,3%	-	-	-	21,6%
Delegacia Amazonas	64,4%	6,8%	0,3%	-	-	28,5%
PUC Barreiro	67,9%	7,9%	0,3%	-	-	23,8%
PUC São Gabriel	60,8%	3,6%	1,1%	-	-	34,5%
Alterosa	57,3%	28,8%	4,1%	-	-	9,9%
Centro Adm. de Betim	76,2%	16,2%	1,4%	-	-	6,3%
Petrovale	57,5%	3,0%	-	-	-	39,5%
Comunidade do Feijão	34,0%	1,9%	-	-	-	64,1%
E. M. Pe. Vicente Assunção	20,3%	0,5%	-	-	-	79,2%
Parque da Cachoeira	30,7%	4,7%	0,3%	-	-	64,4%
Cidade Industrial	52,9%	15,3%	0,3%	-	-	31,5%
Cascata	93,4%	4,9%	-	-	-	1,6%
Piratiniga	88,2%	3,6%	-	-	-	8,2%
Centro	64,7%	13,7%	1,9%	0,5%	-	19,2%
Célvia	88,2%	2,5%	0,3%	-	0,3%	8,8%
Filhinha Gama	43,0%	4,7%	1,4%	0,5%	-	50,4%
Jardim Encantado	74,5%	12,1%	1,9%	0,5%	-	11,0%

Partindo para a análise do comportamento anual do MP_{2,5} temos que, pela Figura 24, 4 estações superaram o padrão de 20 µg/m³, sendo elas, a estação Alterosa, em Betim; a estação Cidade Industrial, em Contagem; e as estações Centro e Jardim Encantado, em São José da Lapa. Destaca-se que o maior valor foi obtido em Betim, de 25 µg/m³, justificável haja vista ter sido a estação que apresentou a maior quantidade de classe “Ruim” e “Moderada”, de 4,11% e 28,77%, respectivamente.

**Figura 24:** Concentrações Médias Anuais de MP_{2,5} na RMBH.

*Não Representativo.



A Figura 25 apresenta a variação das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMBH, de 2015 a 2019. Percebe-se que o ano de 2019 apresentou elevação dos valores para a maioria das estações da RMBH, que pode estar relacionada às condições desfavoráveis da meteorologia observadas em 2019, conforme análise apresentada no item 4 deste relatório.

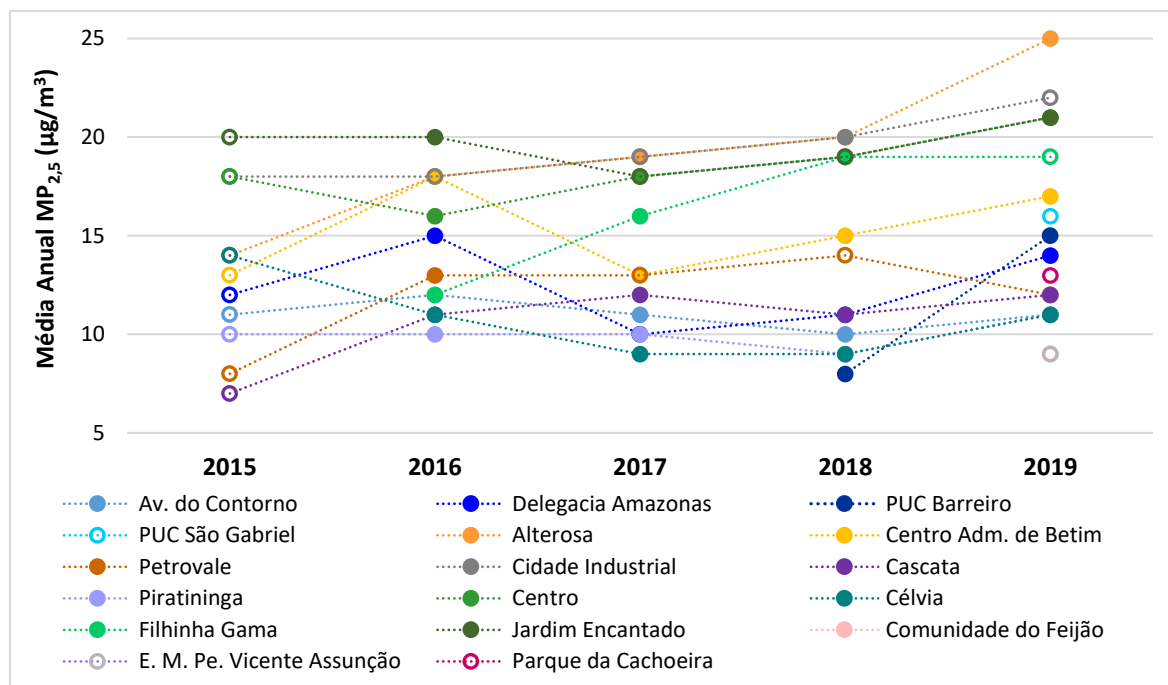


Figura 25: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.1.5 SO₂ na RMBH

As médias diárias de SO_2 monitoradas na RMBH em 2019 são mostradas na Figura 26, na qual evidencia que não houve concentrações acima do padrão, de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Os maiores valores foram de 63 e $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorridos nas estações Cascata e Petrovale, respectivamente. Em Petrovale o valor foi obtido no dia 08/08/2019 enquanto que em Cascata ocorreu no dia 03/01/2019.

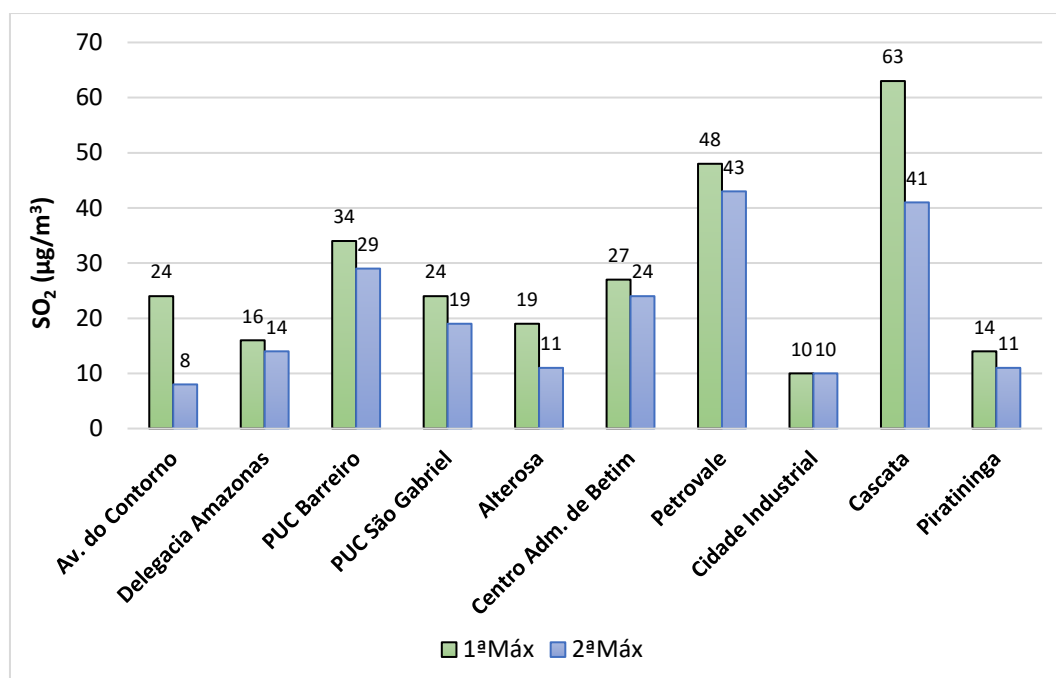


Figura 26: Concentrações máximas diárias de SO₂ na RMBH.

A distribuição percentual do IQAr do dióxido de enxofre é disposta na Tabela 14, na qual verifica-se a predominância da classe “Boa” para todas as estações. Em função disso, foram encontradas baixas concentrações de médias anuais, muito menores que o padrão anual vigente à época (40 µg/m³), conforme visto na Figura 27. Ressalta-se, porém, que as estações Cidade Industrial, Delegacia Amazonas e PUC São Gabriel tiveram alta quantidade de dados omissos, de 84,4%; 58,6% e 34,5%, respectivamente.

Tabela 14: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Av. do Contorno	96,2%	0,3%	-	3,6%
Delegacia Amazonas	41,4%	-	-	58,6%
PUC Barreiro	85,2%	4,7%	-	10,1%
PUC São Gabriel	60,8%	3,6%	1,1%	34,5%
Alterosa	89,0%	-	-	11,0%
Centro Adm. de Betim	93,2%	0,8%	-	6,0%
Petrovale	82,2%	9,9%	1,1%	6,8%
Cidade Industrial	15,6%	-	-	84,4%
Cascata	95,9%	0,5%	0,30%	3,3%
Piratininga	94,8%	-	-	5,2%



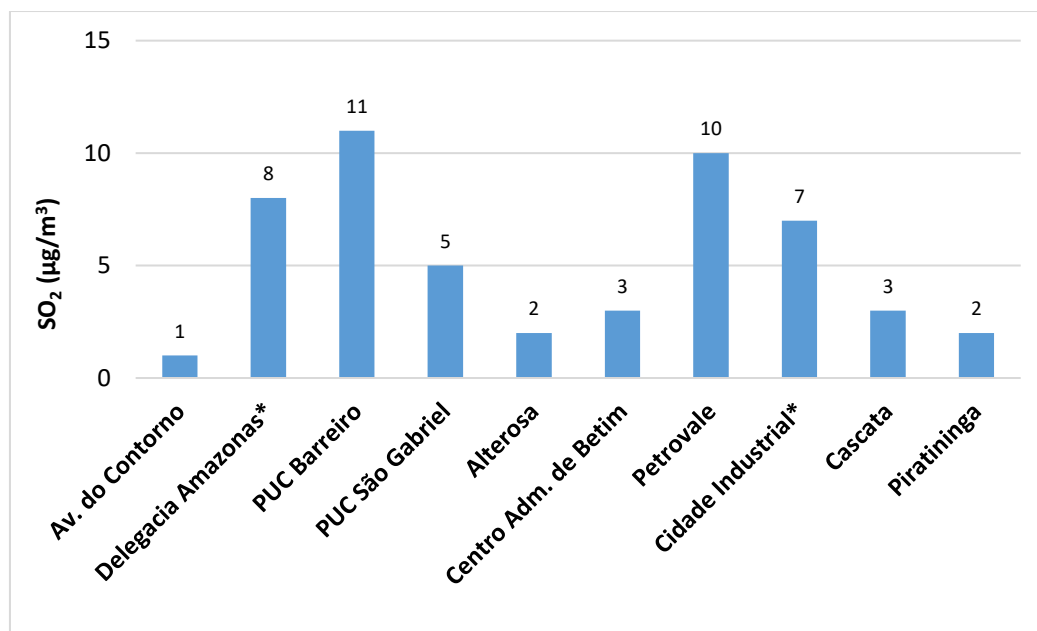


Figura 27: Concentrações médias anuais de SO₂ na RMBH.

*Não Representativo.

Na Figura 28 é apresentada a evolução das concentrações médias anuais de SO₂ na RMBH, de 2015 a 2019. Percebe-se que algumas das estações apresentaram comportamento similar em todo período, com reduzidas concentrações, abaixo de 5 µg/m³, ocorrido nas estações Avenida do Contorno, Alterosa, Centro Adm. Betim, Cascata e Piratininga. Entretanto, a estação Petrovale, após um período de queda nos valores de 2015 a 2018, registrou o maior valor na estação em 2019, chegando a 10 µg/m³. Ainda assim, os valores registrados em todo o período não superaram o padrão anual, que é de 40 µg/m³.

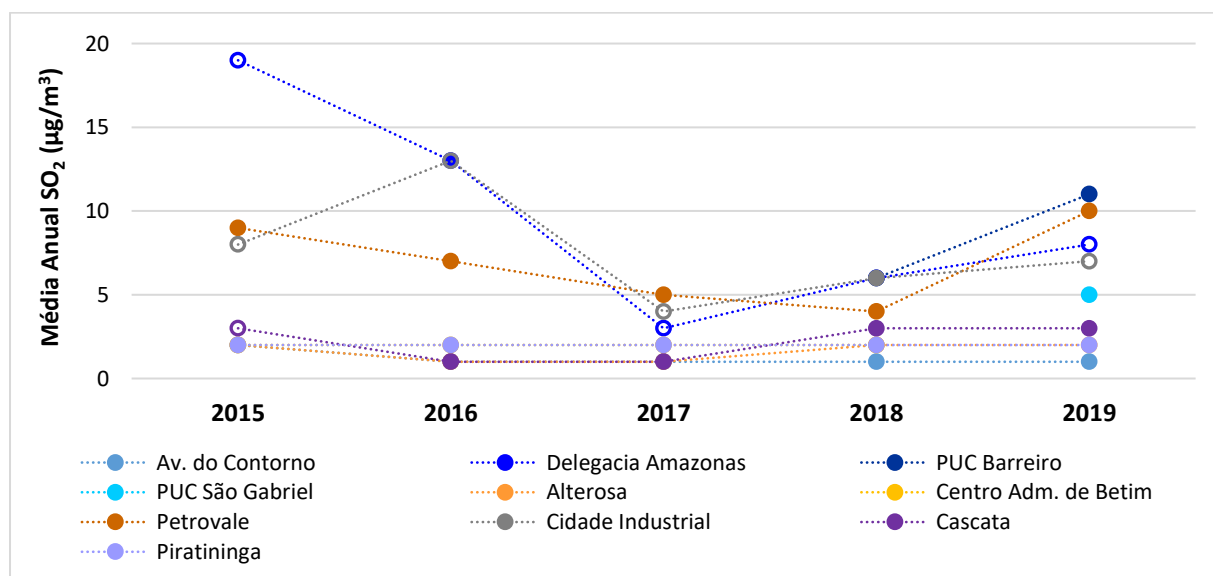


Figura 28: Evolução das médias anuais de SO₂ na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas

5.1.6 NO_2 na RMBH

A Figura 29 apresenta as máximas horárias de dióxido de nitrogênio obtidas na RMBH. Por duas vezes o padrão de qualidade do ar foi superado, ambas na estação Petrovale, que ocorreram nos dias 19/08/2019 às 20:30 e às 18:30 do dia seguinte, 20/08/2019, o que acarretou na classe “Ruim” para o IQAr desse poluente nesses dias, conforme mostra a Tabela 15. Nas demais estações não foram verificadas classes diferentes da “Boa”, com todos os valores abaixo do padrão de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

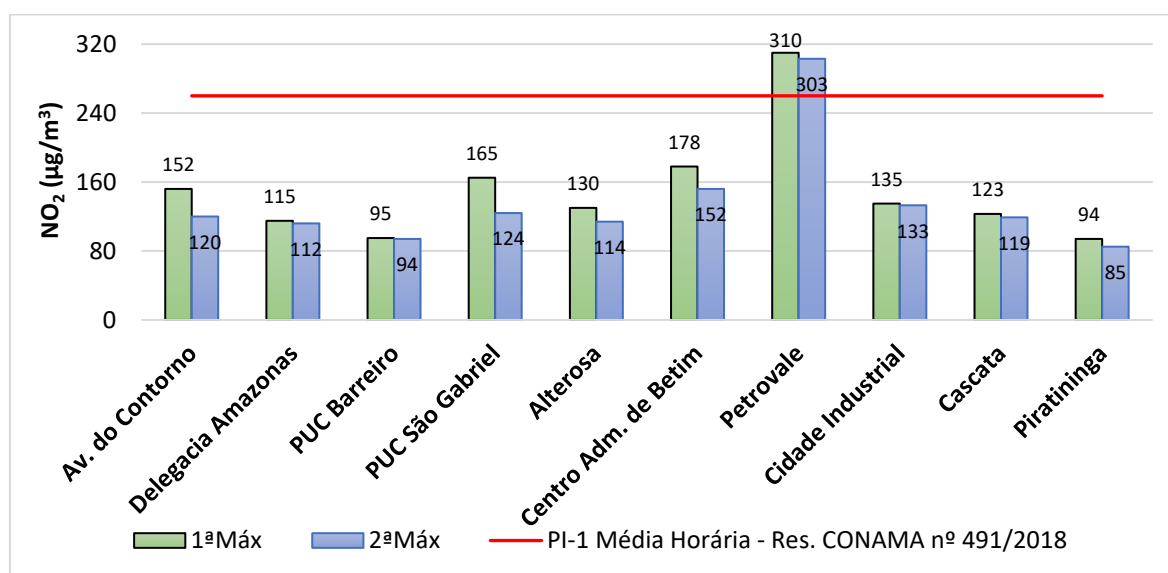


Figura 29: Concentrações máximas horárias de NO_2 nas estações da RMBH.

Tabela 15: Distribuição percentual do IQAr de NO_2 na RMBH.

Estação	Boa	Ruim	Omissos
Av. do Contorno	97,0%	-	3,0%
Delegacia Amazonas	97,5%	-	2,5%
PUC Barreiro	100,0%	-	-
PUC São Gabriel	98,6%	-	1,4%
Alterosa	89,6%	-	10,4%
Centro Adm. de Betim	97,3%	-	2,7%
Petrovale	97,0%	0,5%	2,5%
Cidade Industrial	49,6%	-	50,4%
Cascata	99,2%	-	0,8%
Piratiniga	98,1%	-	1,9%

Ainda conforme mostrado na Tabela 15, a estação Cidade Industrial obteve uma quantidade de omissos de 50,4%, seguida por 10,4% na estação Alterosa. Em contrapartida, na estação PUC Barreiro foram obtidos 100% de dados de NO_2 válidos,



todos com classe “Boa”. Todos esses fatos levaram à obtenção de médias anuais abaixo do padrão anual do NO_2 , de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme ilustra a Figura 30.

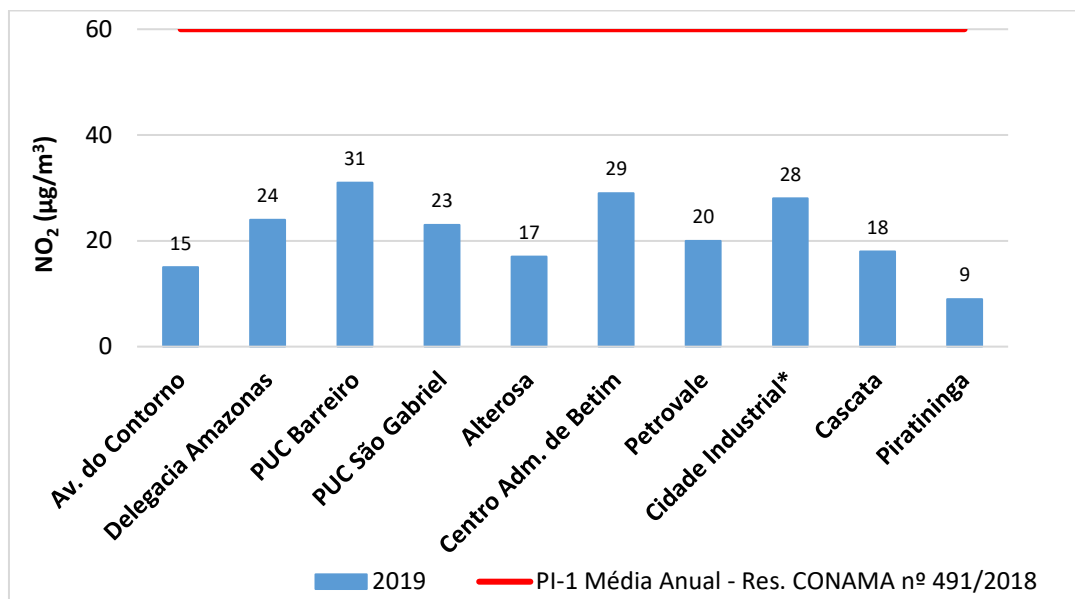


Figura 30: Concentrações médias anuais de NO_2 na RMBH.

*Não Representativo

A evolução das médias anuais de NO_2 na RMBH é dada na Figura 31. Nela, visualiza-se que após um período de redução de valores, de 2015 a 2018, houve um aumento em 2019, principalmente nas estações do Centro Adm. de Betim e Petrovale. Uma exceção desse caso foi a estação Av. do Contorno, que apresentou elevação em 2018 e posterior redução em 2019.

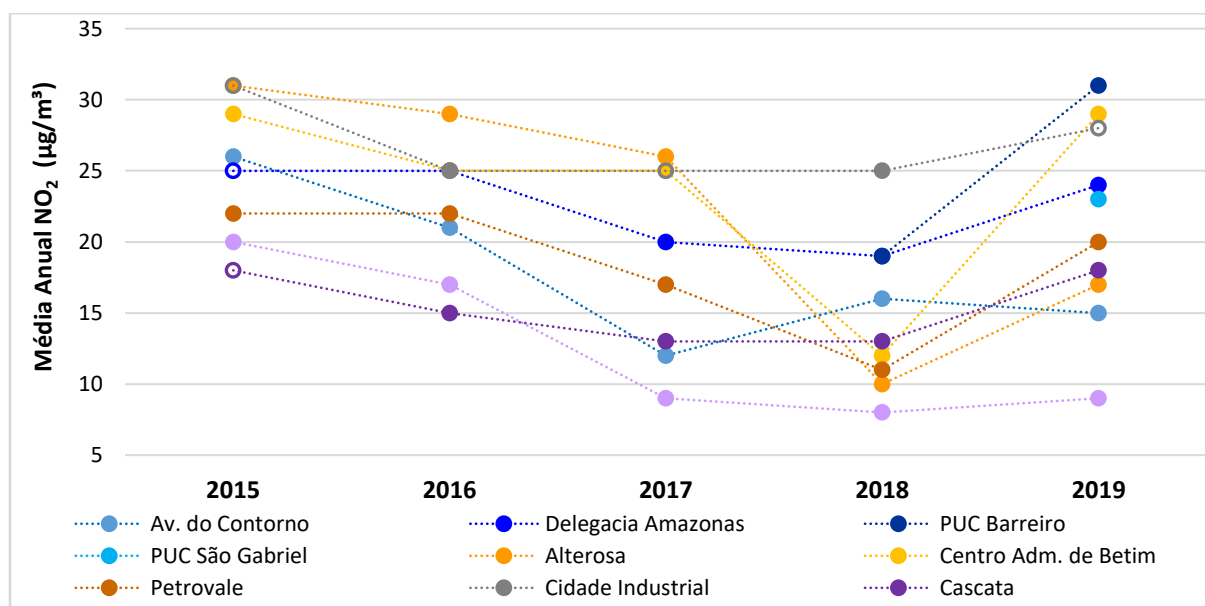


Figura 31: Evolução das médias anuais de NO_2 na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.1.7 CO na RMBH

As máximas médias de 8 horas de monóxido de carbono obtidas na RMBH são apresentadas na Figura 32, na qual pode ser observado que o padrão de 9 ppm não foi ultrapassado em nenhuma das estações.

Os maiores valores foram vistos na estação Centro Adm. Betim, de 5,4 e 4,9 ppm, que foram obtidas nos dias 11/09 e 30/05, respectivamente. Portanto, a distribuição percentual do IQAr do CO ao longo de 2019 mostra estritamente a qualidade do ar “Boa” para esse poluente, vista na Tabela 16.

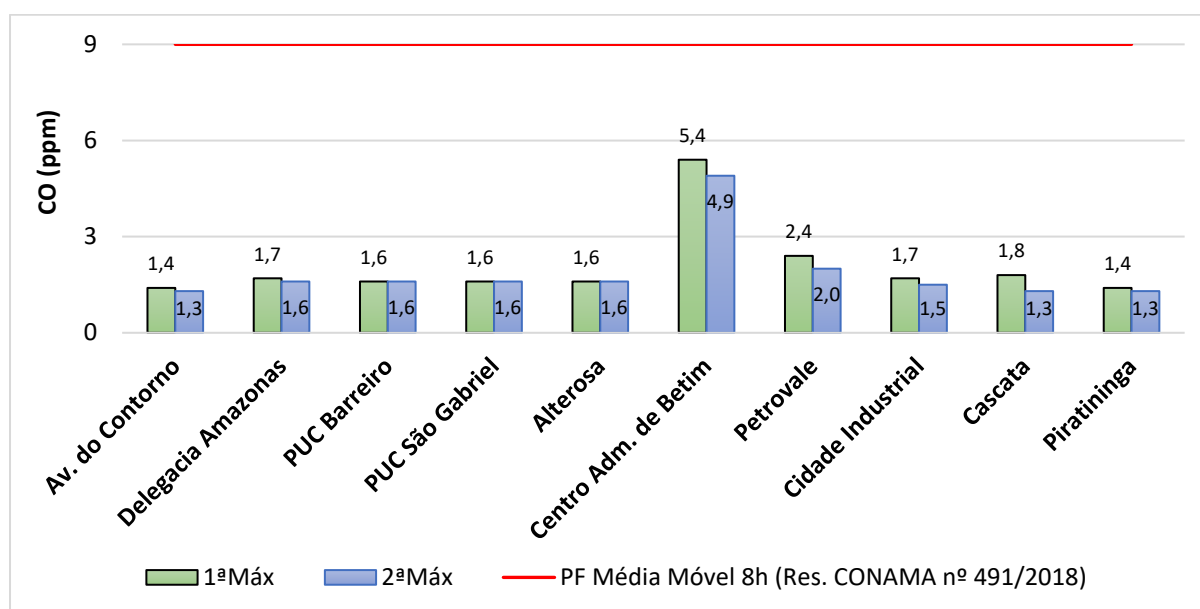


Figura 32: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.

Tabela 16: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.

Estação	Boa	Omissos
Av. do Contorno	98,4%	1,6%
Delegacia Amazonas	98,4%	1,6%
PUC Barreiro	88,8%	11,2%
PUC São Gabriel	98,1%	1,9%
Alterosa	93,1%	6,9%
Centro Adm. de Betim	99,2%	0,8%
Petrovale	93,4%	6,6%
Cidade Industrial	66,9%	33,1%
Cascata	99,7%	0,3%
Piratininga	99,7%	0,3%



5.1.8 O_3 na RMBH

A Figura 33 mostra as máximas médias móveis de 8 horas de ozônio obtidas nas estações da RMBH, em comparação com o padrão de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido na Resolução CONAMA nº 491/2018. Seis estações tiveram valores acima desse padrão, sendo que apenas a estação Cascata apresentou máximas inferiores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tiveram destaque as estações de Belo Horizonte: PUC Barreiro, Delegacia Amazonas e PUC São Gabriel, com os maiores valores.

As máximas na estação PUC Barreiro ocorreram nos dias 18 e 19/08/2019, enquanto na estação Delegacia Amazonas foram em 08/01 e 24/03/2019. Na estação PUC São Gabriel essas ocorrências foram em 18 e 19/10/2019. Portanto, não foi percebida uma relação direta entre as máximas obtidas nestas estações.

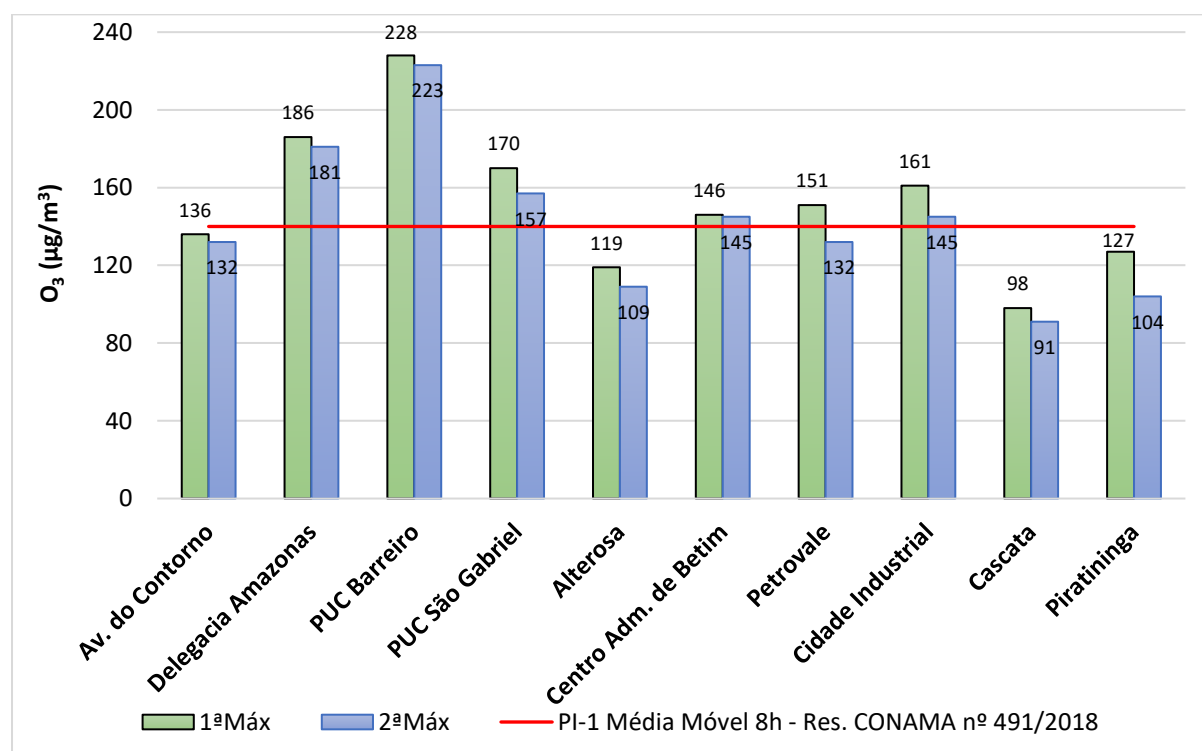


Figura 33: Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 na RMBH.

A distribuição percentual do IQAr do O_3 na RMBH, mostrada na Tabela 17, evidencia ainda mais as ultrapassagens ocorridas ao longo de 2019 na região. Na estação PUC Barreiro foi obtido IQAr com classe “Péssima”, oriundo do valor máximo de $228 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A classe “Muito Ruim” foi obtida nas estações que ultrapassaram o valor de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo elas, além das 3 já citadas de Belo Horizonte, a estação Cidade Industrial, em Contagem.



Em contrapartida destaca-se positivamente as estações Alterosa, Cascata e Piratininga, esta última com 99,2% de classe “Boa”. As estações Alterosa e Cascata apresentaram prevalentemente a classe “Boa” para o ozônio em 2019, mesmo que a primeira tenha tido 10,4% de dados omissos.

Tabela 17: Distribuição percentual do IQAr de O₃ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Péssima	Omissos
Av. do Contorno	94,8%	3,6%	0,5%	-	-	1,1%
Delegacia Amazonas	32,3%	6,8%	1,4%	0,5%	-	58,9%
PUC Barreiro	64,4%	21,1%	7,7%	1,6%	0,5%	4,7%
PUC São Gabriel	87,7%	10,4%	1,6%	0,3%	-	0,0%
Alterosa	89,6%	-	-	-	-	10,4%
Centro Adm. de Betim	89,3%	6,8%	1,4%	-	-	2,5%
Petrovale	87,9%	4,1%	0,5%	-	-	7,4%
Cidade Industrial	58,6%	13,4%	1,6%	0,3%	-	26,0%
Cascata	99,5%	-	-	-	-	0,5%
Piratininga	99,2%	0,5%	-	-	-	0,3%

5.2 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, conforme instituído pela Lei Complementar nº 90 de 2006.

O processo de ocupação e urbanização desta região está ligado a construção da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM). A EFVM teve sua construção iniciada em 1903. O traçado original propunha a ligação de Diamantina à Vitória como meio de escoamento do café produzido no norte de Minas Gerais. Entretanto, seu traçado foi modificado para incorporar áreas do Quadrilátero Ferrífero próximos à Itabira, passando a acompanhar os leitos dos rios Piracicaba e Doce e o principal produto a ser transportado passou a ser o minério de ferro (SAMPAIO, 2008; VASCONCELLOS, 2014). A ferrovia contribuiu para o surgimento de vários núcleos populacionais, criou condições de comércio em áreas urbanas e possibilitou o escoamento rápido de produtos entre vários centros comerciais (BARBOSA, 2010; VASCONCELLOS, 2014).



Outros períodos de crescimento da região, nos aspectos econômico e populacional, foram ocasionados com a chegada das siderúrgicas Companhia Belgo-Mineira em João Monlevade, na década de 1930, ACESITA, na década 1940 e, em fins da década de 1950, a USIMINAS (BARBOSA, 2010).

A partir de 1935 a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira passou a adquirir grandes extensões de terra no Vale do Rio Doce. Essa companhia centralizou, nessa região, um grande negócio de exploração de madeira e produção de carvão para a região do Leste Mineiro, com objetivo de alimentar os fornos da sua planta siderúrgica situada em João Monlevade (VASCONCELLOS, 2014). Em 1936, instalou um escritório para gerenciar a exploração da madeira e a produção de carvão no Calado, em Coronel Fabriciano, à época distrito do município de Antônio Dias. Calado era um pequeno arraial, localizado ao lado de uma das estações da EFVM, às margens do Rio Piracicaba (BARBOSA, 2010).

Já em 1944 ocorre a fundação da ACESITA (Companhia Aços Especiais Itabira) em Timóteo à época distrito de Antônio Dias. A nova Companhia tinha como objetivo a construção de uma usina siderúrgica para produzir aços especiais com autossuficiência em matérias-primas e energia. Em 1945, foi elaborado um projeto de urbanização para a região, dando prioridade à construção de uma vila operária, de acordo com a classe social dos empregados. A ACESITA, teve suas operações iniciadas em 1949, porém suas obras de instalação se estenderam ainda por mais 10 anos (BARBOSA, 2010; VASCONCELLOS, 2014).

Coronel Fabriciano constituiu-se no principal suporte urbano à implantação da siderúrgica e da infraestrutura urbana. Abrigou muitos imigrantes, que, sem emprego direto na siderúrgica, não tinham como fixar moradias nos bairros criados pela empresa em Timóteo, gerando então o crescimento urbano da sede do município. Ipatinga era um pequeno distrito de Coronel Fabriciano, com apenas 236 habitantes no núcleo urbano, em 1950 (BARBOSA, 2010).

Em 1956, é criada na região outra planta industrial: Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (USIMINAS), reforçando o processo de industrialização e urbanização da região, contribuindo para a ampliação da indústria de base no Brasil, ação prioritária do governo do presidente Juscelino Kubitschek, entre 1956 a 1961 (BARBOSA,



2010). A USIMINAS enfrentou dois grandes problemas operacionais no seu processo de instalação: a falta de mão de obra qualificada na região e a falta de infraestrutura local para abrigar a nova população necessária à construção e funcionamento da siderúrgica (MENDONÇA, 2006).

Diante deste cenário, como aconteceu com a ACESITA, a implantação da USIMINAS determinou a construção de outra cidade particular destinada à habitação de seus funcionários, chamada “Nova Ipatinga”, cujos bairros projetados pela empresa foram: Bairro das Águas, Bela Vista, Bom Retiro, Cariru, Castelo, Ferroviários, Ideal, Imbaúbas, Horto, Novo Cruzeiro, Usipa e Vila Ipanema (VASCONCELLOS, 2014).

A implantação das siderúrgicas - ACESITA e USIMINAS – resultaram em um forte processo de urbanização/industrialização, seguido do grande crescimento populacional e econômico, culminando com a emancipação dos dois distritos. Timóteo e Ipatinga, do município de Coronel Fabriciano em 1964.

A implantação dessas empresas acarretou consequências relevantes para a região, promovendo um crescimento populacional e um influxo imigratório. Devido a esses fatores, ocorreu um crescimento espontâneo e desigual em todo o território, resultando em impactos significativos na infraestrutura local (SILVA, 2021).

A existência destas grandes indústrias na região tem importante papel na economia local. Em 2019, a RMVA contribuiu com 2,71% do PIB do estado. Neste ano a principal atividade em Ipatinga e Coronel Fabriciano foi a categoria “Demais serviços”, enquanto em Timóteo a categoria que mais contribuiu para o PIB no município foi “Indústria de Transformação”. Destaque para Ipatinga que ocupou a oitava posição entre os *Top 10* municípios no PIB estadual, com participação de 1,8%. Por outro lado, de 2018 para 2019 houve perda 0,1 p.p de representatividade no produto agregado estadual. O município foi prejudicado pelo contexto desfavorável da metalurgia no cenário estadual. Ipatinga produz cerca de um quinto da metalurgia do estado, com importante atuação da Usiminas. Timóteo também apresentou queda de 0,2 p.p no Valor Adicionado Bruto (VAB) industrial estadual essa perda esteve associada à produção de laminados planos e longos de aço (FJP, 2022).

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.



5.2.1 Caracterização das fontes de poluição da RMVA

Com relação às fontes veiculares, na Figura 34 é destacado o avanço da frota veicular na RMVA, cujos dados de Ipatinga estão dispostos no eixo secundário.

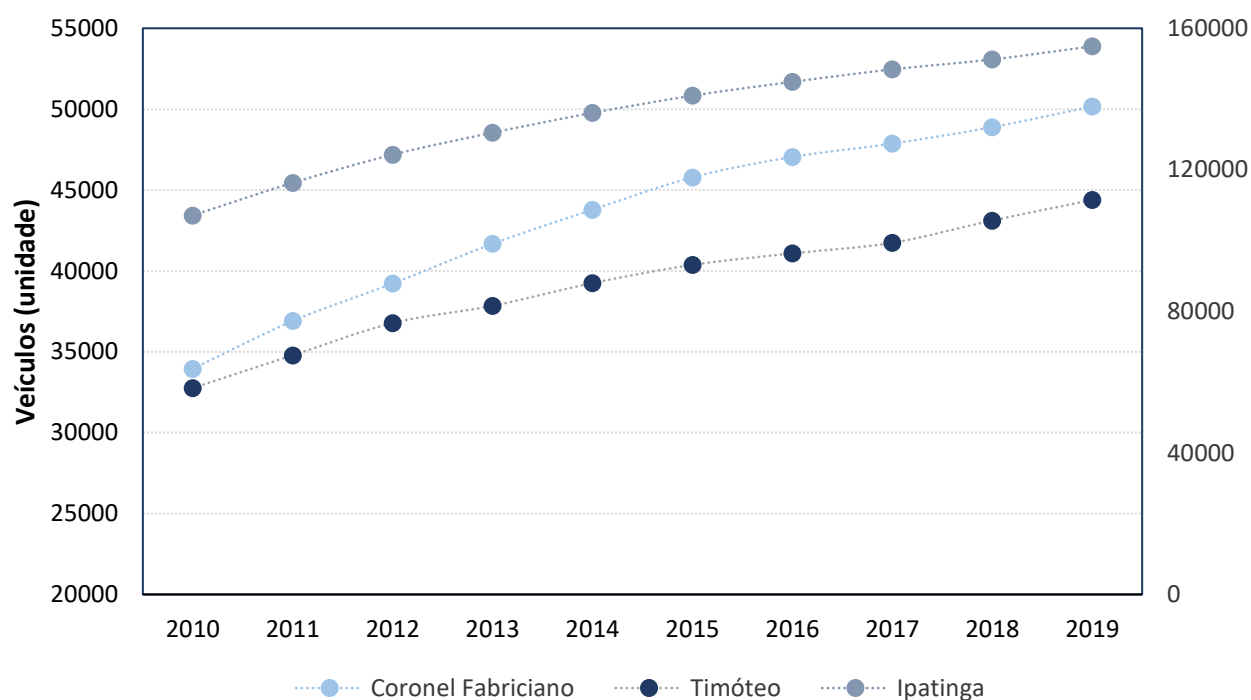


Figura 34: Crescimento da frota veicular na RMVA.

Fonte: IBGE, 2024.

O município de Ipatinga se destaca como líder em número de veículos na região do Vale do Aço, com um total de 154 mil veículos e um percentual de crescimento da frota de 44% no período de 2010 a 2019. Os demais municípios da região também apresentam crescimento na frota veicular, tendo sido observado um crescimento de 47% em Coronel Fabriciano e 35% em Timóteo.

Já a Figura 35 destaca o número de focos de incêndio por área territorial obtidos nessas cidades entre 2014 e 2019. Percebe-se que em 2019 houve um aumento significativo do número de focos de incêndio, de forma que, em todos os municípios da RMVA, a quantidade de focos registrada em 2019 foi a maior dentro do período considerado.



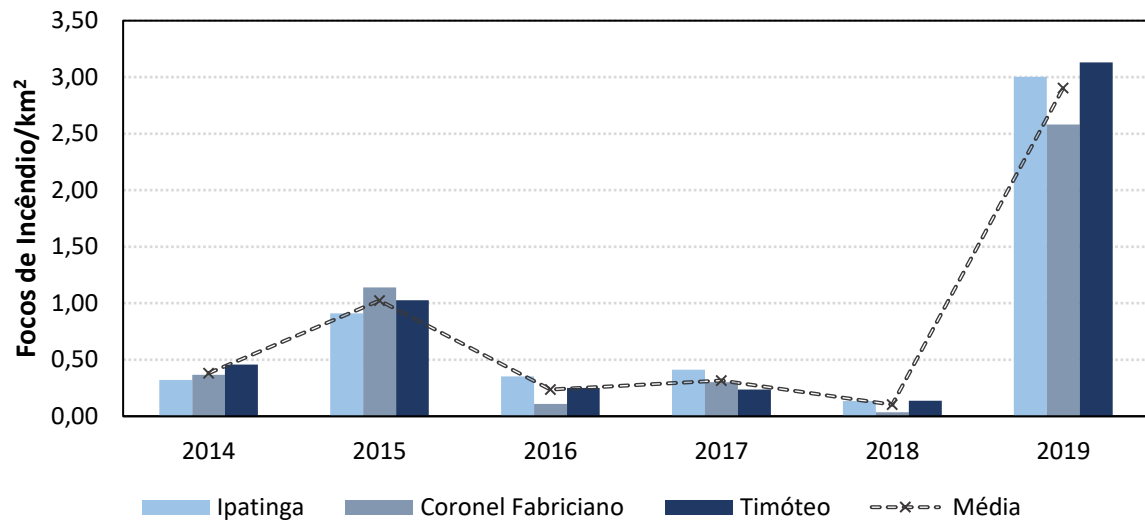


Figura 35: Focos de incêndio na RMVA.

Fonte: INPE, 2024.

A evolução dos empreendimentos licenciados na RMVA, no período de 2014 a 2019, é disposta na Figura 36. É observado que Ipatinga se destaca como sendo o município da RMVA com maior quantidade de empreendimentos licenciados. Além disso, nota-se que em 2019 houve um grande aumento na participação dos empreendimentos de classes 1 e 2 no total de empreendimentos dos municípios de Coronel Fabriciano e Timóteo.

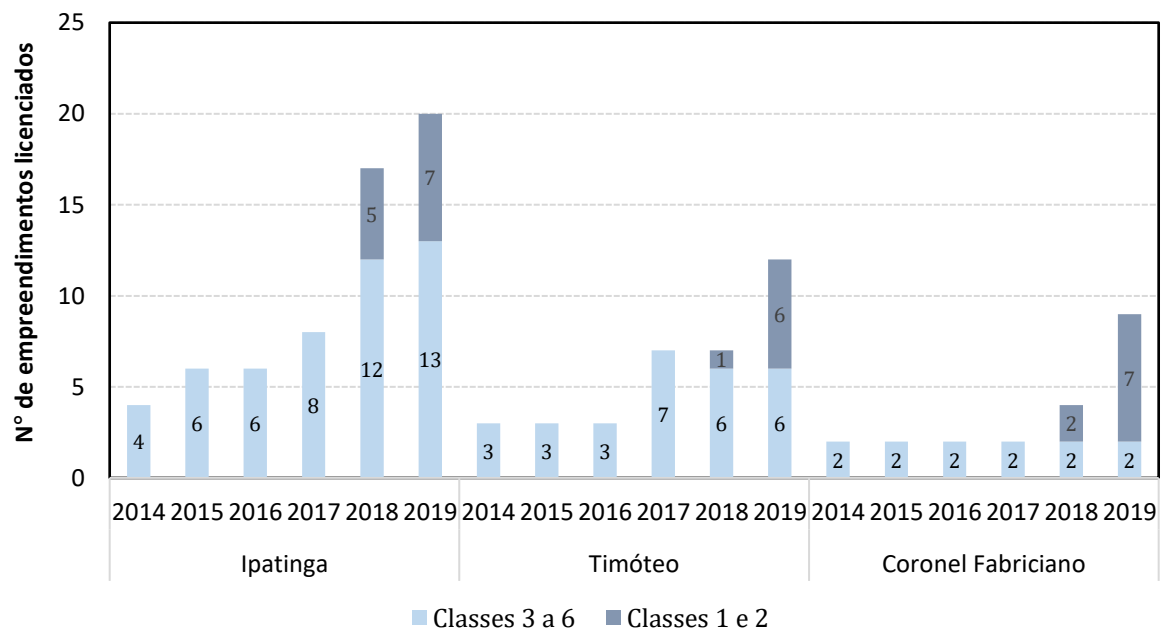


Figura 36: Empreendimentos licenciados na RMVA de 2014 a 2019.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2024.

A Tabela 18 apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2019 na RMVA, conforme as atividades listadas na DN COPAM nº 217/2017, de acordo com as informações disponíveis no IDE. Percebe-se que, em todos os municípios, destaca-se o setor de Gerenciamento de Resíduos e Serviços (F), o que pode acarretar em maior impacto por emissões difusas e veiculares. Ipatinga e Timóteo também possuem importante participação das atividades de mineração (A), de metalurgia (B), e de indústria química (C).

Tabela 18: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.

Listagens	Ipatinga	Timóteo	Coronel Fabriciano
Listagem A	3	1	-
Listagem B	4	3	-
Listagem C	3	2	1
Listagem D	1	-	1
Listagem E	1	-	-
Listagem F	8	6	7
Listagem G	-	-	-
Total	20	12	9

Fonte: IDE-SISEMA, 2024.

5.2.2 PTS na RMVA

As máximas concentrações diárias de partículas totais em suspensão obtidas na RMVA estão destacadas na Figura 37. Houve ultrapassagem do padrão de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação Escola Sementinha, em Timóteo, obtendo também o segundo maior valor da região, de $204 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Isso refletiu na média anual, com essa estação apresentando a maior média, de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ainda que não representativa, conforme mostra a Figura 38.



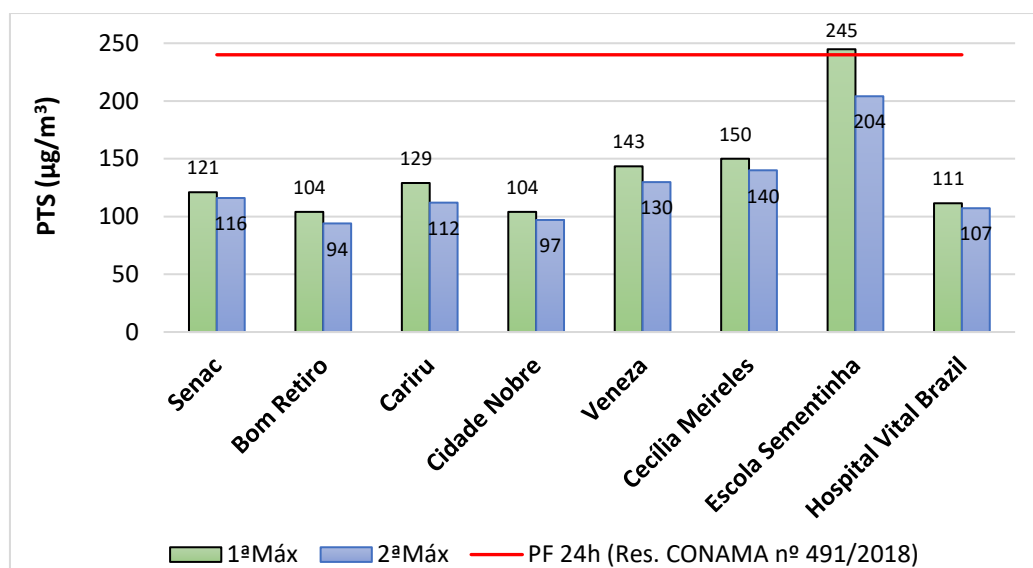


Figura 37: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.

Ainda segundo a Figura 38, nenhuma estação apresentou média anual superior ao padrão anual, de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os menores valores foram obtidos nas estações Cidade Nobre e Bom Retiro, em Ipatinga, seguido pela estação Hospital Vital Brazil, em Timóteo.

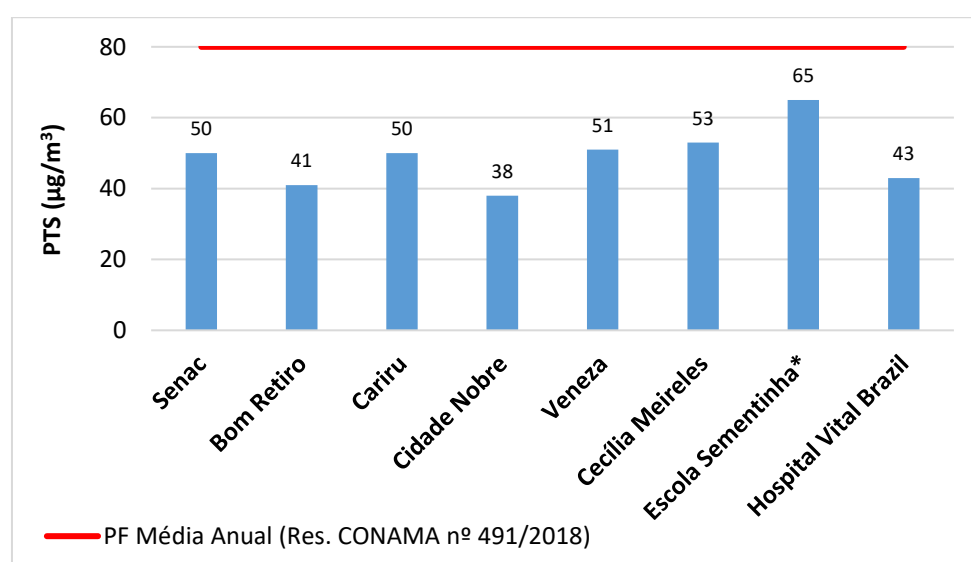


Figura 38: Concentrações médias anuais de PTS na RMVA.

*Não Representativo.

A evolução das médias anuais de PTS na RMVA é mostrada na Figura 39. Todas as estações tiveram aumento do valor em 2019 quando comparadas ao ano de 2018, exceto a estação Sementinha, que apresentou uma redução de 68 para 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e é a estação com as maiores médias anuais em todo período analisado. Há de se destacar ainda que foi percebida uma redução das concentrações anuais na região



de 2014 a 2017, mas que a partir de 2018 voltaram a crescer. Mesmo assim, não houve ultrapassagem do padrão de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em nenhuma estação.

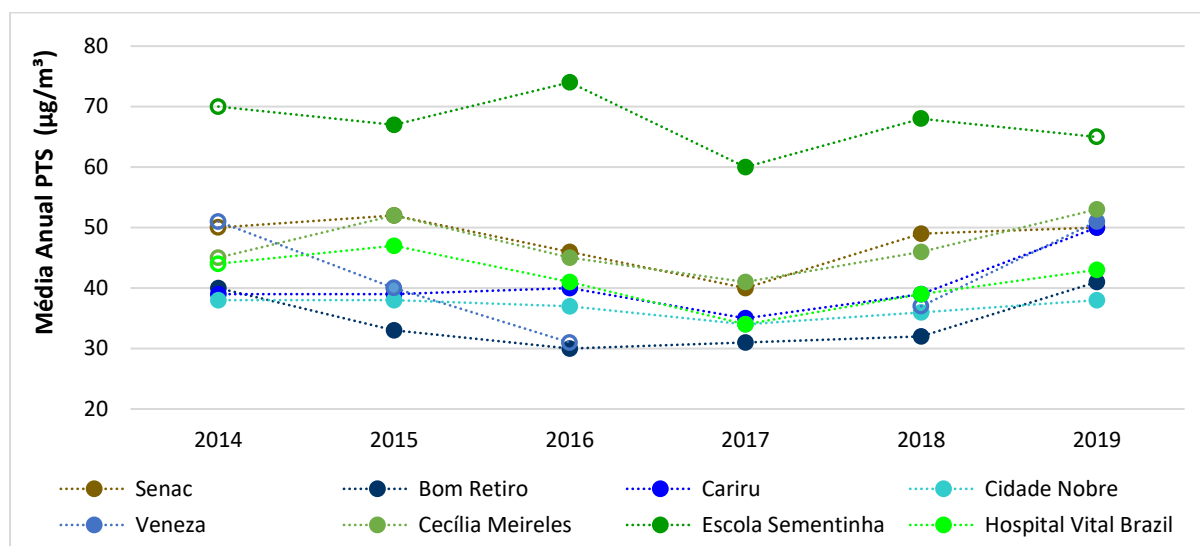


Figura 39: Evolução das médias anuais de PTS na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.2.3 MP_{10} na RMVA

Nas estações da RMVA o padrão de qualidade do ar diário de partículas inaláveis não foi superado em 2019, conforme pode ser visto pelos máximos valores dispostos na Figura 40. Entretanto, percebe-se que as estações Veneza e Sementinha tiveram médias diárias próximas do padrão, que é de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que proporcionou classe “Ruim” nessas estações, visto na .

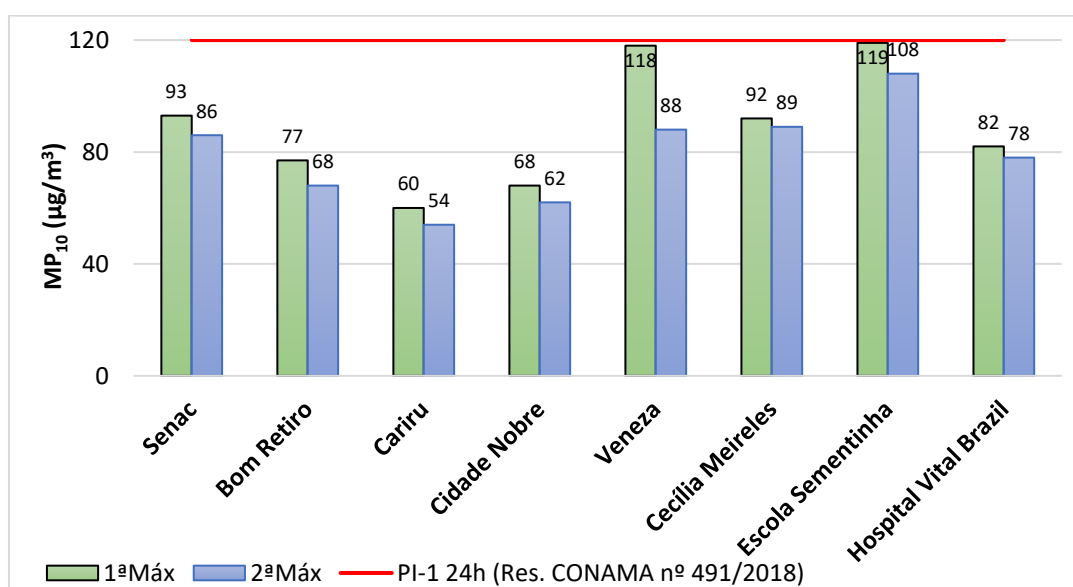


Figura 40: Concentrações máximas diárias de MP_{10} na RMVA.

Houve prevalência da classe “Boa” nas estações localizadas em Ipatinga, ou seja, Bom Retiro, Cariru, Cidade Nobre e Veneza, porém, com essa última obtendo 11,8% de dados omissos. Isso se refletiu nas médias anuais dessas estações, que ficaram abaixo de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, atendendo ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº491/2018, de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Já a estação Senac, em Coronel Fabriciano, apresentou 14,8% de classe “Moderada”, acarretando em uma média anual de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bem próxima ao padrão anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Da mesma forma, das estações instaladas em Timóteo, a estação Sementinha chama a atenção por ter apresentado 17,0% de classe “Moderada” e com isso obteve uma média anual de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ligeiramente acima do padrão anual do MP_{10} . A estação Cecília Meireles destacou-se pela quantidade de dados omissos, 68,8%, o que gerou ainda uma média anual não representativa de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As médias anuais de MP_{10} da RMVA são mostradas na Figura 41.

Tabela 19: Distribuição percentual do IQAr de MP_{10} na RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Senac	79,5%	14,8%	-	5,8%
Bom Retiro	94,5%	1,9%	-	3,6%
Cariru	92,3%	0,8%	-	6,8%
Cidade Nobre	90,4%	0,8%	-	8,8%
Veneza	84,1%	3,8%	0,3%	11,8%
Cecília Meireles	24,9%	6,3%	-	68,8%
Escola Sementinha	77,0%	17,0%	0,8%	5,2%
Hospital Vital Brazil	92,1%	6,8%	-	1,1%

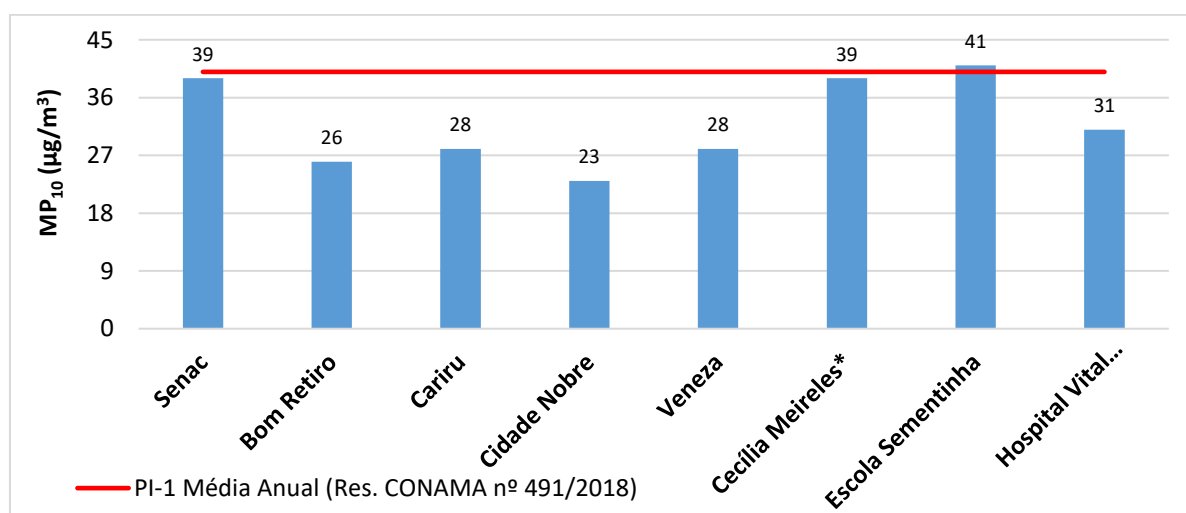


Figura 41: Concentrações médias anuais de MP_{10} na RMVA.

*Não Representativo.



A avaliação das médias anuais de MP_{10} ao longo dos últimos anos na RMVA mostra uma tendência igual à percebida para o PTS, na qual até o ano de 2017 houve uma percepção de queda de valores e a partir de 2018 há um crescimento das médias na região, conforme mostra a Figura 42. Além disso, fica claro que as estações de Ipatinga apresentaram médias anuais, em todo o período, inferiores àsquelas observadas nas estações de Timóteo e Coronel Fabriciano.

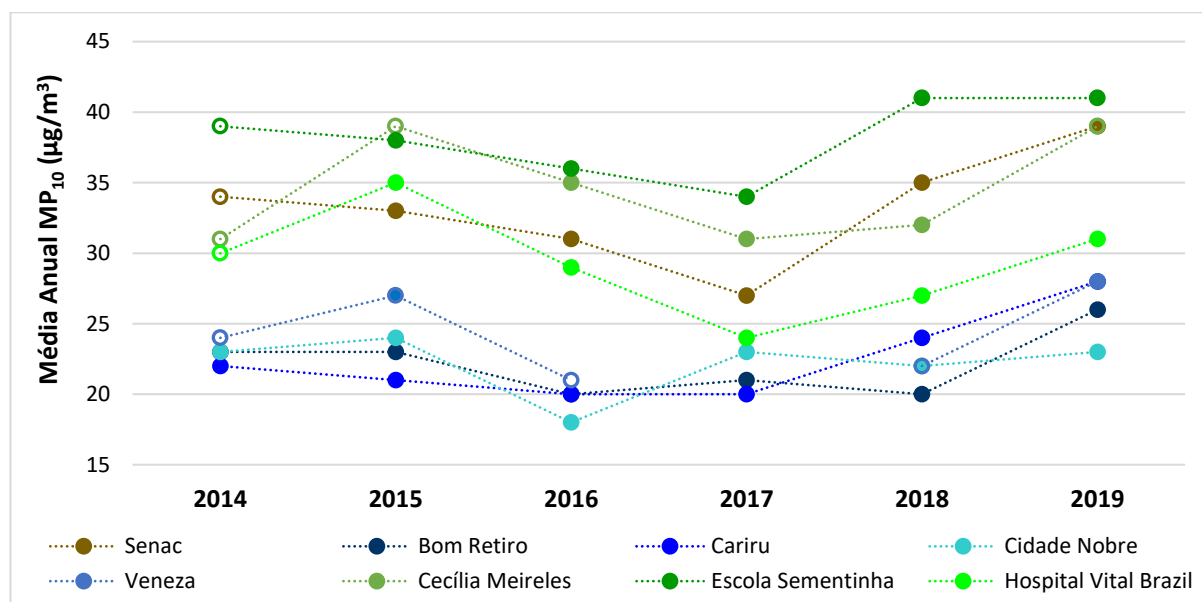


Figura 42: Evolução das médias anuais de MP_{10} na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.2.4 $MP_{2,5}$ na RMVA

Em 2019 havia o monitoramento das partículas respiráveis apenas nas estações Bom Retiro, Cariru e Veneza, todas em Ipatinga. As máximas diárias obtidas nestas estações são mostradas na Figura 43 enquanto a distribuição do IQAr é mostrada na Tabela 20.



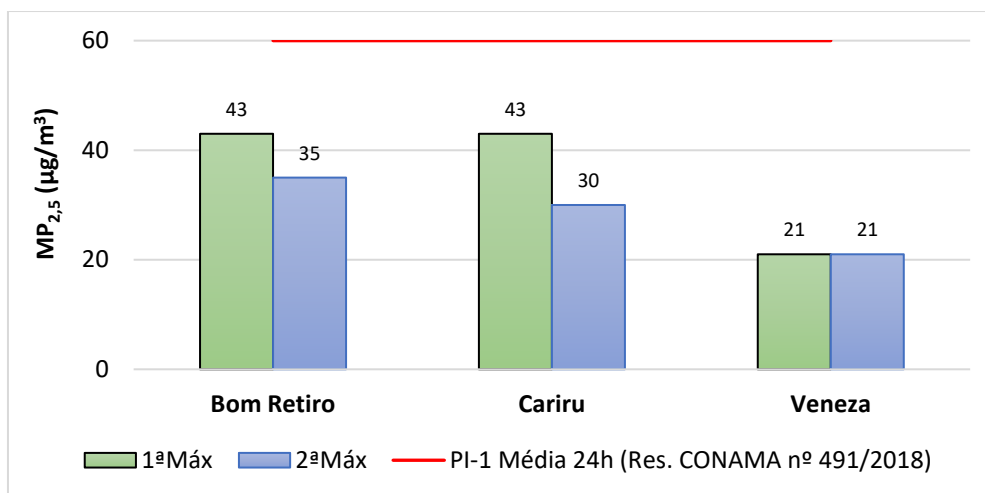


Figura 43: Concentrações máximas diárias de PM_{2,5} na RMVA.

Tabela 20: Distribuição percentual do IQAr de PM_{2,5} na RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Bom Retiro	94,8%	1,4%	3,8%
Cariru	86,6%	0,8%	12,6%
Veneza	21,1%	-	78,9%

Não houve ultrapassagem do padrão diário de 60 µg/m³. Ainda assim, foram observados dias com qualidade “Moderada” nas estações Bom Retiro e Cariru, porém, com a prevalência da classe “Boa” nestas estações. Na estação Veneza também houve prevalência da qualidade “Boa”, entretanto, essa estação teve 78,9% de dados omissos em 2019.

A Figura 44 mostra as médias anuais de PM_{2,5} obtidas nas estações de Ipatinga, na qual visualiza-se que não houve superação do padrão anual de 20 µg/m³ em nenhuma delas.

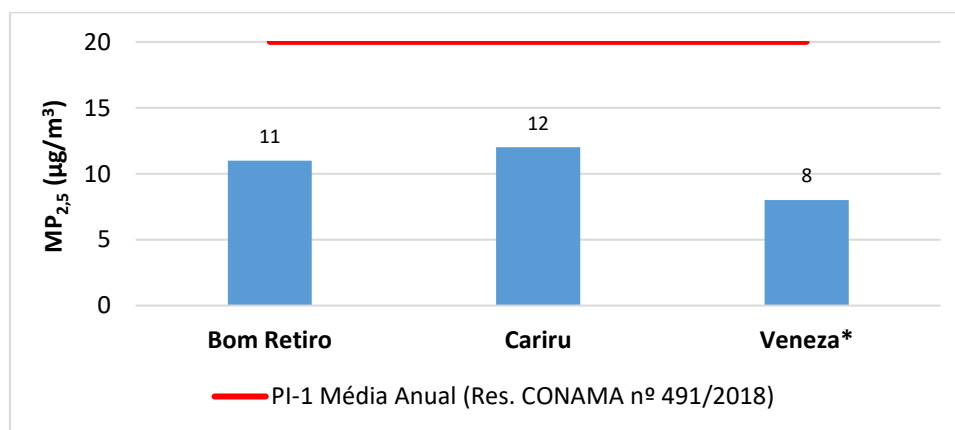


Figura 44: Concentrações médias anuais de PM_{2,5} na RMVA.

*Não Representativo.



A evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ em Ipatinga pode ser vista na Figura 45. A estação Veneza não obteve média anual representativa em nenhum ano do período analisado, embora tenha apresentado constância no valor obtido, de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A estação Bom Retiro vinha apresentando uma tendência de queda desde 2015, porém, em 2019 houve um crescimento, passando de 8 para $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por outro lado, a estação Cariru apresentou oscilação de 2014 a 2017, obtendo novo aumento da média anual de 2018 a 2019, chegando ao máximo valor da região, de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

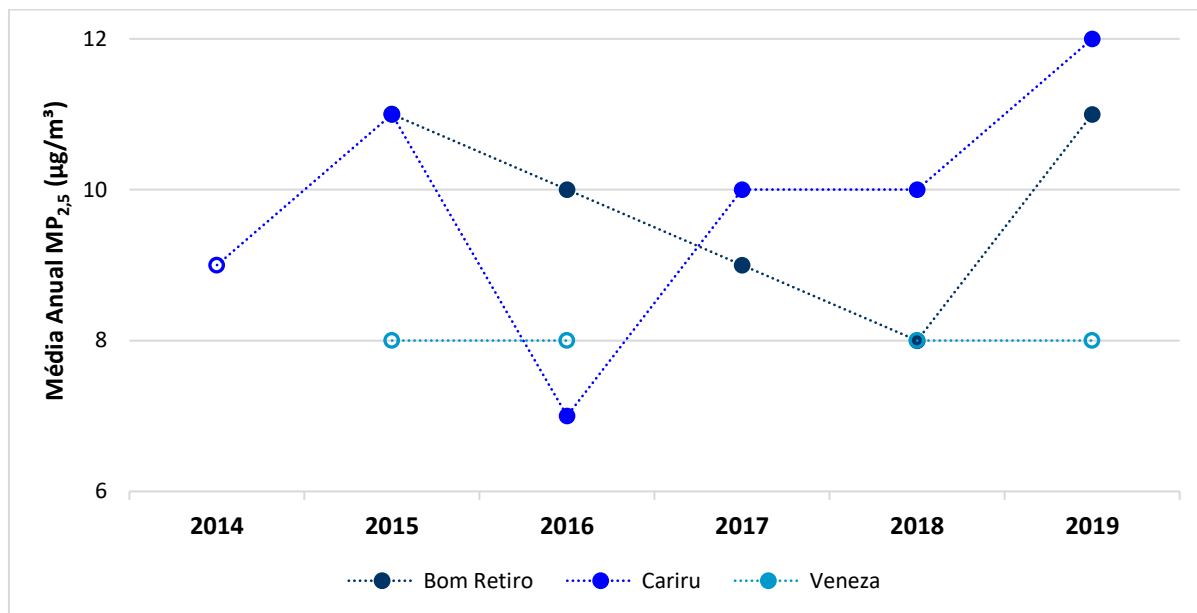


Figura 45: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.2.5 SO_2 na RMVA

O dióxido de enxofre é monitorado na RMVA apenas em Ipatinga. Sendo assim, na Figura 46 são mostradas as máximas médias de 24 horas obtidas nestas estações, sendo percebido que os valores obtidos são bem inferiores ao padrão diário de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estabelecido na Resolução CONAMA nº491/2018. A distribuição do IQAr ao longo de 2019, dada na Tabela 21, ilustra ainda mais isso, com a predominância da classe “Boa” em todas as estações.



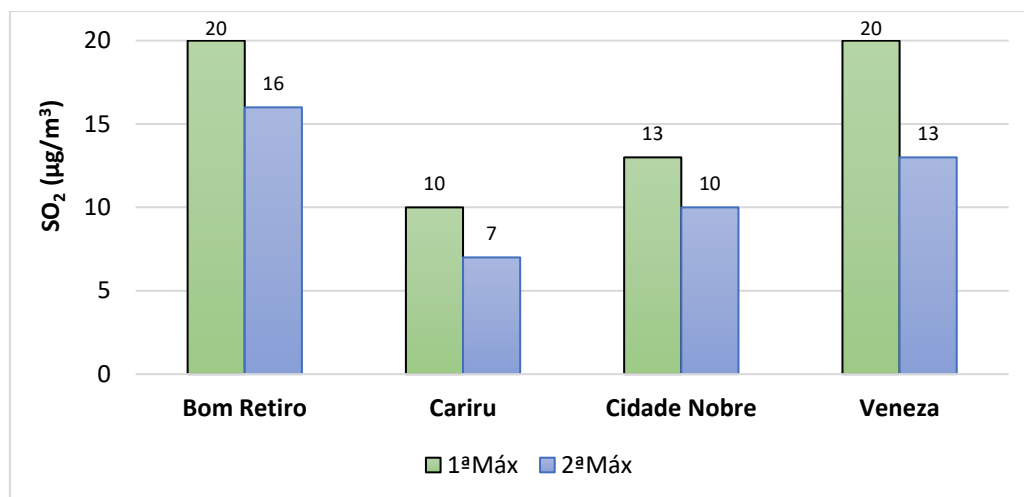


Figura 46: Concentrações máximas diárias de SO₂ na RMVA.

Tabela 21: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ na RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Bom Retiro	97,0%	0,3%	2,7%
Cariru	95,6%	-	4,4%
Cidade Nobre	85,5%	-	14,5%
Veneza	95,1%	0,3%	4,7%

Como consequência, as médias anuais também foram bem discretas, ficando distantes do padrão anual de 40 µg/m³, conforme dispõe a Figura 47. Logo, as médias anuais obtidas em 2019 estiveram de acordo com o observado nos últimos anos nas estações de Ipatinga, vide a Figura 48, sendo que o maior valor chegou a 7 µg/m³, na estação Bom Retiro, em 2016.

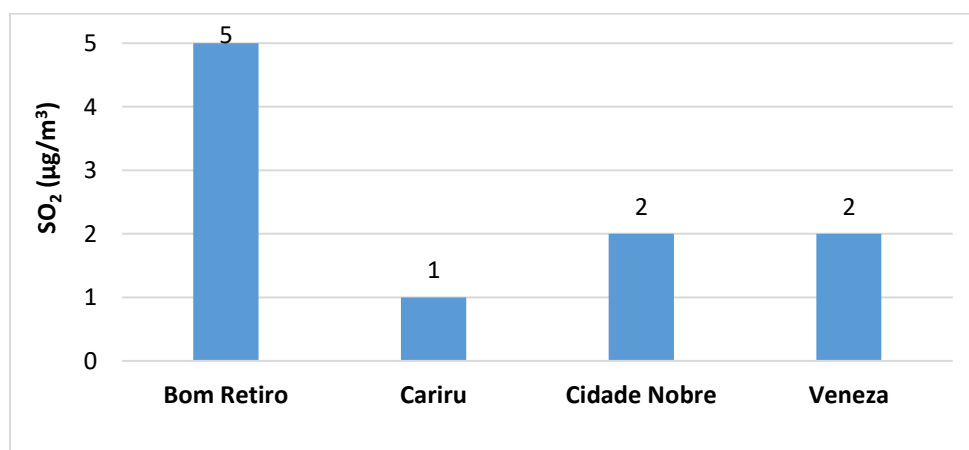


Figura 47: Concentrações Médias Anuais de SO₂ na RMVA.



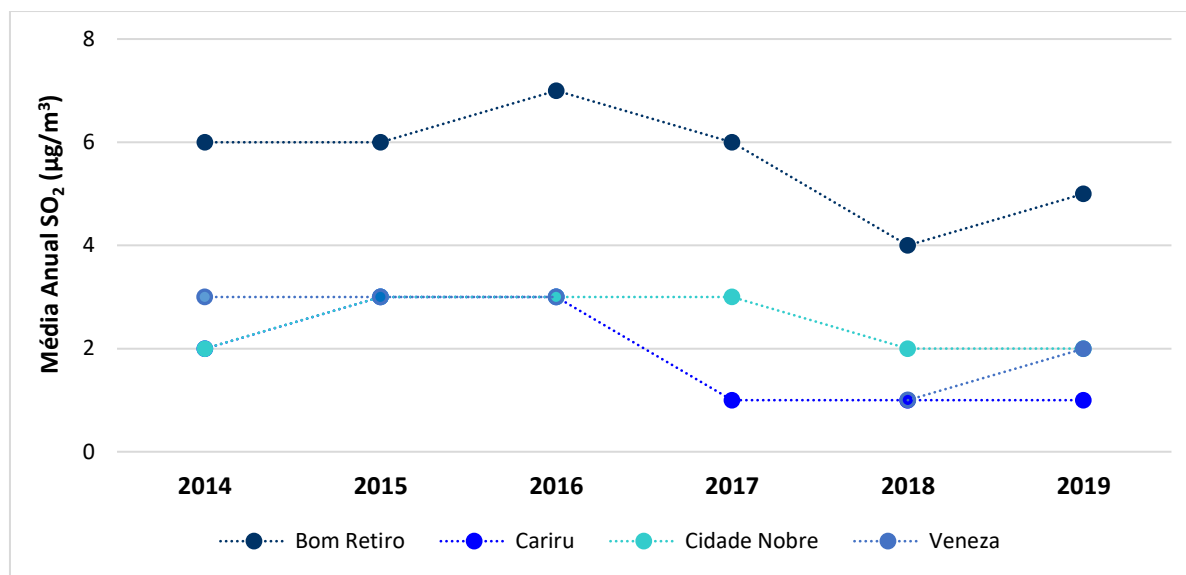


Figura 48: Evolução das médias anuais de SO₂ na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.2.6 NO₂ na RMVA

Em 2019 nem o padrão horário, de 260 µg/m³, nem o padrão anual, de 60 µg/m³, foram superados conforme o monitoramento de dióxido de nitrogênio realizado nas estações da RMVA, mostrados na Figura 49 e na Figura 50. As maiores máximas horárias foram obtidas nas estações Cariru e Veneza, enquanto que as maiores médias anuais foram observadas em Veneza e Cecília Meireles, ambos de 16 µg/m³. Logo, conforme dispõe a Tabela 22, não tiveram ocorrências de outras classes de qualidade do ar a não ser a “Boa”.

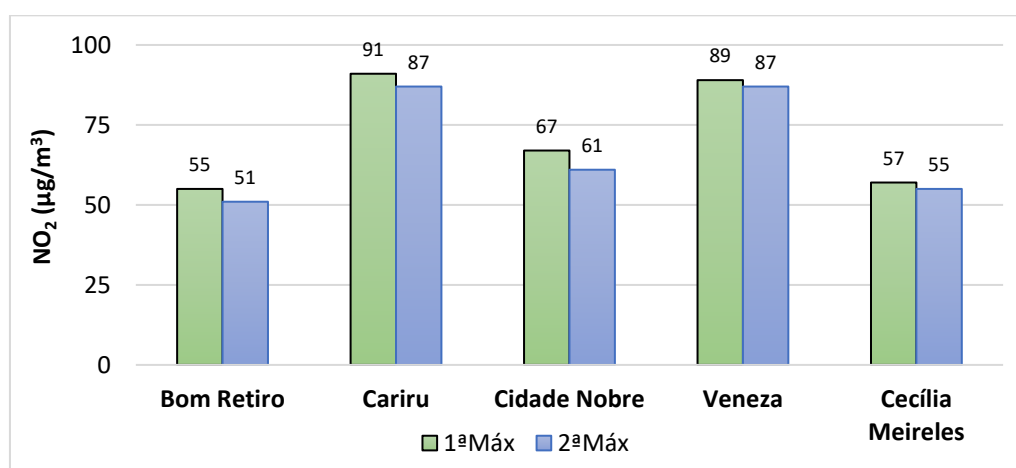


Figura 49: Concentrações máximas horárias de NO₂ na RMVA.

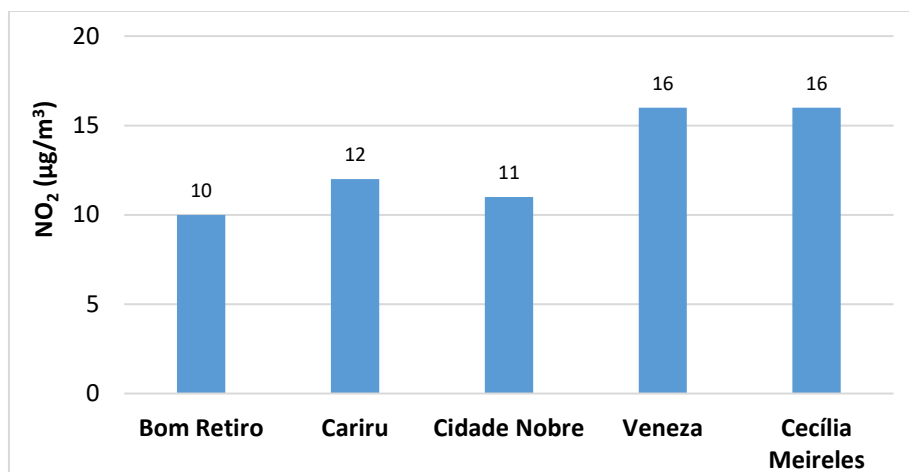


Figura 50: Concentrações médias anuais de NO₂ na RMVA.

Tabela 22: Distribuição percentual do IQAr de NO₂ na RMVA.

Estação	Boa	Omissos
Bom Retiro	99,5%	0,5%
Cariru	98,1%	1,9%
Cidade Nobre	99,7%	0,3%
Veneza	99,5%	0,5%
Cecília Meireles	96,4%	3,6%

O comportamento das médias anuais de NO₂ na RMVA desde o ano de 2014 é dado pela Figura 51, na qual verifica-se que em todo período o maior valor obtido chegou a 17 µg/m³. Com exceção da estação Cecília Meireles, instalada em Timóteo, as demais estações, localizadas em Ipatinga, aparentam um comportamento de constância nos valores anuais, principalmente a partir de 2017.

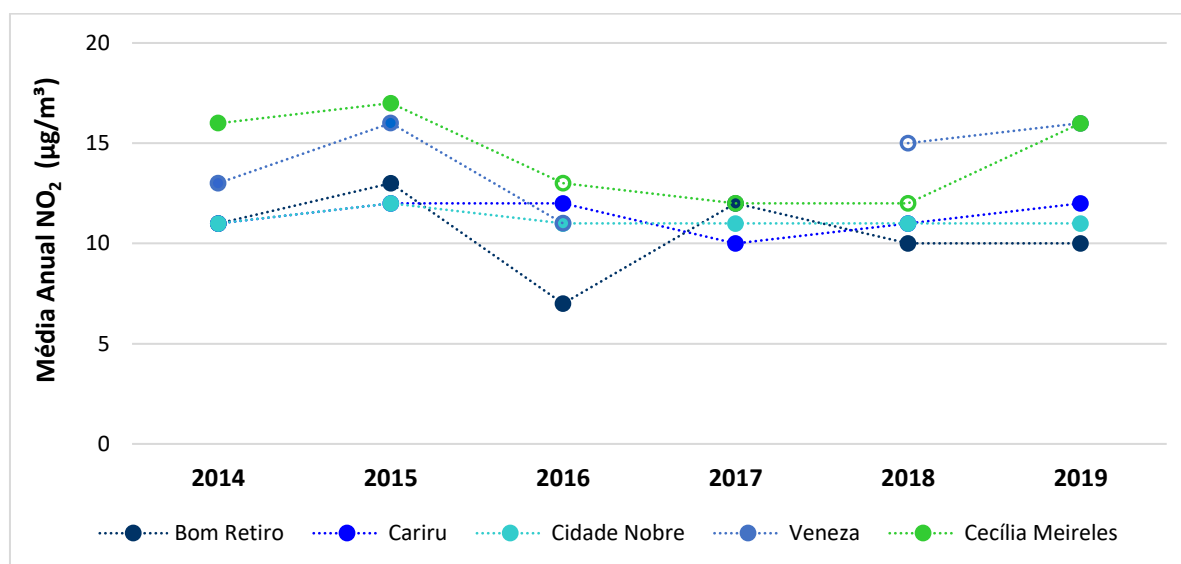


Figura 51: Evolução das médias anuais de NO₂ na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.2.7 CO na RMVA

O monóxido de carbono é monitorado na RMVA apenas em Ipatinga, de forma que não ocorreram ultrapassagens do padrão de 8 horas desse poluente em 2019, cujas máximas estão dispostas na Figura 52. O maior valor encontrado foi de 3,5 ppm na estação Cariru, diante de um padrão de 9 ppm. Logo, foi predominante a qualidade “Boa” em todas as estações, exibido na Tabela 23.

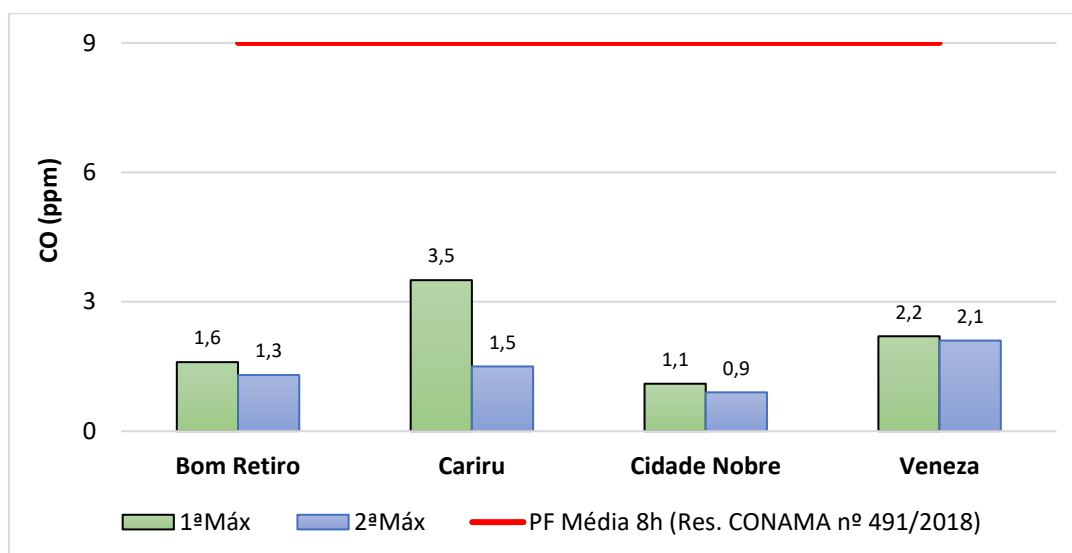


Figura 52: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO na RMVA.

Tabela 23: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMVA.

Estação	Boa	Omissos
Bom Retiro	99,5%	0,5%
Cariru	98,6%	1,4%
Cidade Nobre	94,8%	5,2%
Veneza	99,5%	0,5%

5.2.8 O₃ na RMVA

O padrão de 8 horas do ozônio, de 140 µg/m³, foi ultrapassado na RMVA nas estações de Bom Retiro e Cariru, ambas em Ipatinga, nos valores de 153 e 150 µg/m³, respectivamente, conforme exposto na Figura 53. Ambas as máximas foram obtidas no dia 19/10/2019. Cabe destacar que nesse dia foram medidas as temperaturas mais altas do mês de outubro em cada estação, sendo de 40,3°C na estação Cariru e de 39,8°C na estação Bom Retiro. Logo, infere-se que isso tenha contribuído para as ocorrências acima do padrão nessas estações.



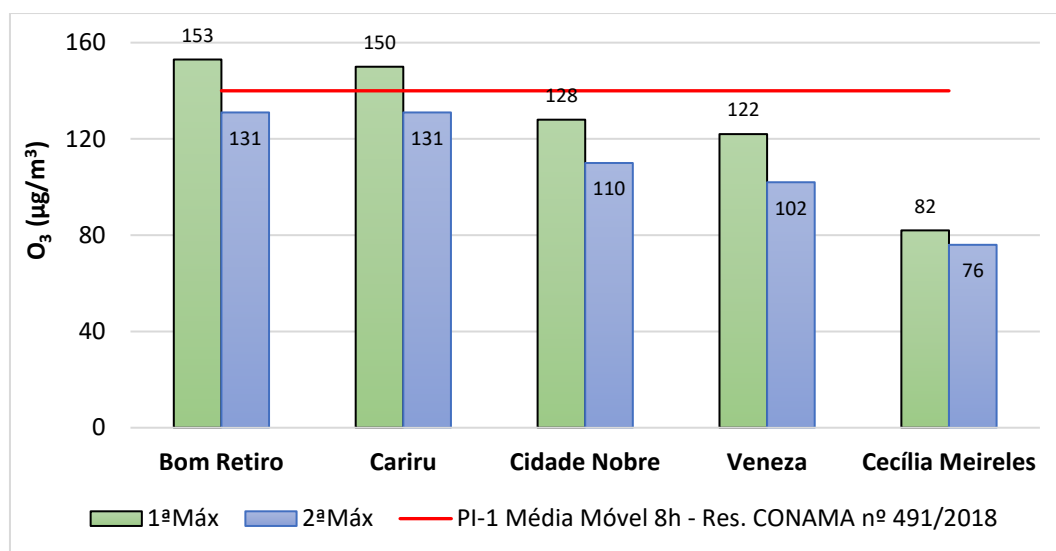


Figura 53: Concentrações máximas médias de 8 horas de O₃ na RMVA.

A distribuição do IQAr do O₃ na RMVA é exposta na Tabela 24, cujas ultrapassagens em Bom Retiro e Cariru foram classificadas como “Ruim”. Porém, destaca-se a predominância da classe “Boa”, assim como a alta quantidade de dados omissos da Estação Cecília Meireles, de 77,8%.

Tabela 24: Distribuição percentual do IQAr de O₃ para RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Bom Retiro	96,7%	1,6%	0,5%	1,1%
Cariru	96,4%	1,4%	0,5%	1,6%
Cidade Nobre	94,5%	1,9%	-	3,6%
Veneza	98,4%	0,8%	-	0,8%
Cecília Meireles	22,2%	-	-	77,8%

5.3 Bacia do Rio Doce

A região da Bacia do Rio Doce, situada no Sudeste do Brasil, abrange parte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-DOCE, 2024) a bacia compreende 228 municípios, sendo 200 mineiros e 28 capixabas. O rio Doce recebe esse nome em função da confluência dos rios Piranga e do Carmo, entre as cidades mineiras de Ponte Nova, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, com o curso principal da bacia percorrendo 888 km até a sua foz no Oceano Atlântico, em Linhares, no Espírito Santo (ANA, 2016).

No dia 05 de novembro de 2015, a Barragem de Fundão, pertencente à Samarco Mineração S.A., localizada no município de Mariana, rompeu. O barramento era

destinado a receber e armazenar o rejeito gerado pela atividade de beneficiamento de minério de ferro (SEMAD, 2024). Os danos foram inevitáveis, matou pessoas, engoliu comunidades e plantações, sendo considerada a maior tragédia ambiental do Brasil (MPMG, 2020). A lama de rejeitos devastou o Distrito de Bento Rodrigues, situado a cerca de 5 km abaixo da barragem, foi carregada até o rio Gualaxo do Norte, a 55 km, desaguando no rio do Carmo, atingindo em seguida o rio Doce, afetando também o litoral do estado do Espírito Santo (SEMAD, 2024).

Em 2016 foi assinado um Termo de Transação e Ajustamento de Conduta por dezenas de entidades, entre órgãos federais, estaduais e municipais, além das empresas Samarco, Vale e BHP, estabelecendo a Fundação Renova como entidade responsável pela mobilização para a reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem (FUNDAÇÃO RENOVA, 2024). Sendo assim, o monitoramento ambiental nas áreas reparadas ficou de responsabilidade da Fundação, incluída a qualidade do ar.

Importante frisar que a abordagem dessa bacia nesse item do presente relatório é limitada à avaliação dos resultados do monitoramento da qualidade do ar instalado e operado especificamente em função do rompimento da barragem em Mariana que impactou vários municípios que são cortados pelo rio Doce e que tiveram obras de recuperação. Logo, ainda que os municípios da RMVA, além de Itabira, pertençam à Bacia do rio Doce, são tratados em itens específicos, já que a operação de suas redes de qualidade do ar antecede ao rompimento da Barragem de Fundão em Mariana.

Nesse contexto, Barra Longa foi uma das cidades gravemente afetadas pelo colapso da barragem, com a lama inundando suas vias, causando interrupções econômicas, danificando edifícios e marcos históricos, e contaminando a população com resíduos de mineração. De acordo com a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana (SEDRU, 2016), o município teve prejuízos privados principalmente na pecuária e comércio, que estão relacionados à onda de lama que invadiu propriedades, acarretando em danos à infraestrutura e à manutenção das atividades econômicas. Os demais setores também foram atingidos, com exceção da indústria (SEDRU, 2016).



Cabe ressaltar que Barra Longa é uma cidade situada na Zona da Mata de Minas Gerais, que 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 (BARRA LONGA, 2024). O PIB de Barra Longa, segundo a Fundação João Pinheiro (s.d.), totalizou aproximadamente 72,7 milhões de reais em 2019. A FJP em estudo realizado em 2022, cita o município de Barra Longa como um dos que apresentaram um crescimento nominal relevante do VAB industrial em 2019 na comparação com 2018, destacou-se a extração e britamento de pedras e outros materiais para a construção. O município possui uma população de 6143 pessoas, sendo predominantemente rural (62,3%), na qual apenas 37,7% de sua população residente vivia em área urbana, segundo o censo 2010 (IBGE, 2024).

Em Mariana os rejeitos destruíram praticamente toda a comunidade do distrito de Paracatu de Baixo, localidade que dá nome a uma das estações de monitoramento da qualidade do ar, instalada na residência do único morador que permaneceu no local.

Mariana tem a extração do minério de ferro como a principal atividade industrial, com seus distritos desenvolvendo atividades agropecuárias e apresentando artesanato variado (PREFEITURA DE MARIANA, 2024). O PIB do município foi de cerca de 2,05 bilhões de reais em 2019, com uma população residente de 54219 pessoas (IBGE, 2024). Desde o rompimento da barragem de Fundão, controlada pela Samarco, a indústria extrativa mineral de Mariana vem perdendo dinamismo de tal maneira que o município saiu da terceira posição no ranking estadual na geração de valor agregado da atividade em 2015, para a décima primeira colocação em 2019. O município teve sua participação no VAB industrial do estado reduzida de 1,0% em 2018 para 0,5% em 2019 devido ao menor nível de atividade na extração do minério de ferro (FJP, 2022). Ainda segundo a Fundação João Pinheiro (2022), Mariana foi o décimo município que mais perdeu representatividade no VAB dos serviços privados do estado entre 2018 e 2019. A redução de participação pode ser explicada pelo resultado desfavorável nos serviços prestados às empresas e, principalmente, nos serviços de transporte de carga em razão do menor nível de atividade na extração do minério de ferro.



Outro município impactado pela lama de rejeitos e com monitoramento da qualidade do ar foi Rio Doce, no qual está instalada a estação Santana do Deserto. O município está localizado na mesorregião da Zona da Mata de Minas Gerais e na microrregião de Ponte Nova. A área do município é de 112,91 km², com topografia predominantemente montanhosa, altitude máxima de 899m e mínima de 421m, possui 726 domicílios, sendo 229 nas comunidades rurais e 497 na área urbana. As principais atividades econômicas de Rio Doce são o comércio e a pecuária. No município está instalada a UHE Risoleta Neves, com 140 MW de capacidade (Rio Doce, s.d.). Na UHE Risoleta Neves ficou retido grande volume de rejeitos. O PIB do município foi de aproximadamente 50,3 milhões de reais em 2019 (IBGE, 2024). Rio Doce apresentou um crescimento nominal relevante do VAB industrial em 2019 na comparação com 2018, com destaque para a indústria da construção civil (FJP, 2022).

5.3.1 Caracterização das fontes de poluição da Bacia do Rio Doce

A Figura 54 mostra a tendência da frota veicular nos municípios da Bacia do Rio Doce. Observou-se um crescimento da frota veicular de 2009 a 2019, com valores passando de 18.127 para 32.086, aumento em torno de 77%, considerando os três municípios. Entre os municípios da região, Mariana é o que possui a maior frota no ano de 2019, com cerca de 90% dos veículos da região da Bacia do Rio Doce. Os dados deste município foram dispostos no eixo secundário.



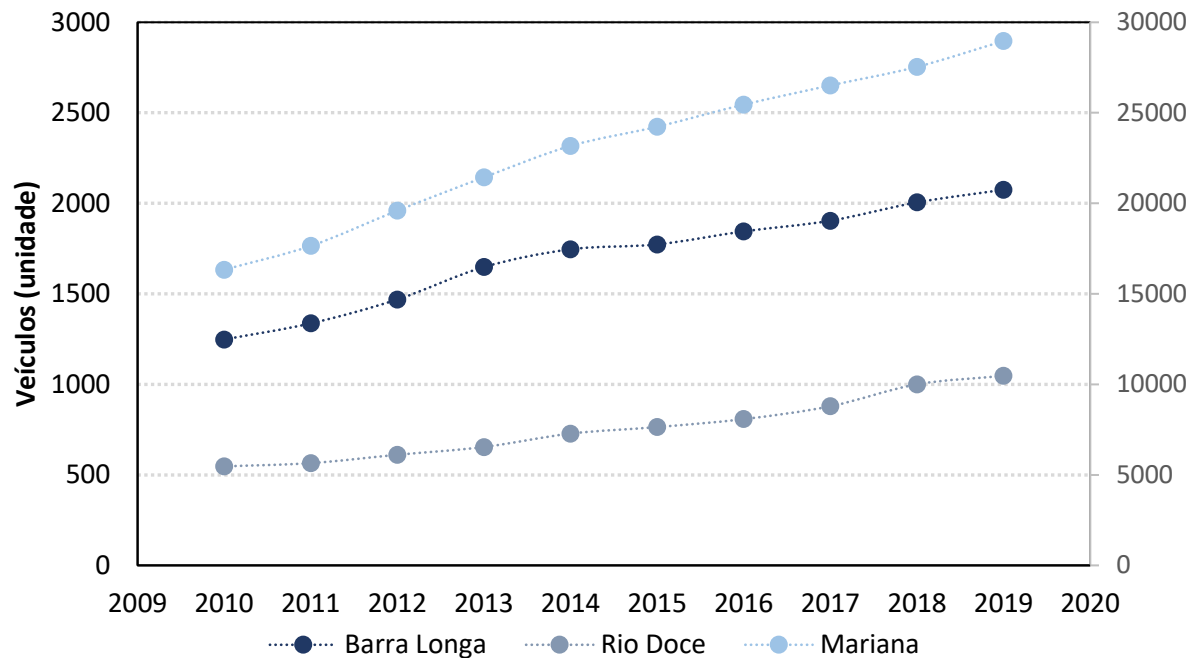


Figura 54: Crescimento da frota veicular na bacia do Rio Doce.
Fonte: IBGE, 2024.

O impacto das queimadas na região é avaliado por meio dos focos de incêndio por área territorial, mostrado na Figura 55. Percebe-se que a quantidade de focos em 2019 superou a contagem do ano anterior.

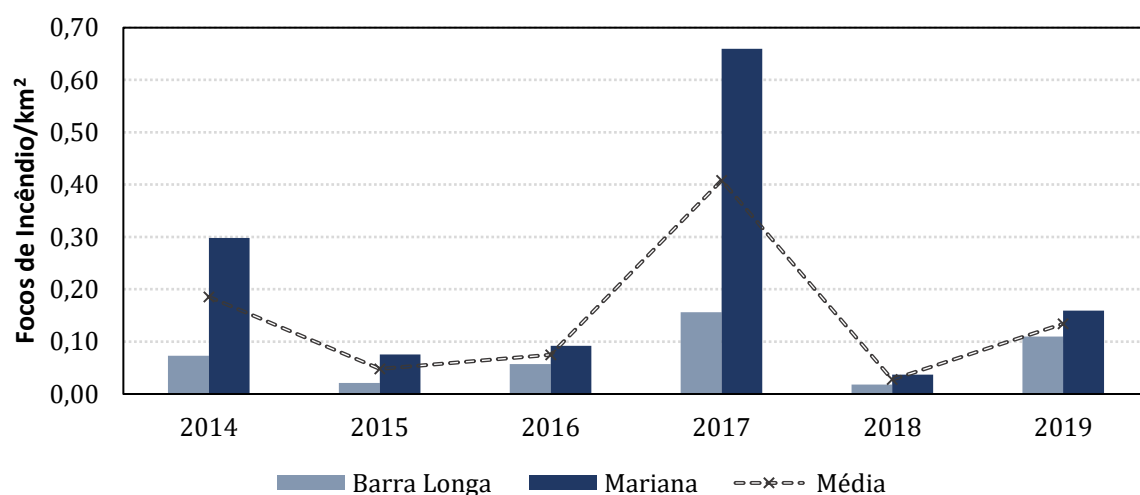


Figura 55: Focos de incêndio na Bacia do Rio Doce.
Fonte: INPE, 2024.

Quanto às fontes industriais, Mariana apresentou um aumento no número de empreendimentos licenciados, saltando de 4 para 13 empreendimentos no período entre 2014 e 2019, como destaca a Figura 56. Em relação aos demais municípios da região, estes passaram a ter empreendimentos contabilizados no IDE a partir de



2018, com o município de Rio Doce passando a ter um empreendimento de classe superior a 2 em 2019.

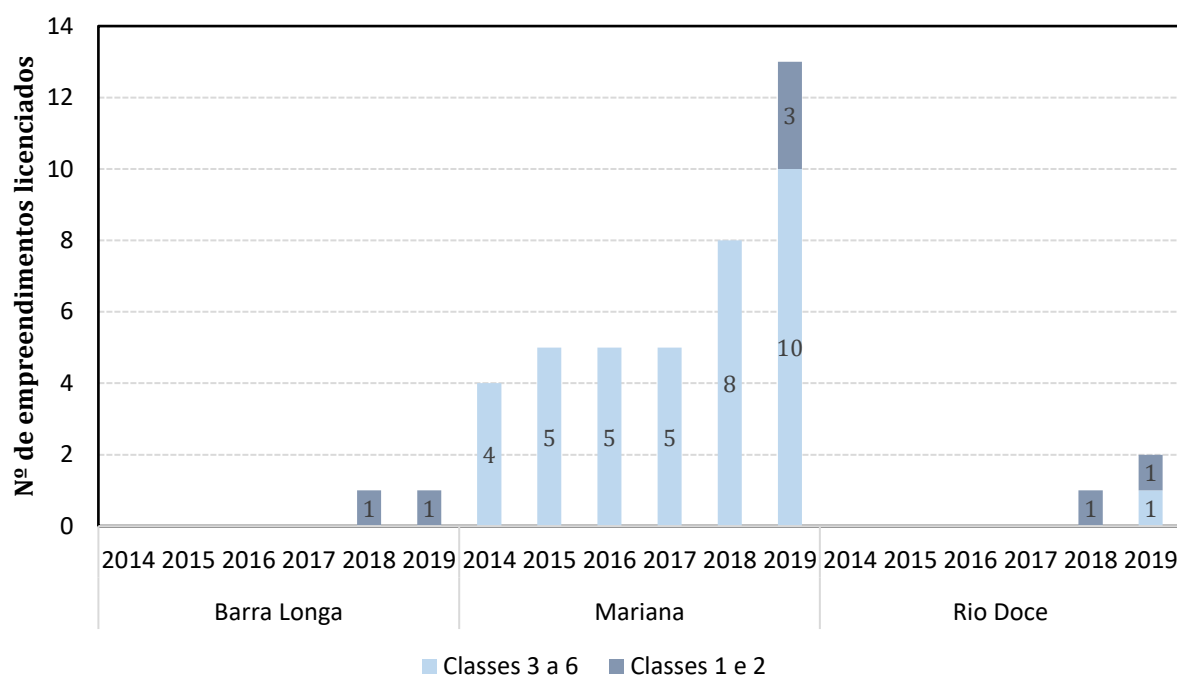


Figura 56: Empreendimentos licenciados na Bacia do Rio Doce.

Fonte: IDE SISEMA, 2024.

A Tabela 25 apresenta a relação de empreendimentos licenciados na região da Bacia do Rio Doce no ano de 2019, de acordo com as listagens de atividades da DN COPAM nº 217/2017. Segundo os dados apresentados, o município de Mariana apresenta predomínio de atividades de mineração (A); em Barra Longa, existe apenas um empreendimento licenciado do setor de gerenciamento de resíduos e serviços (F), enquanto em Rio Doce existe uma indústria de cada setor desse (A) e (F).

Tabela 25 - Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.

Listagens	Barra Longa	Mariana	Rio Doce
Listagem A	-	8	1
Listagem B	-	-	-
Listagem C	-	1	-
Listagem D	-	-	-
Listagem E	-	2	-
Listagem F	1	2	1
Listagem G	-	-	-
Total	1	13	2

Fonte: IDE-SISEMA, 2024.



5.3.2 PTS na Bacia do Rio Doce

A Figura 57 mostra as máximas diárias obtidas nas estações Barra Longa Centro e Volta da Capela enquanto que a Figura 58 mostra as médias geométricas anuais encontradas nestas estações.

Não houve ultrapassagem do padrão diário do PTS na Bacia do Rio Doce em 2019, de forma que os dois maiores valores foram observados na estação Barra Longa Centro, de 152 e 114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Da mesma forma, o padrão anual também não foi superado, com as médias geométricas anuais obtidas de 45 e 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

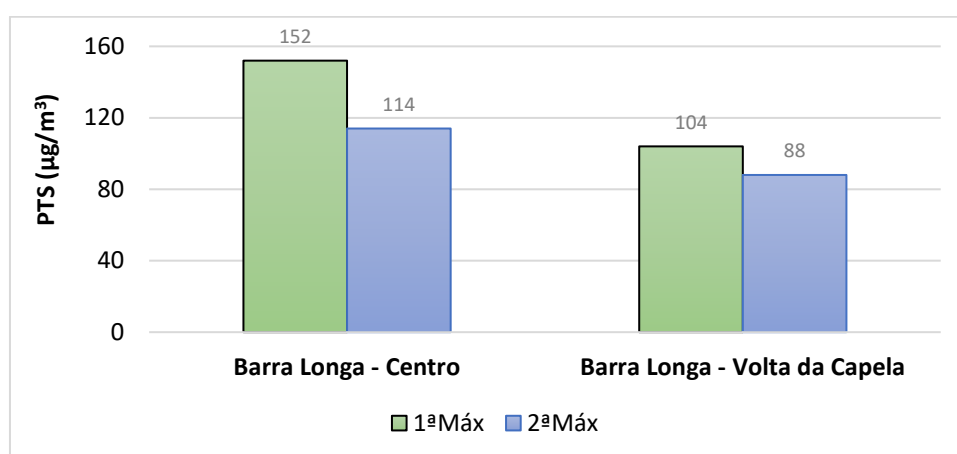


Figura 57: Concentrações máximas diárias de PTS na Bacia do Rio Doce.

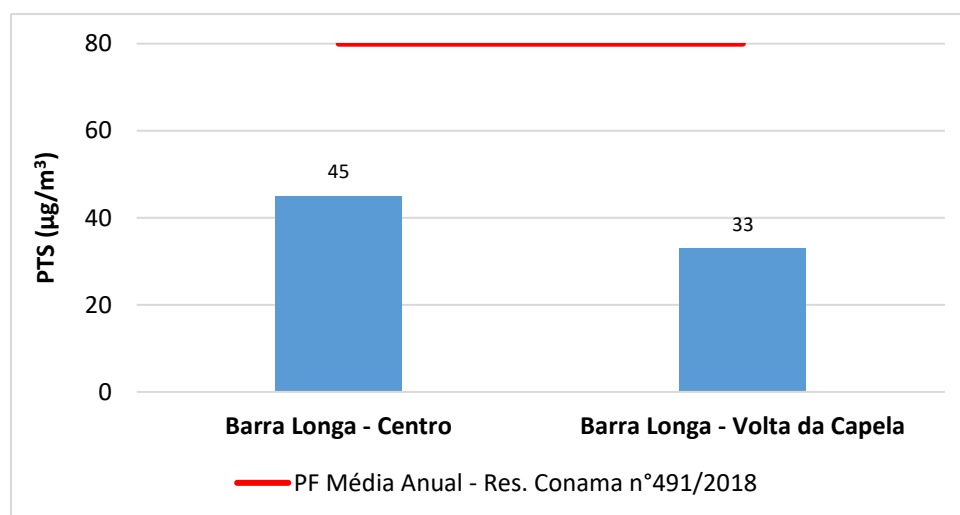


Figura 58: Médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.

*Não Representativo.

Ao longo dos últimos anos foi percebido que a estação Barra Longa Centro apresentou uma tendência de redução da média anual, saindo de um valor de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2016 e chegando a 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2019. Por outro lado, a estação Volta da



Capela apresentou um ligeiro aumento de 2018 para 2019, passando de 31 para 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

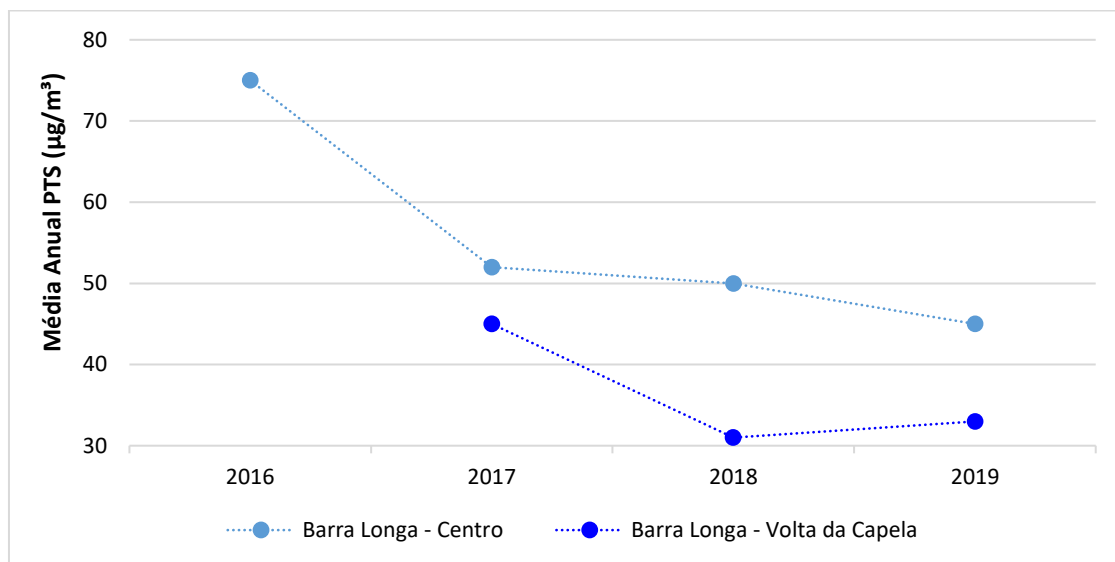


Figura 59: Evolução das médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.3.3 MP₁₀ na Bacia do Rio Doce

Das estações da Bacia do Rio Doce que monitoraram as partículas inaláveis em 2019 os maiores valores foram observados na estação de Barra Longa Centro, de 87 e 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme ilustra a Figura 60. Logo, não houve médias diárias acima do padrão de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sendo assim, a distribuição do IQAr, presente na Tabela 26, mostra o domínio da qualidade “Boa”. Ressalta-se ainda que a estação Santana do Deserto, instalada em Rio Doce, passou a operar apenas a partir de abril de 2019, tendo por isso 32,1% de dados omissos.



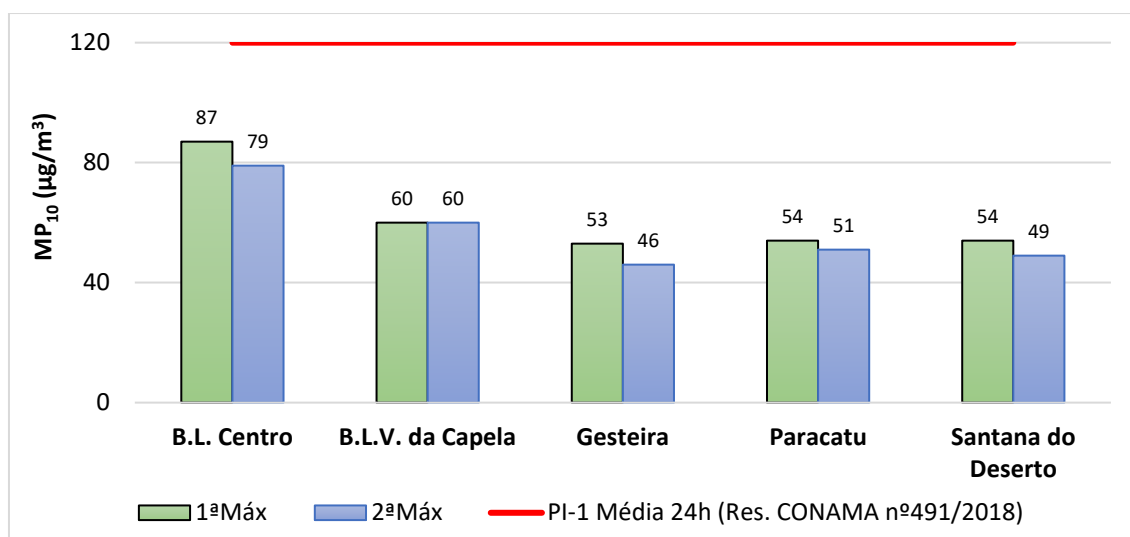


Figura 60: Concentrações máximas diárias de MP₁₀ na Bacia do Rio Doce.

Tabela 26: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ na Bacia do Rio Doce.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Barra Longa Centro	93,2%	3,6%	3,3%
Barra Longa Volta da Capela	95,1%	0,8%	4,1%
Gesteira	84,9%	0,3%	14,8%
Paracatu	87,7%	1,1%	11,2%
Santana do Deserto	67,7%	0,3%	32,1%

Assim como as médias diárias, as médias anuais não superaram o padrão de qualidade do ar, que é de 40 µg/m³, vide a Figura 61.

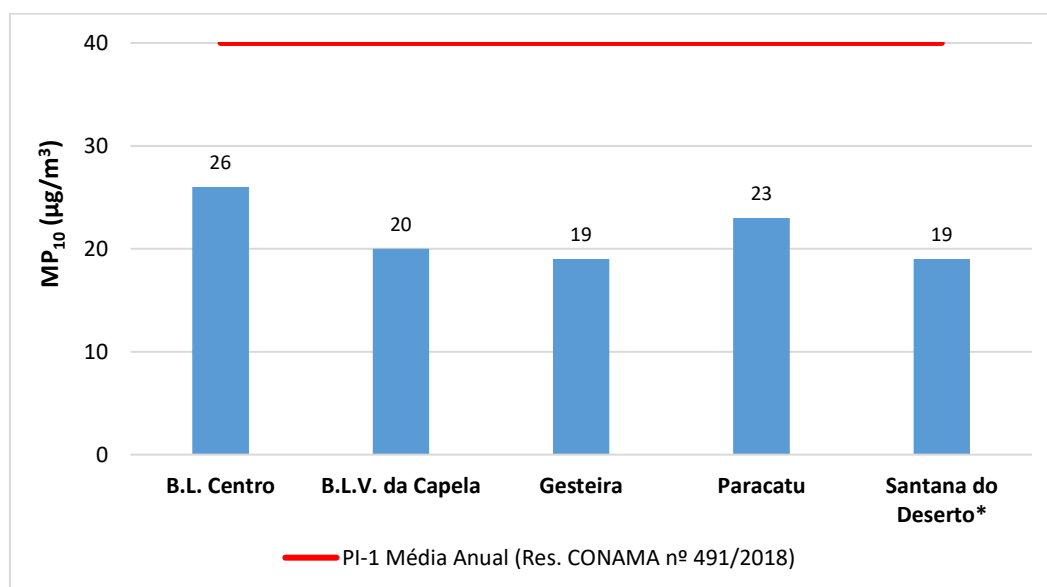


Figura 61: Médias anuais de MP₁₀ na Bacia do Rio Doce.

*Não Representativo.



A evolução das médias anuais é destacada na Figura 62, que evidencia uma certa manutenção dos níveis das médias anuais na estação Barra Longa Centro de 2017 a 2019. Nas estações Paracatu e Volta da Capela foi observado aumento das médias anuais entre 2018 e 2019. Já a estação Santana do Deserto teve média diária de 2019 não representativa, por ter iniciada a sua operação nesse ano.

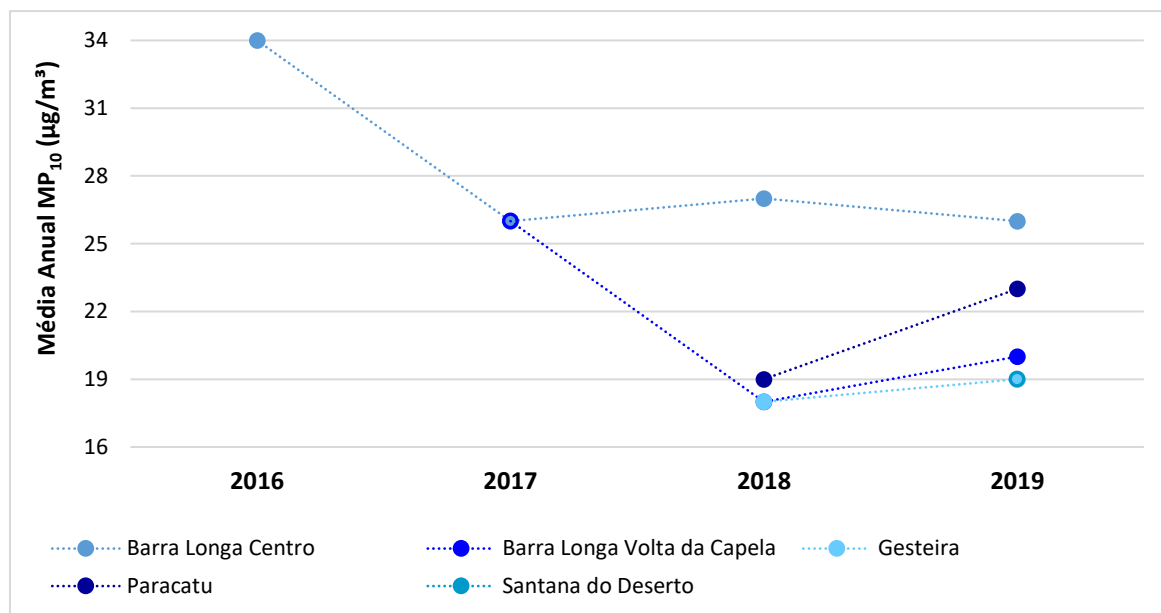


Figura 62: Evolução das médias anuais de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.3.4 $MP_{2.5}$ na Bacia do Rio Doce

Na região da Bacia do Rio Doce em 2019 havia o monitoramento das partículas respiráveis somente na estação Barra Longa Centro, cujas máximas médias diárias obtidas foram de 33 e 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Logo, esses valores representam cerca de 50% do padrão diário estabelecido na Resolução CONAMA nº 491/2018, que é de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ilustrado na Figura 63.



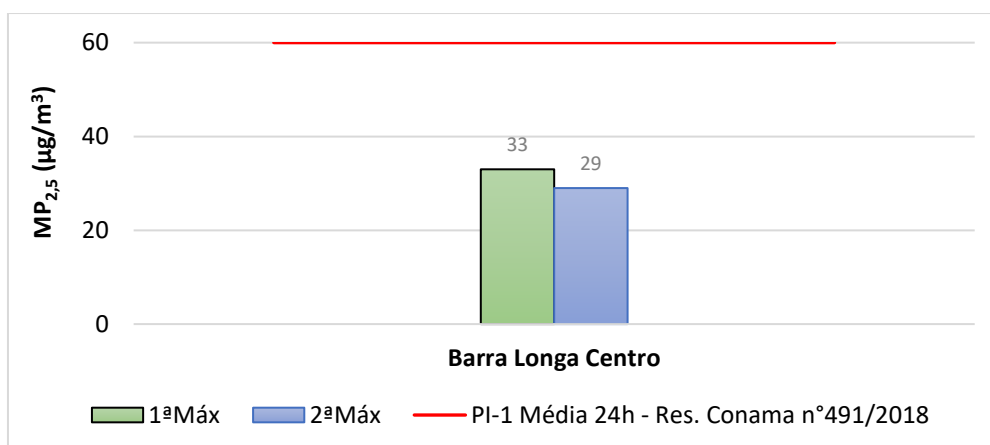


Figura 63: Concentrações máximas diárias de MP_{2,5} na Bacia do Rio Doce.

A média anual encontrada em 2019 foi de 9 µg/m³, estando de acordo com o histórico recente monitorado na estação, destacado na Figura 64, que apresentou oscilação entre aumento e redução de valores desde 2016.

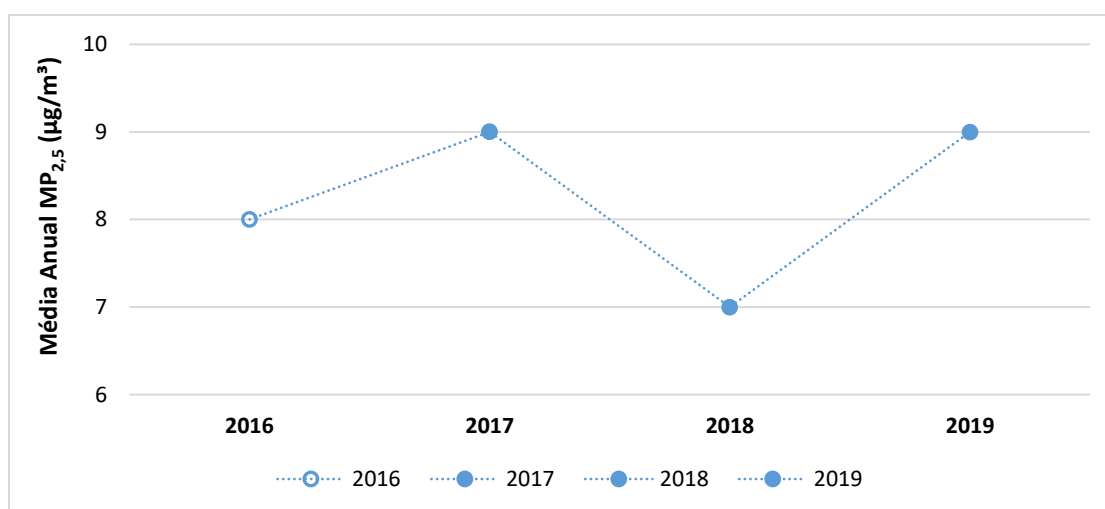


Figura 64: Evolução das médias anuais de MP_{2,5} na Bacia do Rio Doce.

* Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Portanto, a distribuição do IQAr mostra uma predominância da classe “Boa”, dado na Tabela 27, o que era esperado conforme as máximas médias diárias e a média anual apresentada anteriormente.

Tabela 27: Distribuição percentual do IQAr de MP_{2,5} na Bacia do Rio Doce.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Barra Longa Centro	96,4%	0,5%	3,0%

5.4 Congonhas e Ouro Preto

O município de Congonhas, apresenta uma população de 48.519 habitantes, conforme o censo de 2010 do IBGE. Com uma expressiva taxa de urbanização de 97,3%, o município destaca-se por sua forte presença na indústria, sobretudo em atividades voltadas para a mineração e siderurgia, se tornando um importante polo industrial no Estado de Minas Gerais (CÂNDIDO, 2014) e somando um PIB de 1,9 bilhões de reais (IBGE, 2024).

O município está localizado no quadrilátero ferrífero, província mineral mais importante do sudeste brasileiro devido a sua riqueza mineral, especialmente em minério de ferro e ouro, desempenhando um papel fundamental na economia e história da mineração no Brasil (AZEVEDO *et al*, 2012). Além disso, Congonhas abriga um importante acervo arquitetônico e artístico, com destaque para o Santuário Bom Jesus de Matozinhos, conjunto arquitetônico e escultórico considerado a obra prima do mestre Aleijadinho que foi elevado a patrimônio mundial pela Unesco em 1985 (IPHAN, 2014). Em relação aos aspectos físicos, o relevo em Congonhas é montanhoso em sua maior parte (95%), tendo o pico mais alto com 1628 metros na Serra da Bandeira (CONGONHAS, 2018).

Ouro Preto, município limítrofe à Congonhas, de acordo com o censo de 2010, possuía uma população total de 70.281 habitantes, destes, 86,9% ocupando regiões urbanas (IBGE, 2011). A cidade possui importância cultural graças ao grande número de monumentos coloniais conservados, o que tornou a cidade de Ouro Preto Patrimônio Cultural da Humanidade (OURO PRETO, 2024). A mineração, que esteve presente desde a criação do município, atualmente, é a principal atividade industrial do local (ROCHA, 2022), tendo grande participação no PIB de 3,1 bilhões de reais do município (IBGE, 2024). Ouro Preto, também fica localizado no quadrilátero ferrífero, apresenta topografia dividida entre ondulada (40%) e montanhosa (55%), tendo uma altitude média de 1150 metros (OURO PRETO, 2024).

Ouro Preto foi o município que mais perdeu representatividade na atividade industrial de Minas Gerais no período, saindo de uma participação de 3,1% em 2018 para apenas 0,8% em 2019. A queda esteve atrelada à interrupção/redução na operação na extração do minério de ferro para monitoramento e verificação da segurança das



barragens após o rompimento ocorrido em Brumadinho. Além disso, houve redução de quase 30,0% no consumo de energia elétrica industrial no município, o que também ratifica o menor nível de produção na indústria extrativa mineral local. (FJP, 2022).

Conforme apresentado na Tabela 7 e na Figura 5, a maioria das estações de monitoramento desta região estão localizadas no município de Congonhas, foco da rede de monitoramento. No entanto, existe uma estação de monitoramento da qualidade do ar no município de Ouro Preto, mais precisamente na comunidade Motas devido à proximidade dos dois municípios e da existência de grandes atividades minerárias no entorno. Além disto, por conta do relevo montanhoso a rede conta com estações que monitoram apenas parâmetros meteorológicos no território de Ouro Preto.

5.4.1 Caracterização das fontes de poluição de Congonhas e Ouro Preto

O comportamento da expansão da frota veicular foi semelhante nos dois municípios, com um aumento de 66% da frota de Ouro Preto e 72% da frota de Congonhas, no período de 2010 a 2019, conforme expõe a Figura 65.

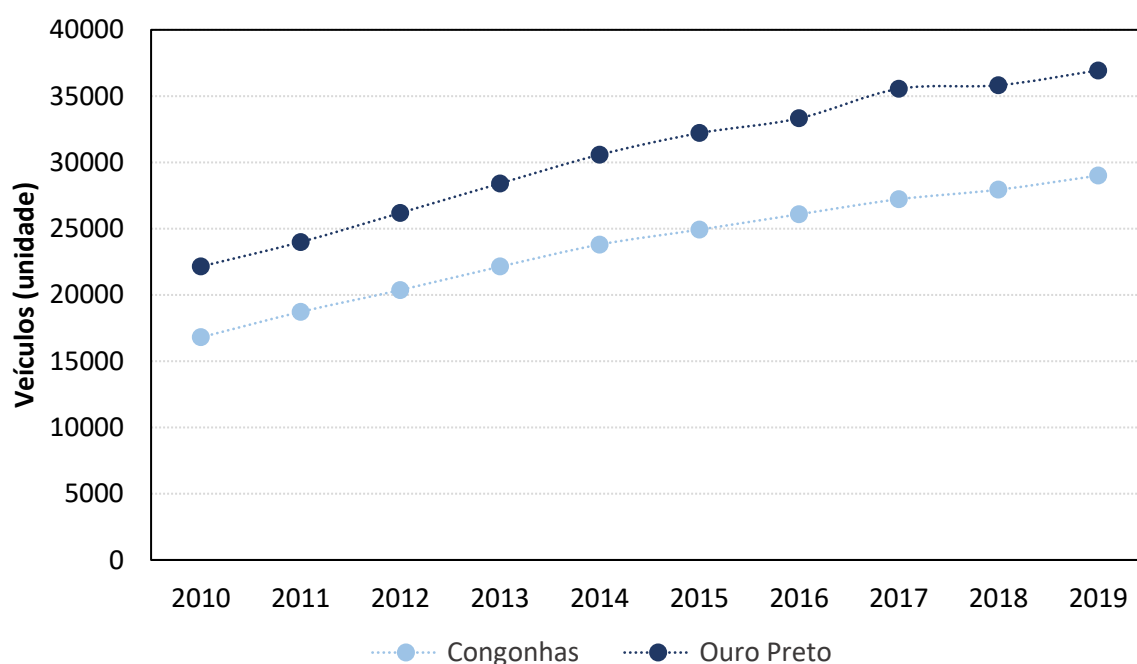


Figura 65: Crescimento da frota veicular de Congonhas e Ouro Preto.

Fonte: IBGE, 2022.



A análise da Figura 66 revela que em ambos municípios a quantidade de focos de incêndio oscilou de forma semelhante ao longo dos anos. Em 2019, os dois municípios apresentaram quantidades elevadas de focos de incêndio, de forma que a quantidade registrada em Congonhas foi a maior da série temporal considerada. Em Ouro Preto esse foi o segundo maior valor, ficando atrás apenas da quantidade registrada em 2017.

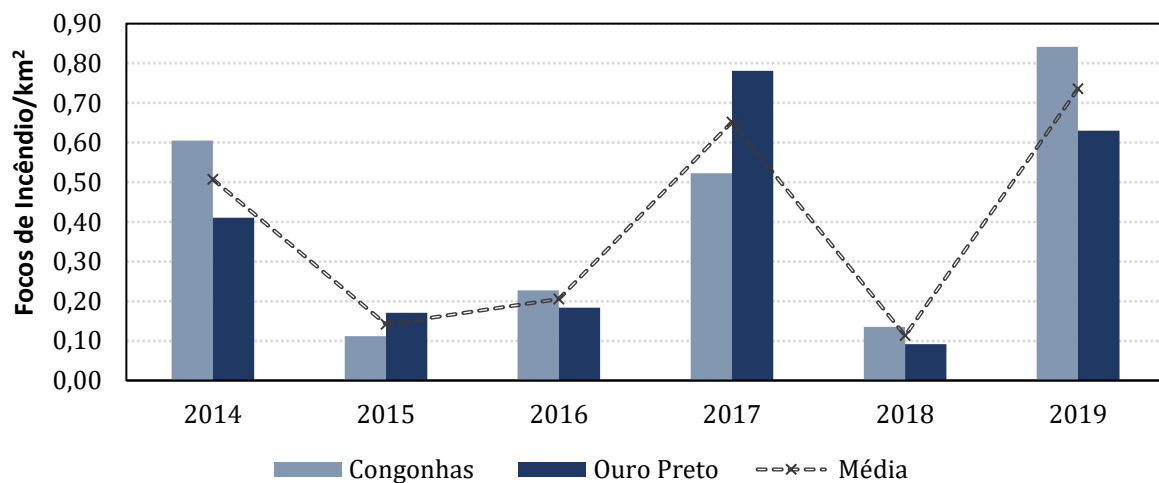


Figura 66: Focos de Incêndio em Congonhas e Ouro Preto.

Fonte: INPE, 2024.

Já a quantidade de empreendimentos licenciados cresceu nos dois municípios no ano de 2019, mostrada na Figura 67, na qual observa-se que esse aumento ocorreu tanto nos empreendimentos de classe 1 e 2, quanto de 3 a 6.



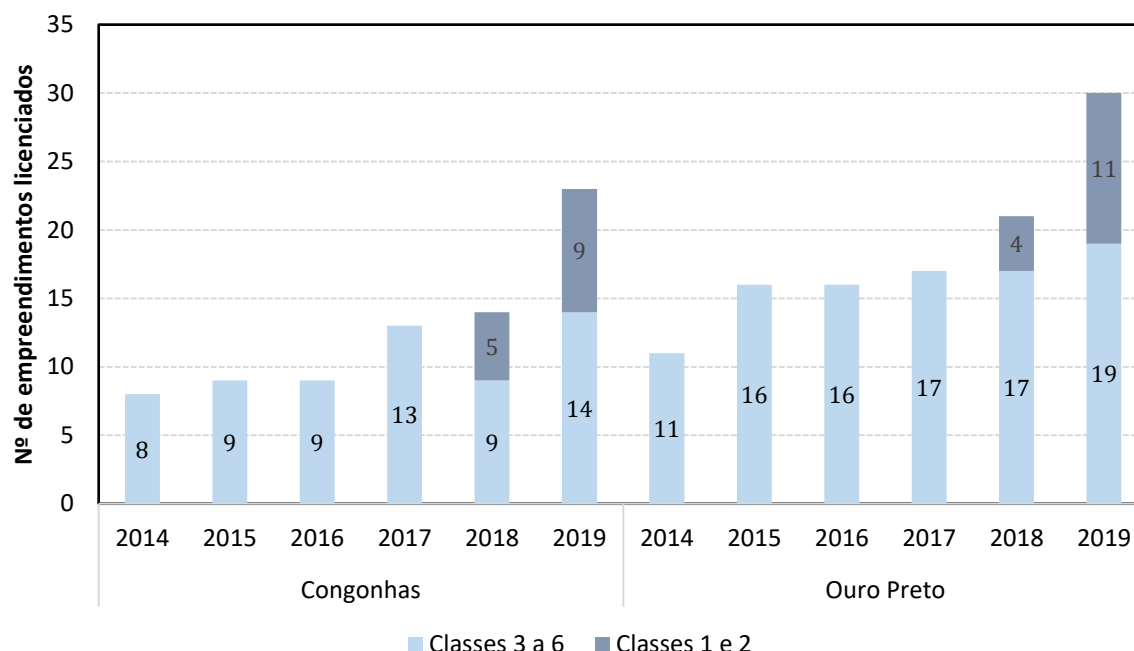


Figura 67: Empreendimentos licenciados em Congonhas e Ouro Preto.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

A distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento na região de Congonhas - Ouro Preto em 2019 é apresentada Tabela 28, segundo a listagem de atividades da DN COPAM nº 217/2017 e considerando as informações disponíveis no IDE. Conforme os dados da tabela, observa-se uma predominância de atividades do tipo A - atividades minerárias, em ambos os municípios. Congonhas também apresenta predomínio da listagem F – Gerenciamento de Resíduos e Serviços.

Tabela 28: Listagem dos empreendimentos em Congonhas e Ouro Preto em 2019.

Listagens	Congonhas	Ouro Preto
Listagem A	10	12
Listagem B	2	4
Listagem C	3	2
Listagem D	-	-
Listagem E	-	5
Listagem F	10	6
Listagem G	-	1
Total	25	30

Fonte: IDE SISEMA, 2024

5.4.2 PTS em Congonhas e Ouro Preto

A Figura 68 apresenta as máximas médias diárias das estações de Congonhas e Ouro Preto que realizaram monitoramento de PTS em 2019.



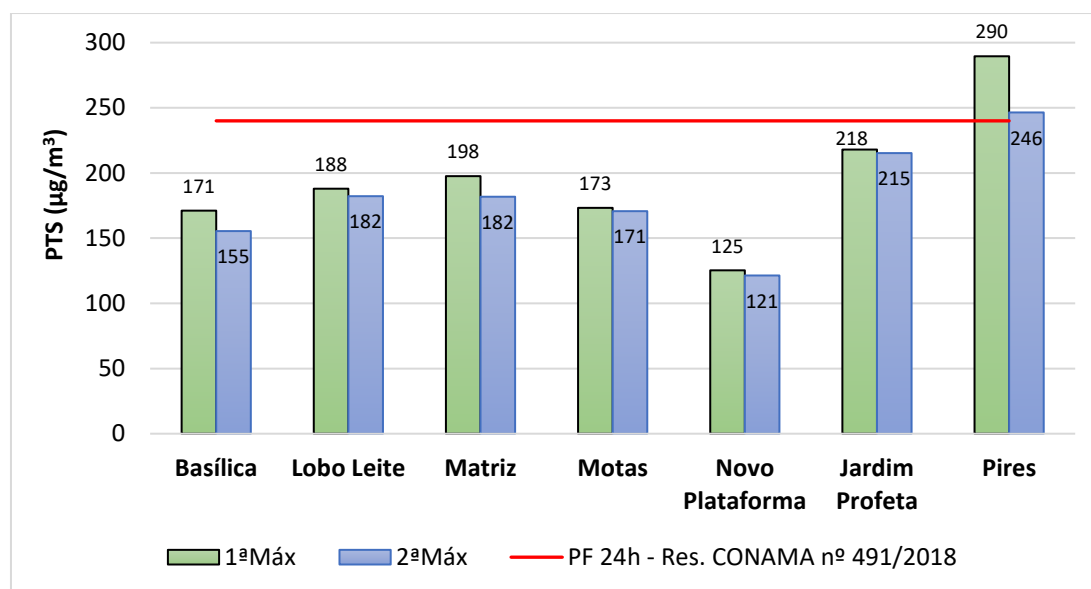


Figura 68: Concentrações diárias máximas de PTS em Congonhas e Ouro Preto.

Observa-se que houve ultrapassagem do padrão de curta duração de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ apenas na estação Pires. Ressalta-se que todas as ultrapassagens registradas ocorreram entre julho e setembro, que conforme discutido no item 4, foi um período marcado por precipitação acumulada abaixo da normal climatológica da região.

As médias anuais de PTS são apresentadas na Figura 69. Considerando as estações com médias anuais representativas, ocorreram ultrapassagens ao padrão de média anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas estações Matriz e Pires.

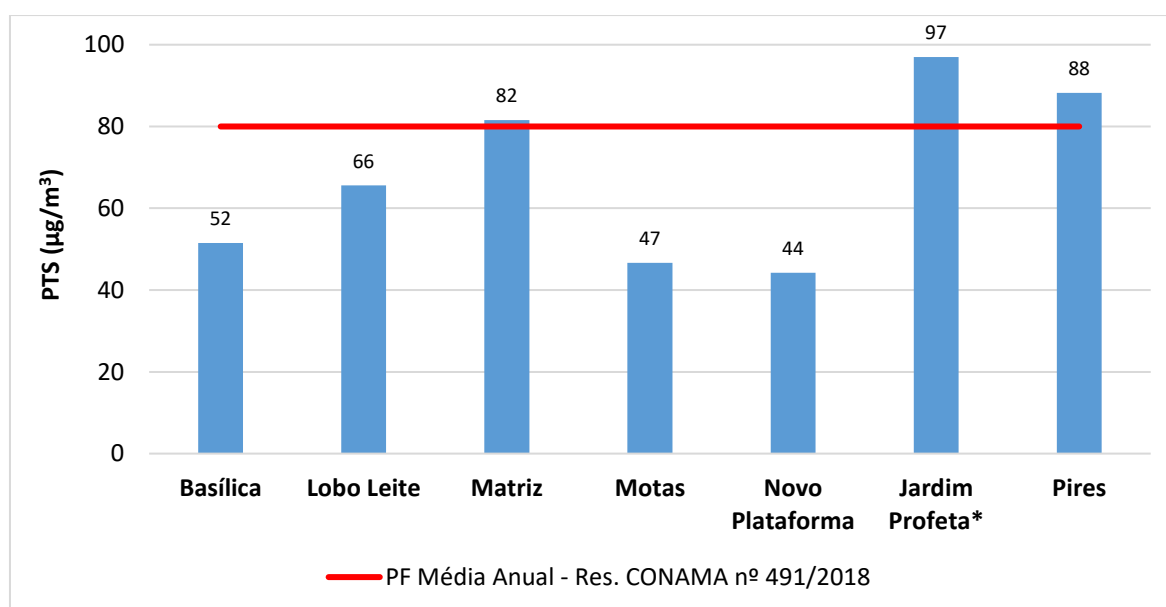


Figura 69: Concentrações médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.

*Não Representativo.



A análise da evolução das médias anuais é apresentada na Figura 70. Pode-se observar que tanto em Congonhas quanto em Ouro Preto, as médias anuais medidas em 2019 são superiores às do ano anterior; é possível que esse comportamento esteja atrelado às condições climatológicas desfavoráveis do ano e a maior ocorrência de focos de incêndio, no entanto, é difícil indicar tendências na evolução das concentrações médias por se tratar de uma rede de monitoramento iniciada em 2017.

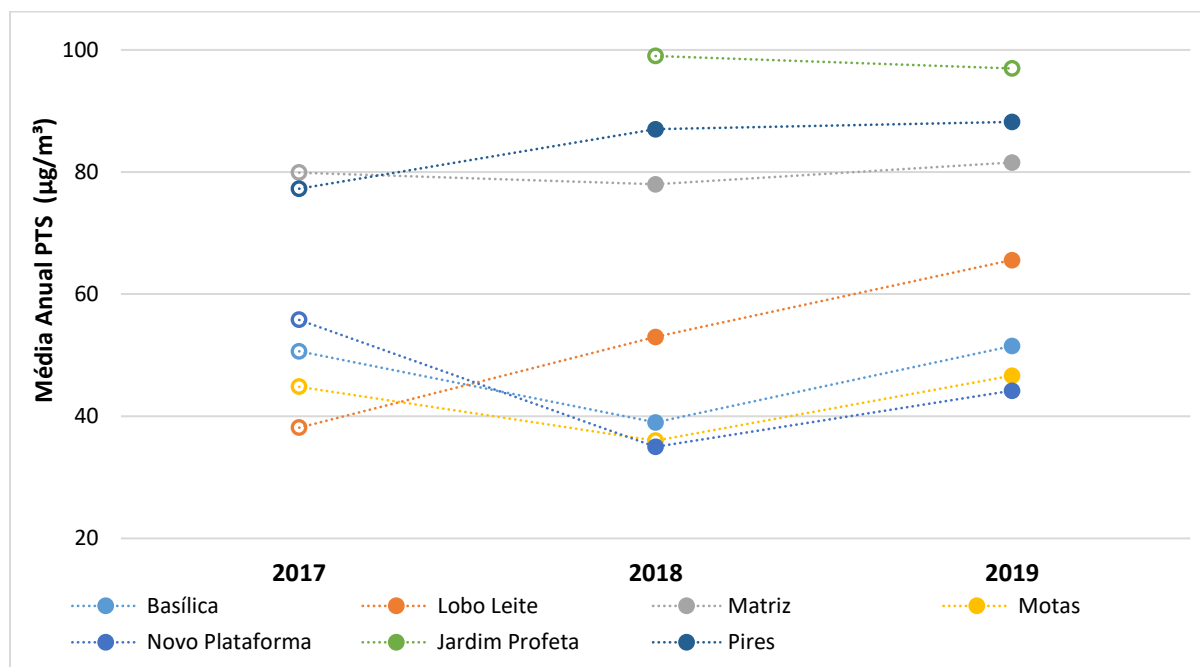


Figura 70: Evolução das médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.

* Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.3 MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto

A Figura 71 apresenta as máximas médias diárias de MP₁₀ em comparação com o padrão de média de 24 horas estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018. No período observado, houve ocorrências de ultrapassagem do padrão de 120 µg/m³ nas estações Lobo Leite e Pires.



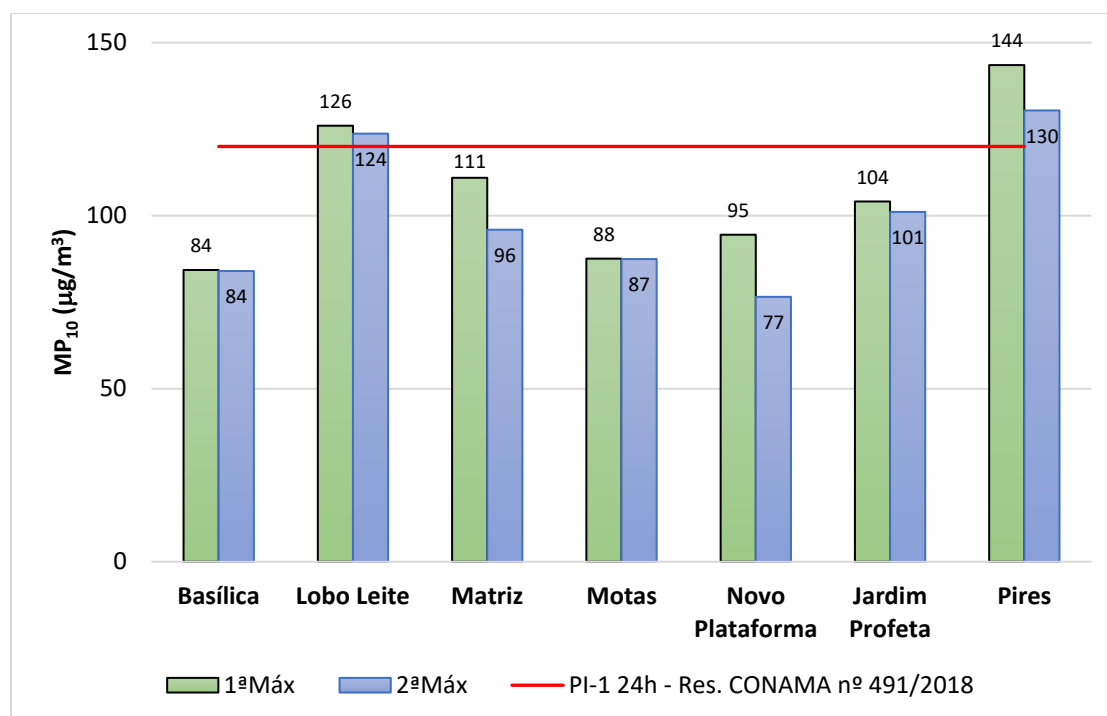


Figura 71: Concentrações diárias máximas de MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.

A distribuição dos índices de qualidade do ar é dada na Tabela 29, sendo observado que houve predominância da qualidade 'Boa', exceto na estação Pires, que apresentou 37% da classe "Moderada". As estações Lobo Leite e Matriz apresentaram também proporções notáveis de ocorrências de qualidade do ar 'Moderada', de 20,5% e 19,5%, respectivamente. Destaca-se ainda a estação Jardim Profeta, que apresentou grande quantidade de dados omissos, representando mais de 30%.

Tabela 29: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Basílica	91,5%	6,8%	-	1,6%
Lobo Leite	75,6%	20,5%	-	2,5%
Matriz	69,6%	19,5%	0,3%	10,7%
Motas	78,4%	10,1%	-	11,5%
Novo Plataforma	87,7%	8,2%	-	4,1%
Jardim Profeta	50,1%	16,2%	0,5%	33,2%
Pires	51,2%	37,0%	3,8%	7,9%

A Figura 72 apresenta as concentrações médias anuais de MP₁₀ nas estações de Congonhas e Ouro Preto. O padrão anual de 40 µg/m³ foi ultrapassado em três estações, são elas: Lobo Leite, Matriz e Pires. Assim como mencionado na análise



da Tabela 29, a grande quantidade de dados omissos da estação Jardim Profeta comprometeu a representatividade dos dados dessa estação.

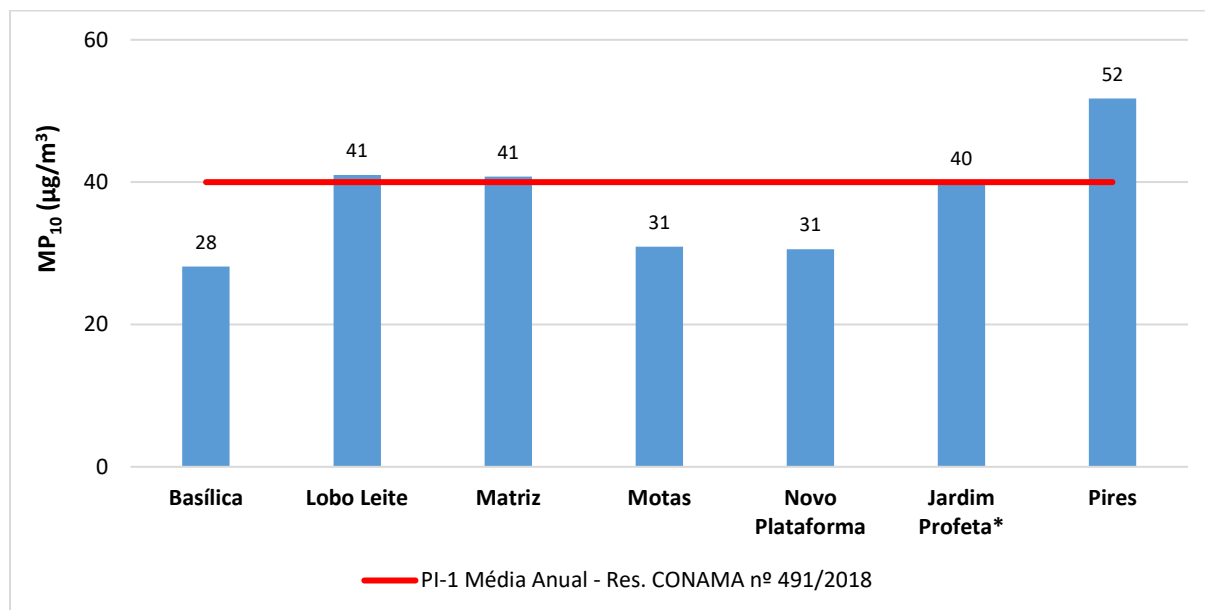


Figura 72: Concentrações médias anuais de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.
*Não Representativo.

Como pode ser observado na Figura 73, desde o início de operação da rede de Congonhas e Ouro Preto em 2017, houve pouca variação das médias anuais medidas nas estações, com exceção da estação Lobo Leite, que apresentou um aumento de cerca de 40% entre 2018 e 2019.

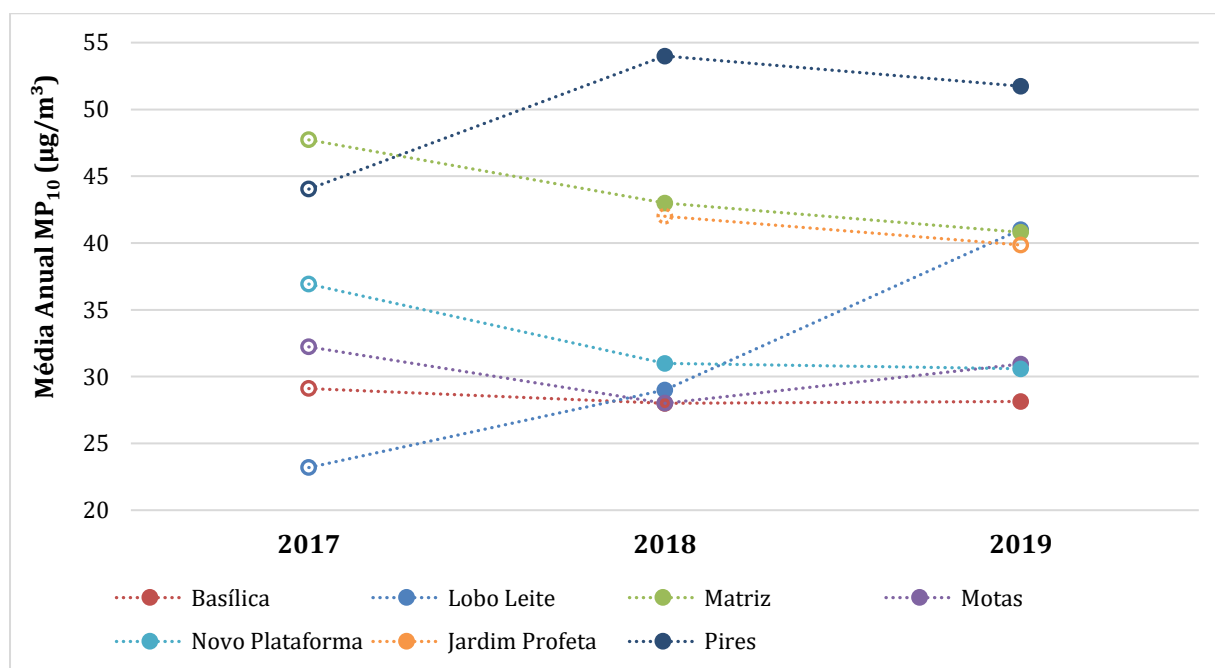


Figura 73: Evolução das médias anuais de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.4 $MP_{2,5}$ em Congonhas e Ouro Preto

A Figura 74 apresenta as máximas médias diárias de partículas respiráveis nas estações que realizaram o monitoramento desse poluente em 2019. Não houve ultrapassagem do padrão fixado pela Resolução CONAMA nº 491/2018, de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

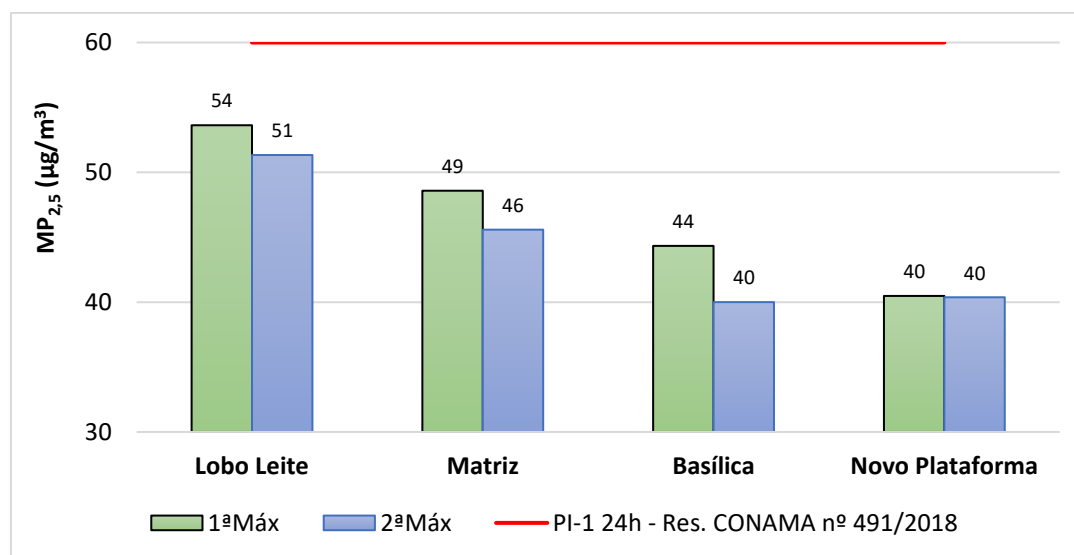


Figura 74: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ em Congonhas.

Quanto ao IQAr registrados durante o ano de 2019, conforme a Tabela 30, a maior parte apontou para a qualidade 'Boa', no entanto foram registrados episódios de qualidade 'Moderada' em todas as estações e alguns episódios da classe 'Ruim' na estação Lobo Leite. Em relação à representatividade desses dados, destaca-se as estações Basílica e Novo Plataforma, que apresentaram uma grande quantidade de dias sem gerar índice, sendo que na segunda estação a representatividade anual dos dados foi comprometida.

Tabela 30: Distribuição percentual do IQAr de $MP_{2,5}$ em Congonhas.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Lobo Leite	85,8%	6,8%	0,8%	6,6%
Matriz	71,8%	5,5%	-	22,7%
Basílica	51,0%	6,0%	-	43,0%
Novo Plataforma	23,0%	2,7%	-	74,2%

Em relação às concentrações médias anuais, não houve ultrapassagem do padrão vigente à época de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tendo a maior média registrada com o valor de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação Basílica, dispostas na Figura 75.



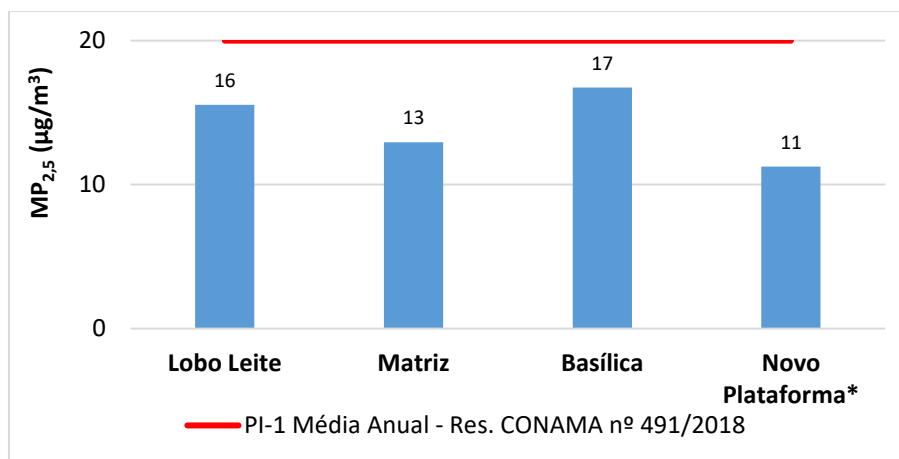


Figura 75: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.
*Não Representativo.

A análise da Figura 76 revela que houve aumento das concentrações médias entre 2018 e 2019 nas estações Lobo Leite e Matriz. Além disso, pode-se destacar que a Estação Basílica, que iniciou monitoramento de $MP_{2,5}$ em 2019, apresentou a maior média anual entre todas as estações em todo o período de monitoramento; isso evidencia a importância dessa estação no monitoramento de partículas respiráveis no município de Congonhas.

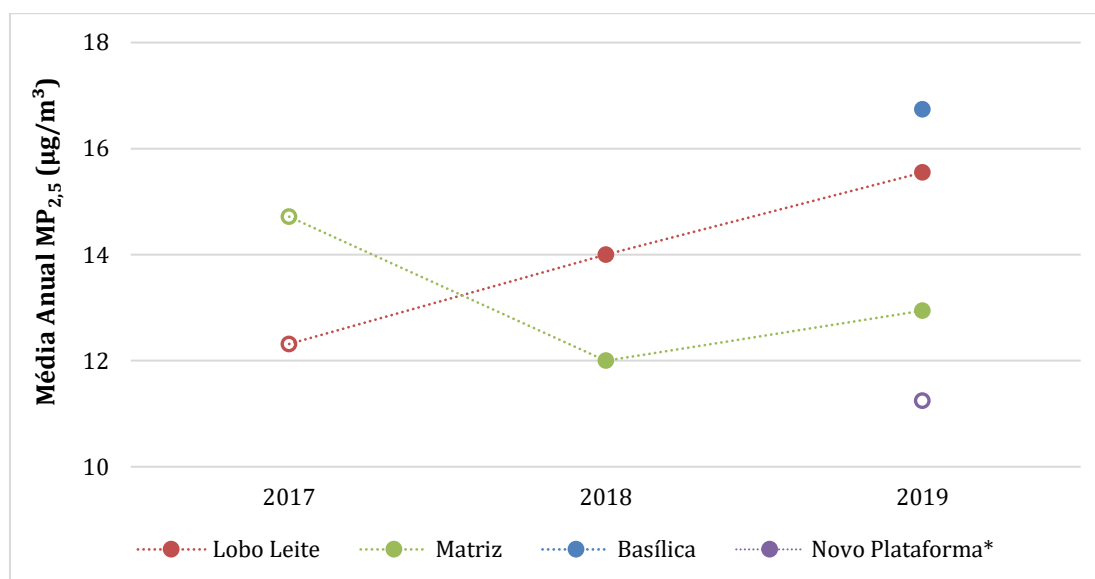


Figura 76: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.5 SO₂ em Congonhas e Ouro Preto

As máximas concentrações diárias de SO_2 medidas em 2019 são apresentadas na Figura 77. Percebe-se que as concentrações médias foram muito inferiores quando comparadas com o padrão da Resolução CONAMA nº491/2018, sendo que a maior



média diária, observada na estação Lobo Leite, corresponde a apenas 18% do padrão de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

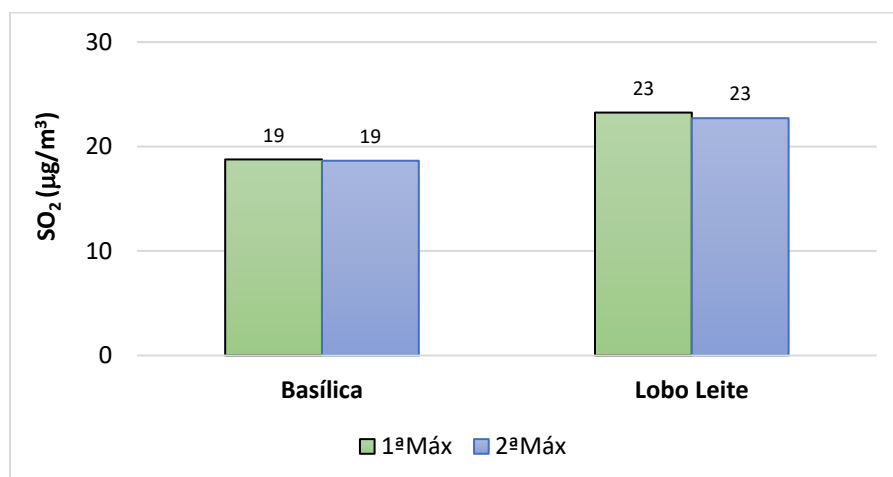


Figura 77: Concentrações médias diárias máximas de SO₂ em Congonhas.

Esse comportamento também é observado na Tabela 31, que apresenta a distribuição do IQAr de dióxido de enxofre, já que se observa a predominância da qualidade 'Boa' entre os índices válidos. Pode-se destacar que a estação Lobo Leite apresentou uma grande quantidade de dados omissos, o que resultou na falta de representatividade anual para o cálculo da concentração média dessa estação.

Tabela 31: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ em Congonhas.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Basílica	99,2%	-	0,8%
Lobo Leite	53,2%	0,5%	46,3%

Quanto às médias de longa exposição, apresentadas na Figura 78, pode-se apontar, no entanto, que as médias anuais estão significativamente abaixo do PI-1 de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido na legislação vigente ao período. Já na Figura 79, observa-se que ao longo do período de operação da rede de monitoramento de Congonhas, houve pouca variação das médias calculadas na estação Basílica, que se mantiveram na faixa entre 8 e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto na estação Lobo Leite nenhuma das médias obtidas foi representativa.



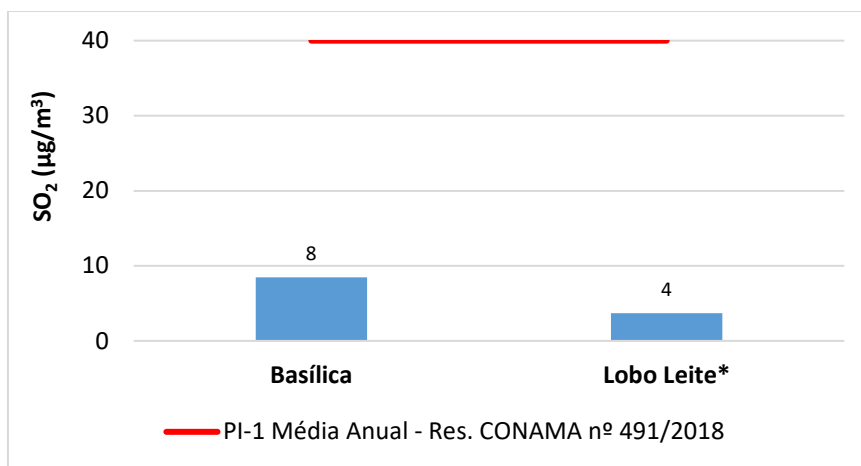


Figura 78: Concentrações médias anuais de SO₂ em Congonhas.
*Não Representativo.

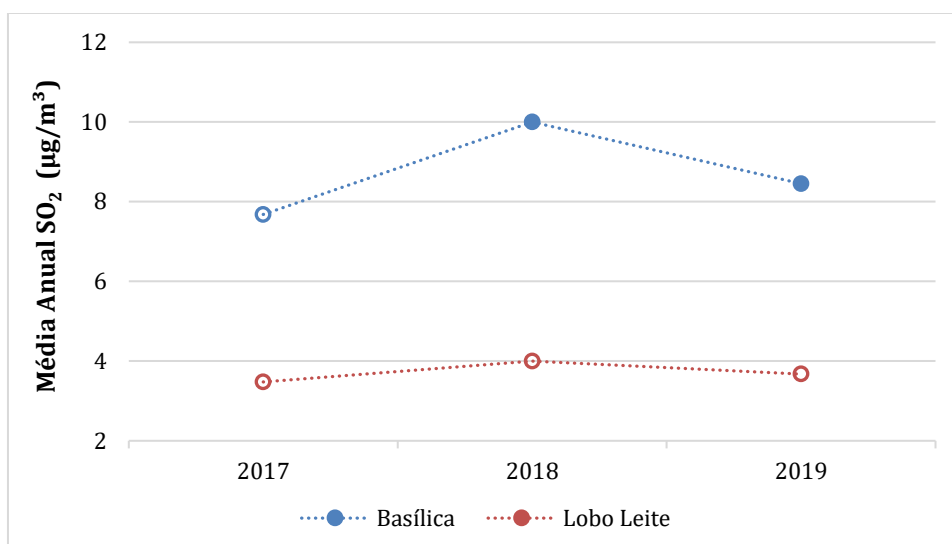


Figura 79: Evolução das médias anuais de SO₂ em Congonhas.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.6 NO₂ em Congonhas e Ouro Preto

As máximas horárias medidas para o NO₂ em 2019 são apresentadas na Figura 80. Observa-se que não houve ultrapassagem do padrão de curta duração determinado pela legislação, tendo como maior máxima a ocorrência de 99 µg/m³ na estação Basílica, cerca de apenas 38% do limite de 260 µg/m³ estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018.



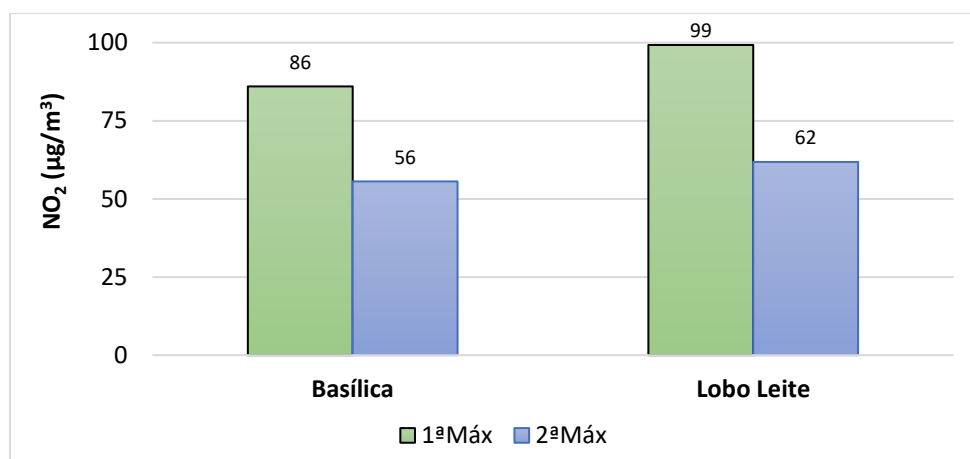


Figura 80: Concentrações médias horárias máximas de NO₂ em Congonhas.

Essa falta de ultrapassagens do padrão de curta duração do NO₂ se traduz na Tabela 32 com a predominância da qualidade “Boa” entre as médias horárias registradas para o período, representando mais de 90% dos índices gerados em 2019.

Tabela 32: Distribuição percentual do IQAr de NO₂ em Congonhas.

Estação	Boa	Omissos
Basílica	99,7%	0,3%
Lobo Leite	91,8%	8,2%

Em relação às médias anuais, apresentadas na Figura 81, observa-se que as concentrações medidas durante o período de operação das estações geraram médias de longa exposição muito inferiores ao padrão estabelecido na legislação vigente à época, de 60 µg/m³.

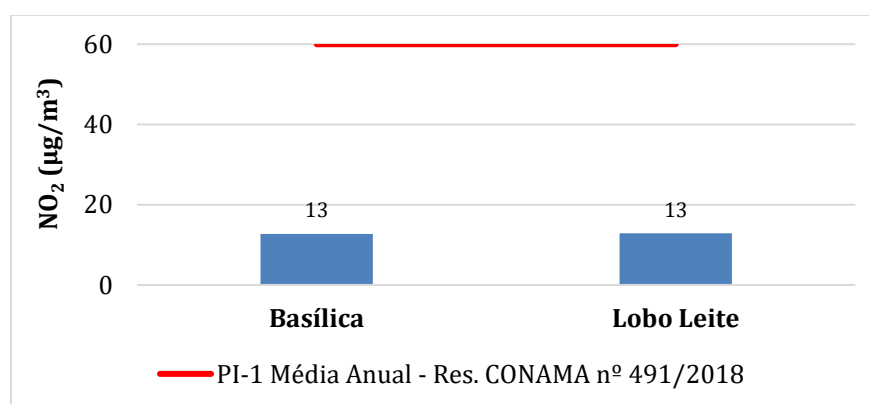


Figura 81: Concentrações médias anuais de NO₂ em Congonhas.

Quanto à evolução das médias anuais de NO₂, a Figura 82 mostra que, entre os anos de 2018 e 2019, a média anual diminuiu na estação Basílica, já na estação Lobo Leite houve crescimento do valor médio. No entanto, ressalta-se que os valores medidos



em ambas estações estão consideravelmente abaixo do limite estabelecido pela legislação.

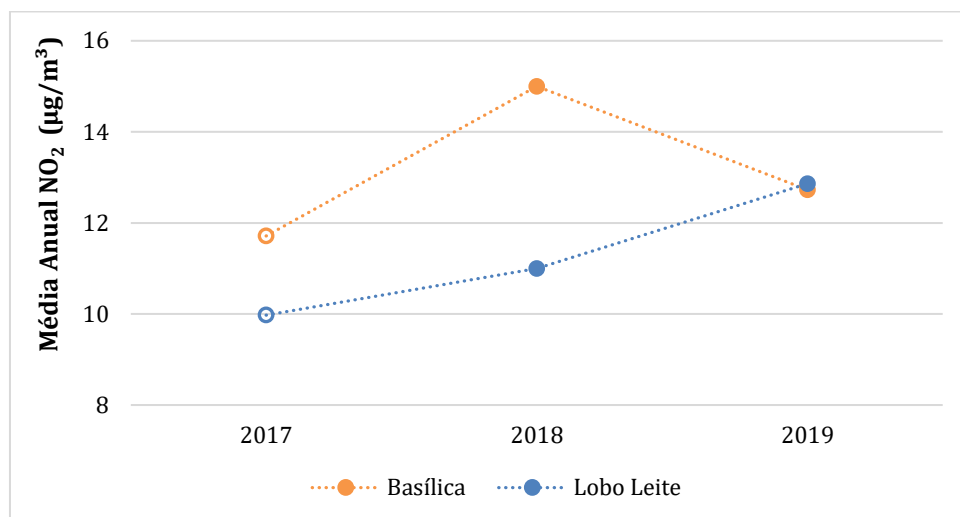


Figura 82: Evolução das médias anuais de NO₂ em Congonhas. Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.7 CO em Congonhas e Ouro Preto

A Figura 83 apresenta as máximas médias móveis de 8 horas de monóxido de carbono; poluente que foi monitorado apenas na estação Lobo Leite no ano de 2019. Observa-se que além do padrão não ter sido excedido, os valores das máximas estão consideravelmente abaixo do padrão da Resolução CONAMA n° 491/2018, de 9 ppm.

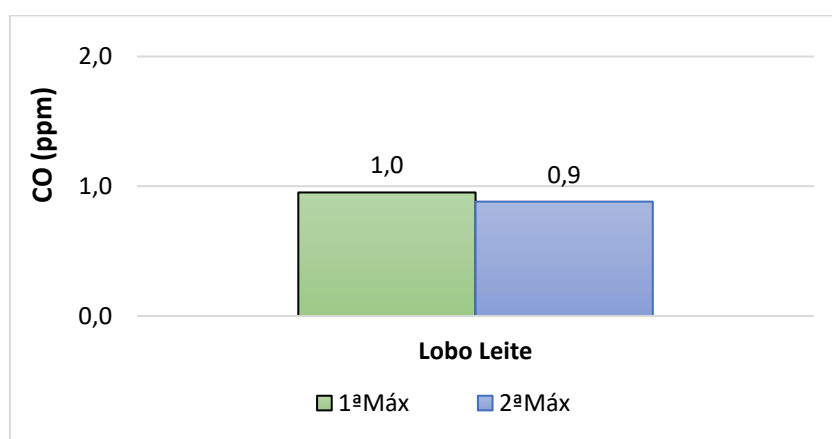


Figura 83: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO em Congonhas.

Como reflexo do que é observado nas máximas médias de 8 horas, de acordo com a Tabela 33, houve predominância da qualidade do ar 'Boa' em relação ao CO, correspondendo a 99% dos índices de 2019.

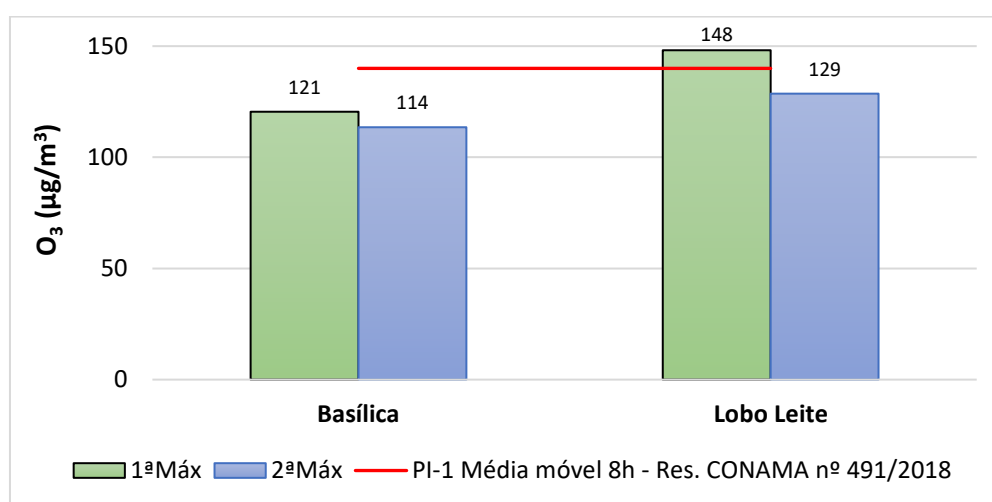


Tabela 33: Distribuição percentual do IQAr de CO em Congonhas.

Estação	Boa	Omissos
Lobo Leite	99,2%	0,8%

5.4.8 O_3 em Congonhas e Ouro Preto

As máximas médias móveis de 8 horas de ozônio em Congonhas são mostradas na Figura 84, sendo observadas concentrações mais elevadas de O_3 na estação Basílica, de forma que o padrão de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi excedido em uma ocasião, no mês de setembro, em $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

**Figura 84:** Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 em Congonhas.

Em relação aos dados do IQAr apresentados na Tabela 34, observa-se o predomínio da qualidade 'Boa' em ambas as estações, comportamento possivelmente relacionado às condições meteorológicas observadas nessa região durante o ano de 2019. Destaca-se, na estação Lobo Leite, um episódio de qualidade 'Ruim' no dia em que houve ultrapassagem do padrão da Resolução CONAMA nº 491/2018.

Tabela 34: Distribuição percentual do IQAr de O_3 em Congonhas.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Basílica	98,4%	1,4%	-	0,3%
Lobo Leite	86,8%	2,7%	0,3%	10,1%

5.5 Demais municípios

Os demais municípios que continham redes automáticas de monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais em 2019 eram: Conceição do Mato Dentro, Itabira, Paracatu e Pirapora.

O município de Conceição do Mato Dentro apresentava, em 2010, uma população de 17.908 pessoas, com cerca de 68,5% da população residindo em área urbana (IBGE, 2011). A economia do município é marcada pelo setor industrial e de serviços, sendo a indústria o maior colaborador para o PIB de cerca de 3,9 bilhões de reais em 2019 (IBGE, 2024). Atualmente, está instalado no município o empreendimento Minas-Rio, planta de extração, beneficiamento e exportação de minério de ferro da mineradora sul-africana Anglo American que teve sua operação iniciada em 2014, com capacidade de produção anual de cerca de 23 milhões de toneladas de minério (Anglo American, 2024).

Em 2019, Conceição do Mato Dentro teve o maior ganho de participação no VAB industrial do estado, passando de 0,3% em 2018 para 1,8% (um aumento de 1.5 p.p.). O município foi favorecido pela retomada da produção de minério de ferro pela Anglo American pois em 2018, a empresa produziu apenas no primeiro trimestre em razão de vazamentos no mineroduto que interliga o sistema Minas-Rio. Em 2019, a empresa operou ao longo do ano todo e a retomada da produção da Anglo ajudou a aliviar uma parte da redução da oferta brasileira decorrente das atividades suspensas, temporariamente, em algumas minas da Vale devido ao rompimento da barragem em Brumadinho (FJP, 2022). Além disto, o município também figura na lista dos maiores ganhos de representatividade (*Top 10*) no Valor Adicionado Bruto (VAB) estadual dos serviços privados do estado entre 2018 e 2019. Os ganhos de representatividade (0,2 p.p.) foram advindos do aumento dos serviços de transporte de carga associado ao escoamento da produção do minério de ferro (FJP, 2022).

Localizado na borda leste da Cadeia do Espinhaço, Conceição do Mato Dentro está em uma altitude de 740 metros e possui relevo majoritariamente montanhoso, com áreas menores de característica plana ou ondulada (SILVA, 2018). A área, considerada de grande importância ambiental, está inserida em uma região divisora das bacias hidrográficas do Rio Doce e do Rio São Francisco e possui vegetação de



transição entre os domínios do cerrado e da mata atlântica, com predominância dos campos rupestres do primeiro bioma (MOREIRA, 2015).

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\$ 7,2 bilhões em 2019 (IBGE, 2024). Itabira ocupou a oitava posição entre os *Top 10* municípios com maior participação percentual (2,6%) no Valor Adicionado Bruto (VAB) industrial estadual em 2019 (FJP, 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). 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 somou um montante equivalente a 4,9 bilhões de reais em 2019 (IBGE, 2024). Neste ano, o município teve ganho de representatividade no VAB industrial de 0,2 p.p, sendo a indústria extrativa mineral como atividade responsável pelo acréscimo de participação (FJP, 2022). Paracatu também apareceu em segundo lugar entre os *top dez* municípios com maior participação percentual no Valor Adicionado Bruto (VAB) agropecuário estadual, representando 2,1% em 2019, ganho de 0,2 p.p em relação ao ano anterior. O ganho de 0.2 p.p de participação no VAB agropecuário ocorreu no cultivo do milho (evolução favorável dos preços) e do algodão herbáceo (favorecido pelo aumento da quantidade produzida no contexto de incentivos governamentais para expansão da cultura no cenário estadual como o Programa Mineiro de Incentivo à cultura do Algodão – Proalminas). Além disso, o ano de 2019 foi favorável para a cultura do trigo e do feijão e, também, contou com a contribuição de Paracatu para esse resultado. O município é o principal produtor de feijão em Minas Gerais,



representando mais de um décimo do valor bruto de produção do cultivo em âmbito estadual (FJP, 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). Em 2019, a extração de metais preciosos (ouro) foi recorde no município. De acordo com a Kinross Brasil Mineração (empresa atuante em Paracatu e subsidiária da canadense Kinross Gold Corporation), a produção de ouro aumentou 18,8% no complexo minerário do município, em razão da implantação de um programa de otimização dos ativos que culminou em maior eficiência da planta industrial e em um melhor conhecimento sobre as reservas locais do minério. Além da extração do ouro, o município de Paracatu também apresentou performance favorável na indústria de transformação (fabricação de alimentos e bebidas) e no segmento de energia e saneamento, tanto no que diz respeito ao consumo e distribuição de energia quanto em relação à geração de eletricidade. Além da ampliação na geração de energia solar em seu território, a presença da usina hidrelétrica de Batalha da empresa Furnas também contribuiu para o desempenho positivo (FJP, 2022).

A cidade de Pirapora está localizada no Norte do Estado de Minas Gerais e contava com uma população de 53.368 pessoas no ano de 2010, sendo destas 98,2% urbana. Em 2019 movimentou um PIB em torno de R\$ 2,4 bilhões de reais (IBGE, 2024).

É o segundo maior polo de industrialização do Norte do estado, onde as principais empregadoras de mão de obra são as indústrias têxtil e metalúrgica, instaladas na região após a chegada da ferrovia, que possibilitou o transporte de cargas e de passageiros. Essas indústrias são fundamentais para a economia local e, dentre as que apresentam destaque, tem-se a Cedro Têxtil, Cerâmica Pirapora, Inonibrás (Ferro-ligas), Liasa (silício metálico), Minasligas (Ferro-ligas e Silício Metálico), dentre outras (PIRAPORA, 2017).

5.5.1 Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios

Assim como já abordado nas outras regiões de Minas Gerais, as principais fontes de emissões atmosféricas são as queimadas, as fontes veiculares e as industriais. A



seguir são percorridos dados dessas fontes de poluição para as cidades de Paracatu, Itabira, Pirapora e Conceição do Mato Dentro.

O crescimento da frota veicular dos demais municípios é dado na Figura 85 para o período entre 2010 e 2019. Itabira e Paracatu foram os municípios com as maiores frotas em 2019, cerca de 62 mil no primeiro e 48 mil no segundo. Em relação ao aumento percentual, Conceição do Mato Dentro apresentou o maior crescimento, de cerca de 132%, por outro lado, Itabira apresentou o menor aumento percentual, de aproximadamente 57%.

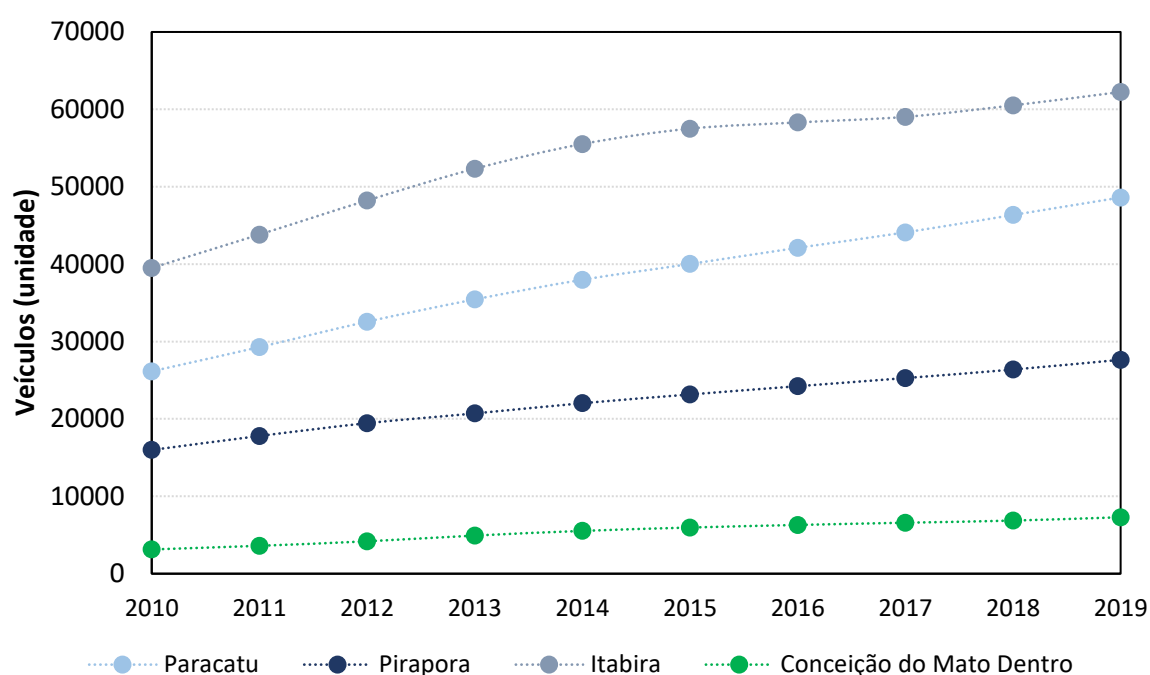


Figura 85: Crescimento da frota veicular dos demais municípios.

Fonte: IBGE, 2023.

Com relação ao impacto provocado pelas queimadas, avaliado por meio do número de focos de incêndio, a Figura 86 apresenta os dados de focos de incêndio por quilômetro quadrado obtidos nos demais municípios de 2014 a 2019. Observa-se que, com exceção de Itabira, todos os municípios apresentaram o valor máximo de densidade de focos no ano de 2019, sendo Pirapora o município com a maior quantidade de focos por quilômetro quadrado.



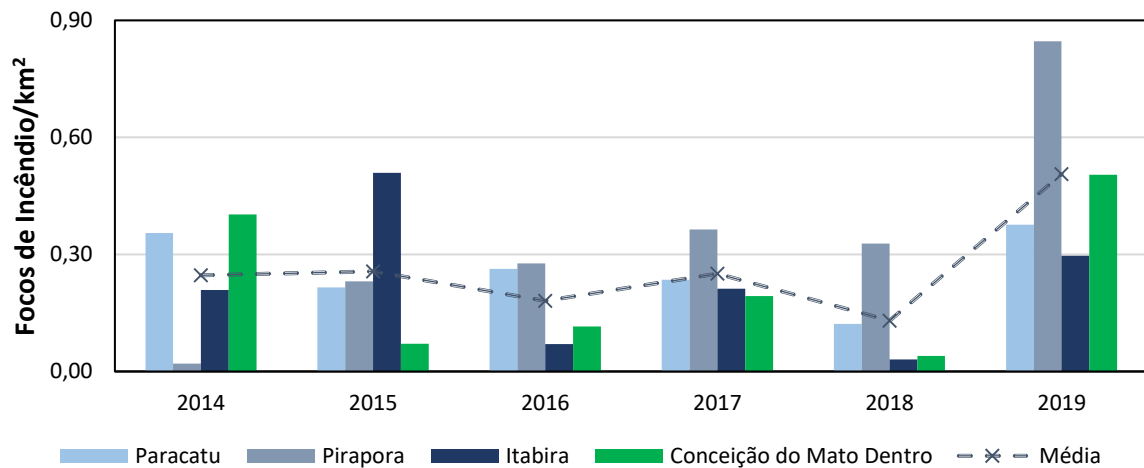


Figura 86: Focos de incêndio nos demais municípios.

Fonte: INPE, 2024.

Quanto às fontes de poluição industrial, destaca-se na Figura 87 a evolução dos empreendimentos licenciados nos demais municípios, no período de 2014 a 2019, conforme camada do IDE-SISEMA (2024). Observa-se que houve aumento da quantidade de empreendimentos licenciados em todos os municípios do grupo.

Pode-se destacar que nos municípios de Paracatu e Pirapora, ocorreu um salto na quantidade de empreendimentos de classes 1 e 2 no ano de 2019. Também nesse ano, percebe-se que a quantidade de empreendimentos se estabilizou em Conceição do Mato Dentro, o que não ocorreu com o restante dos municípios do grupo, já que todos apresentaram novas licenças emitidas em 2019.

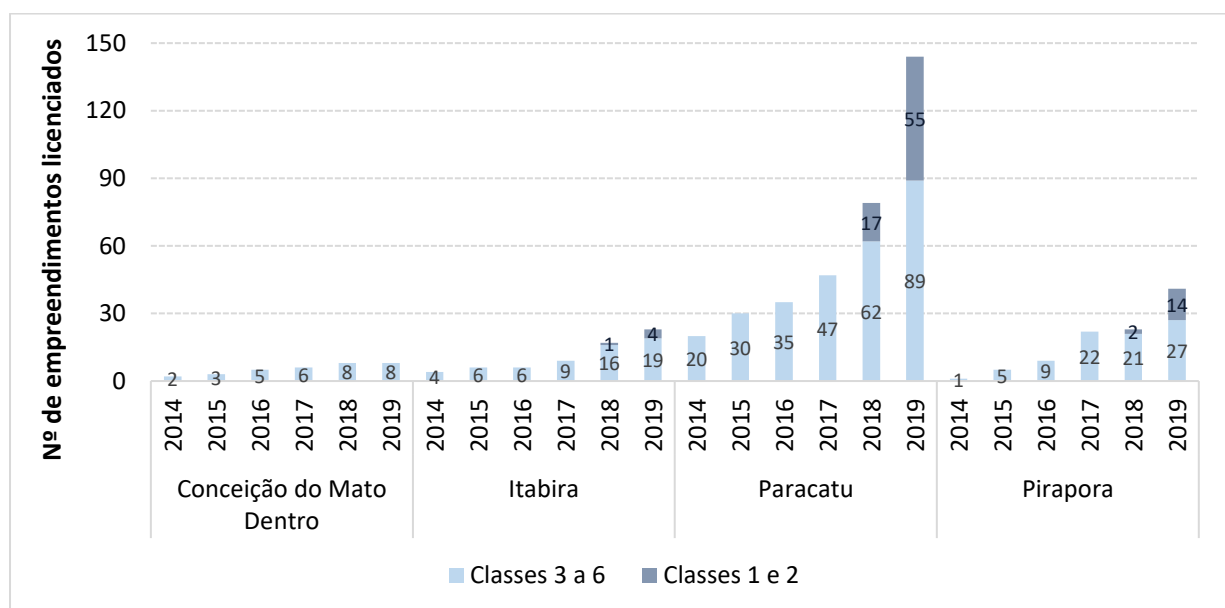


Figura 87: Empreendimentos licenciados nos demais municípios.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2024.

Considerando a listagem de atividades da DN COPAM nº 217/2017, conforme a Tabela 35, Itabira e Conceição do Mato Dentro apresentam predomínio da listagem A – Atividades Minerárias, já em Pirapora existe uma maior quantidade de empreendimentos sob a listagem E – Atividades de infraestrutura; no município de Paracatu destaca-se a listagem G – Atividades Agrossilvipastoris, perfazendo 86 empreendimentos em 2019.

Tabela 35: Listagens dos empreendimentos nos demais municípios.

Listagens	CMD	Itabira	Paracatu	Pirapora
Listagem A	6	10	17	1
Listagem B	-	2	6	5
Listagem C	-	2	2	5
Listagem D	-	4	7	1
Listagem E	-	3	9	16
Listagem F	1	1	17	8
Listagem G	1	1	86	4
Total	8	23	144	40

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2024.

5.5.2 PTS nos demais municípios

As máximas concentrações diárias de PTS observadas nas estações dos demais municípios em 2019 são dadas na Figura 88. Verifica-se que houve extrapolação do padrão diário, de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Paracatu, nas estações Clube do União e Sérgio Ulhoa, e em Conceição do Mato Dentro, na estação Aeroporto CMD, sendo que as maiores ocorrências do período ocorreram na última estação, que apresentou valores de 357 e $326 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Já no município de Itabira não foram observadas ultrapassagens ao limite legal.



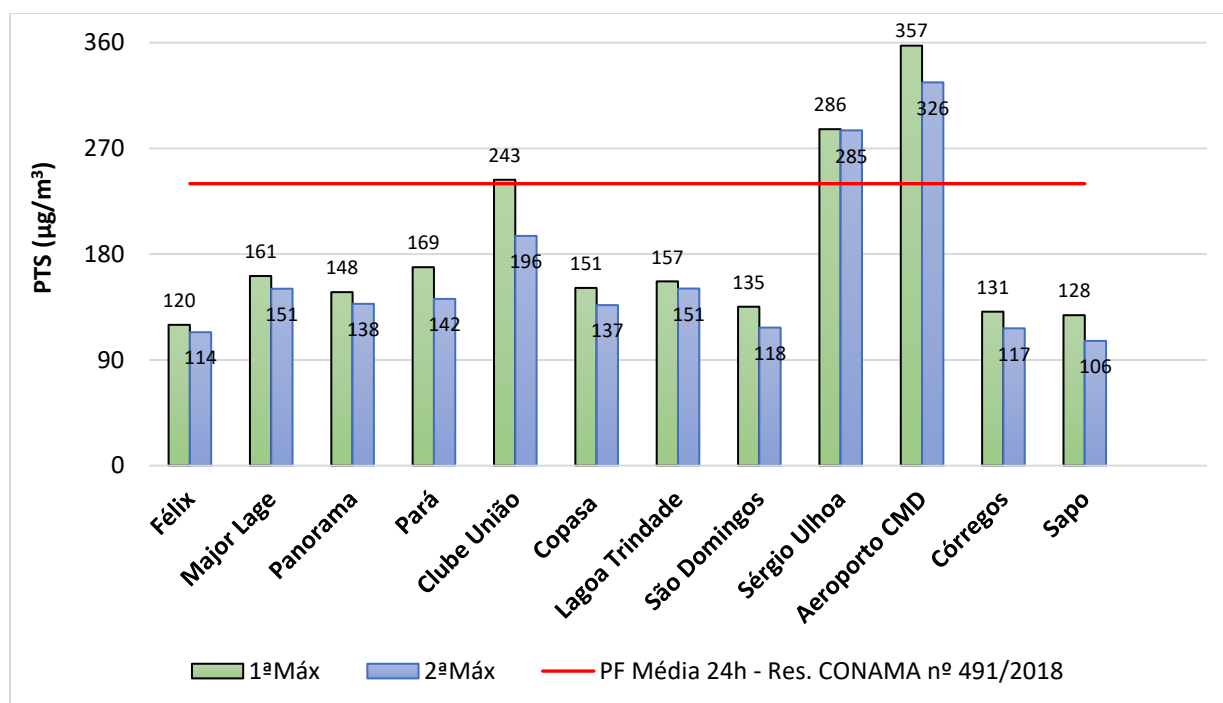


Figura 88: Máximas concentrações diárias de PTS nos demais municípios.

Com relação às médias anuais, não foram observadas ultrapassagens ao padrão final de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fixado pela Resolução CONAMA nº 491/2018, mas pode-se destacar que, conforme a Figura 89, as maiores concentrações médias anuais foram observadas nas estações de Paracatu.

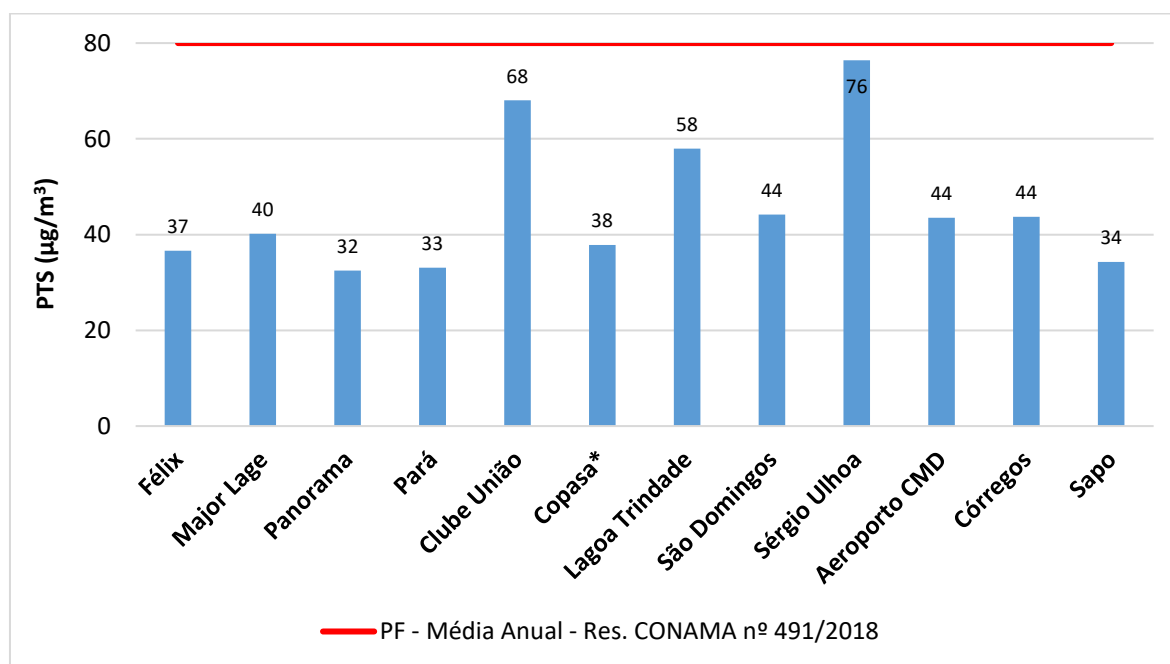


Figura 89: Concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios.

*Não Representativo.

A análise da evolução das médias anuais apresentada na Figura 90 revelou uma tendência de aumento das concentrações em Paracatu, especialmente nas estações Sérgio Ulhoa e Lagoa Trindade, que apresentaram as maiores médias anuais destas estações em 2019.

No município de Conceição do Mato Dentro o comportamento foi semelhante, tendo sido observadas, no ano de 2019, concentrações médias anuais de maior valor em todas as estações desse município. Em Itabira, apesar de ser um município que apresenta certa estabilidade nas concentrações anuais de PTS, os valores medidos durante o ano de 2019 foram superiores aos reportados no ano anterior em todas as estações da rede.

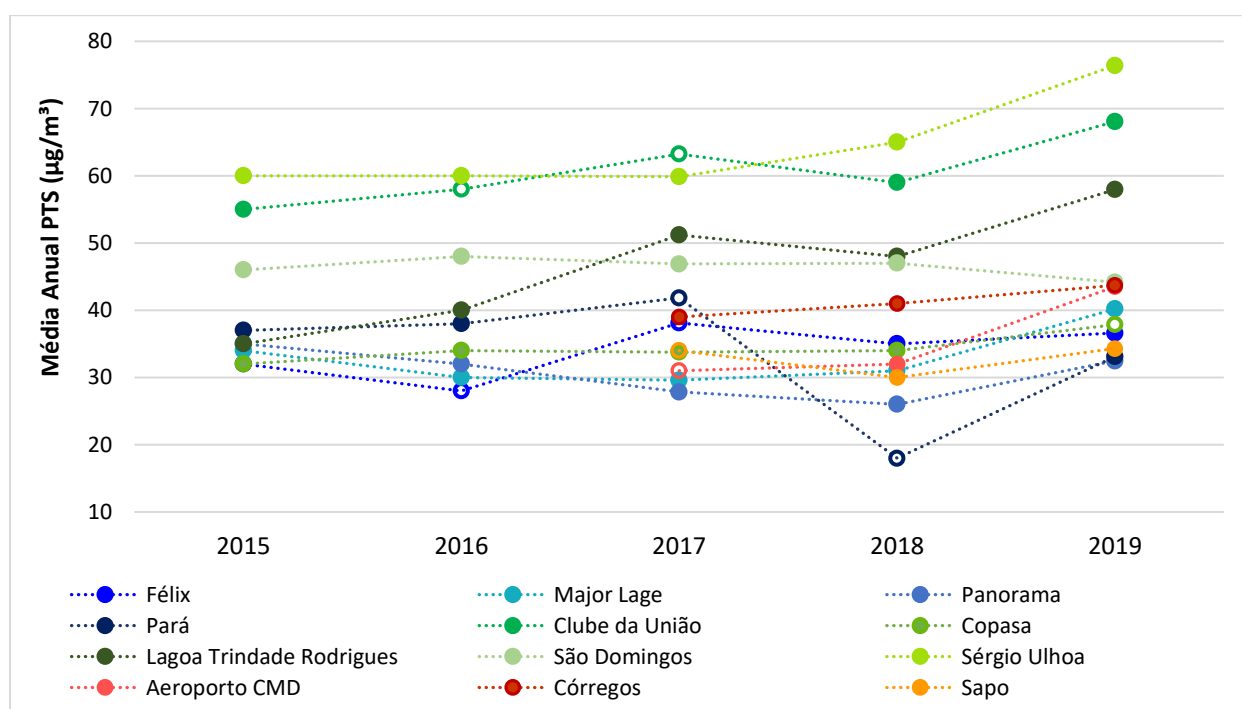


Figura 90: Evolução das médias anuais de PTS nos demais municípios.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5.3 MP₁₀ nos demais municípios

A Figura 91 apresenta as máximas concentrações diárias observadas nas estações dos demais municípios no ano de 2019, em comparação com o padrão de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido pela Resolução CONAMA n° 491/2018. Foram registradas ultrapassagens do padrão nos municípios de Paracatu (estações Clube União e Sérgio Ulhoa), Pirapora (estação FUNAM) e Conceição do Mato Dentro (estação Aeroporto CMD).



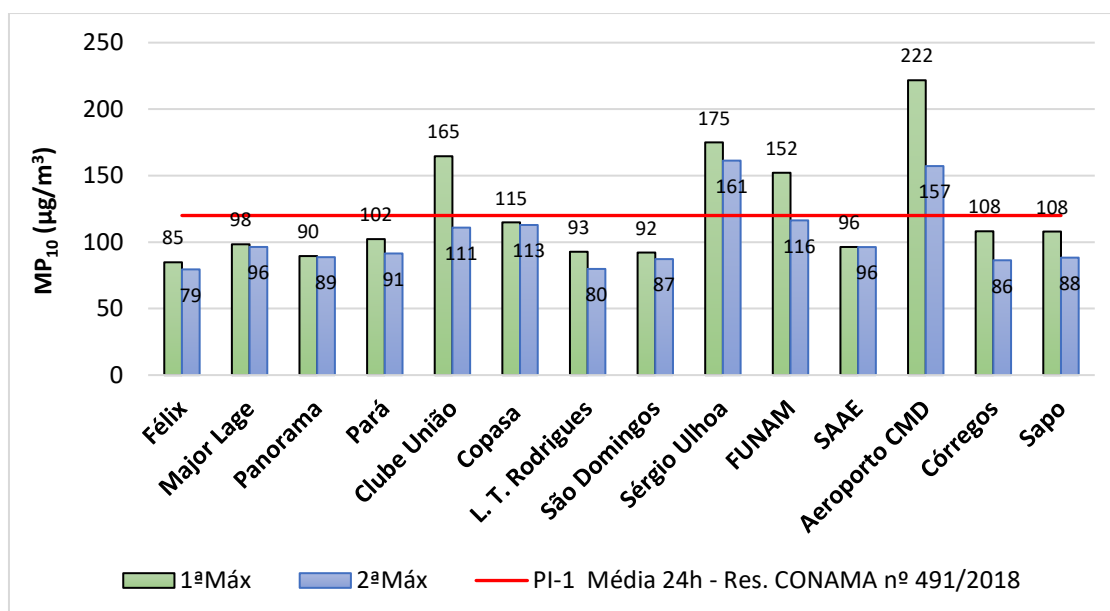


Figura 91: Máximas concentrações diárias de MP_{10} nos demais municípios.

Quanto à distribuição do índice de qualidade do ar no ano de 2019, os resultados são apresentados na Tabela 36. Observa-se que na maior parte das estações ocorreu predomínio da classe 'Boa', com exceção das estações Sérgio Ulhoa (Paracatu), SAAE e FUNAM, de Pirapora, sendo que esta última apresentou 33,7% da qualidade "Moderada". Destaca-se também que as estações de Pirapora apresentaram um grande percentual de dias com a classe 'Omissos', ou seja, sem índice de qualidade do ar.

Tabela 36: Distribuição percentual do IQAr de MP_{10} nos demais municípios.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
Félix	74,5%	4,4%	-	-	21,1%
Major Lage	90,1%	4,7%	-	-	5,2%
Panorama	94,8%	3,3%	-	-	1,9%
Pará	89,6%	3,6%	-	-	6,6%
Copasa	78,4%	14,0%	1,1%	--	6,6%
Clube União	80,3%	7,7%	0,5%	0,3%	11,2%
Lagoa Trindade Rodrigues	82,2%	10,7%	-	-	7,1%
São Domingos	87,1%	7,1%	-	-	5,8%
Sérgio Ulhoa	58,4%	32,1%	0,3%	0,8%	8,5%
FUNAM	21,1%	33,7%	2,5%	0,3%	42,5%
SAAE	42,5%	19,5%	-	-	38,1%
Aeroporto CMD	86,0%	10,7%	1,1%	0,5%	1,6%
Córregos	77,3%	3,8%	0,3%	-	18,6%
Sapo	80,5%	2,7%	0,3%	-	16,4%

As concentrações médias anuais de MP_{10} no ano de 2019 são apresentadas na Figura 92. Observa-se que ocorreu ultrapassagem do padrão de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ apenas na estação Sérgio Ulhoa, localizada em Paracatu, que apresentou média anual de $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Conforme discutido anteriormente, as estações de Pirapora apresentaram uma grande quantidade de dados omissos ao longo do ano, ocasionando em médias anuais não representativas nas estações FUNAM e SAAE.

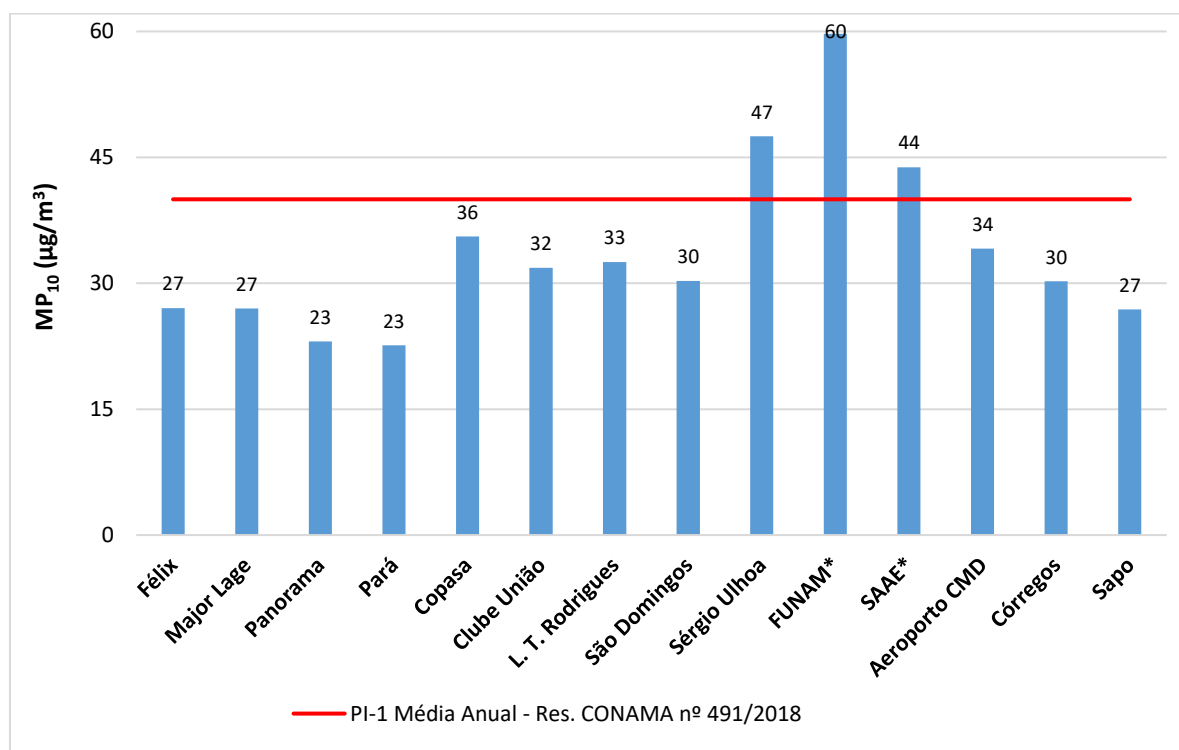


Figura 92: Concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.
*Não Representativo.

A evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios pode ser observada na Figura 93. Houve pouca variação nos valores das médias anuais na maior parte das estações, no entanto, pode-se destacar algumas estações que apresentaram variações mais significativas nos valores médios: em Paracatu, a estação Lagoa Trindade Rodrigues apresentou um aumento de cerca de 37% na concentração média anual em relação ao ano de 2015; na estação Copasa, localizada no mesmo município, observou-se um aumento de 76% em relação ao ano de 2018, já em Conceição do Mato Dentro, a estação Aeroporto CMD apresentou um aumento de 70% em relação ao valor observado no início do monitoramento em 2017.



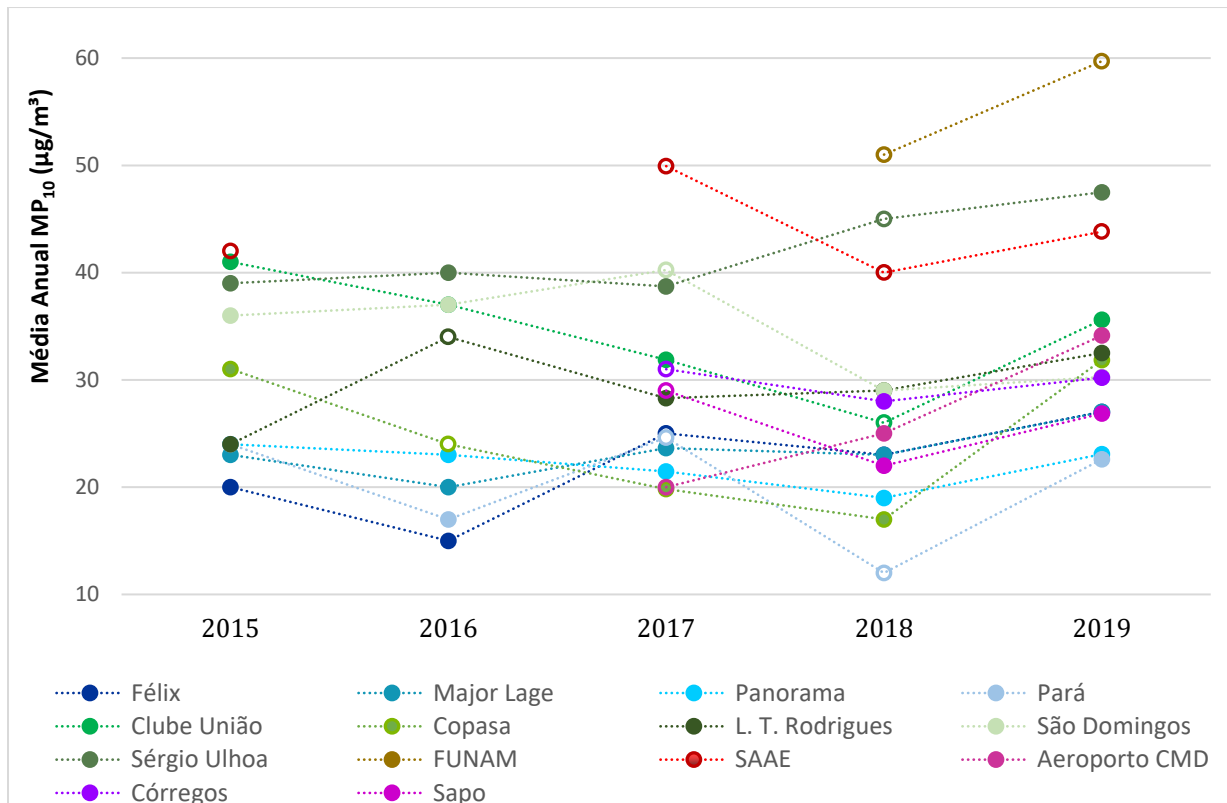


Figura 93: Evolução das médias anuais de MP₁₀ nos demais municípios.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5.4 MP_{2,5} nos demais municípios

As máximas concentrações diárias de MP_{2,5} nos demais municípios são apresentadas na Figura 94, na qual revela que o padrão de 60 µg/m³, estabelecido pela Resolução CONAMA n° 491/2018, foi ultrapassado em todas as estações que monitoravam o poluente.

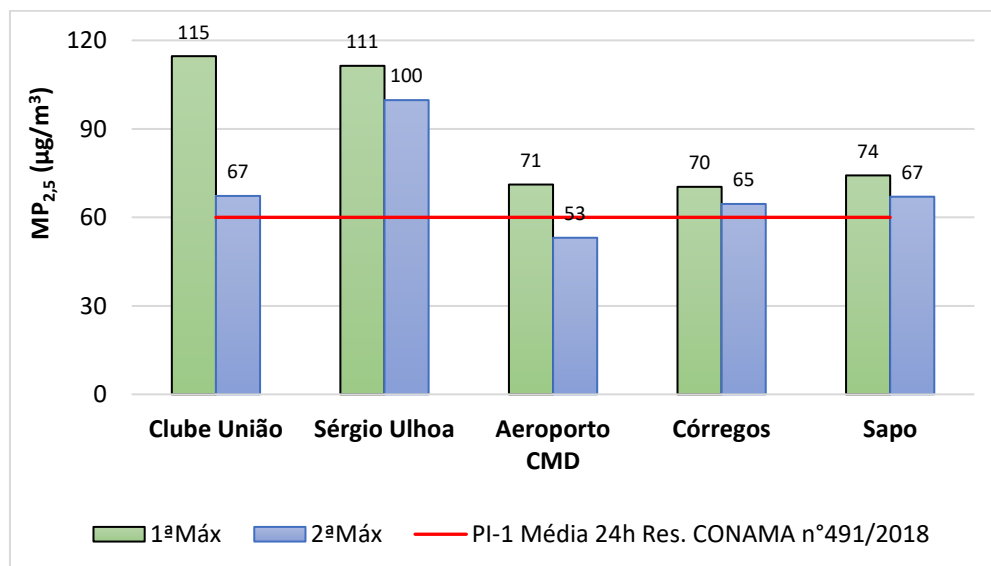


Figura 94: Máximas concentrações diárias de MP_{2,5} nos demais municípios.

Em relação à distribuição percentual do IQAr medido ao longo do ano de 2019, os resultados são apresentados na Tabela 37. Verifica-se que houve predomínio da classe 'Boa' em todas as estações e que houve poucas ocorrências de índices mais elevados, sendo que a estação Sérgio Ulhoa, de Paracatu, apresentou a maior quantidade da qualidade 'Moderada', totalizando 17% dos índices gerados na estação durante o ano.

Tabela 37: Distribuição percentual do IQAr de MP_{2,5} nos demais municípios

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
Clube União	86,3%	1,1%	0,5%	0,3%	11,8%
Sérgio Ulhoa	80,0%	17,0%	-	0,8%	2,2%
Aeroporto CMD	96,2%	1,4%	0,8%	-	1,6%
Córregos	80,0%	3,0%	0,5%	-	16,4%
Sapo	75,6%	6,6%	0,8%	-	17,0%

Considerando as concentrações médias anuais, observa-se na Figura 95 que o padrão de 20 µg/m³ estabelecido pela Resolução CONAMA n° 491/2018 foi ultrapassado apenas na estação Sérgio Ulhoa, localizada no município de Paracatu.

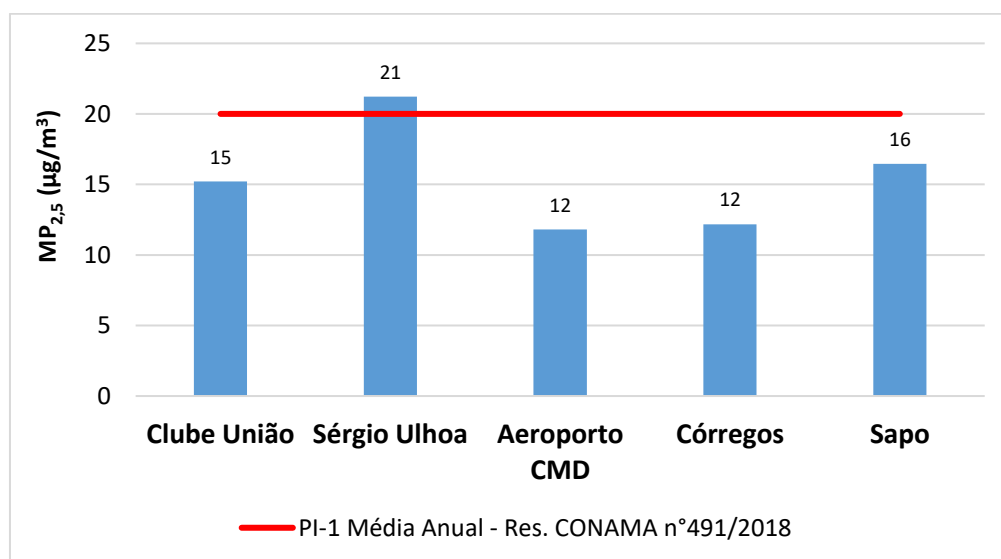


Figura 95: Concentrações médias anuais de MP_{2,5} nos demais municípios.

A análise da evolução das concentrações médias anuais de MP_{2,5}, apresentada na Figura 96, revela um aumento das médias das estações localizadas em Conceição do Mato Dentro, já que todos os valores observados em 2019 foram superiores aos medidos em 2018. No município de Paracatu, a estação Sérgio Ulhoa apresentou estabilidade nas médias anuais nos últimos dois anos, já a estação Clube União apresentou aumento em relação ao ano anterior.



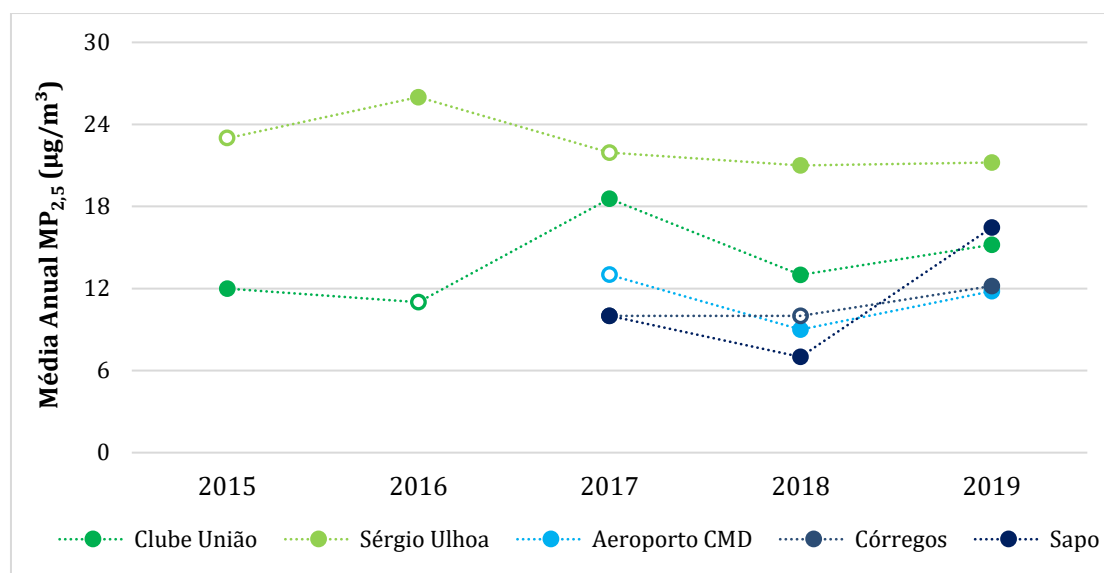


Figura 96: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios. Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5.5 O_3 nos demais municípios

Dentro do grupo dos demais municípios, o ozônio era monitorado em 2019 apenas em Conceição do Mato Dentro, na estação Aeroporto CMD. A Figura 97 apresenta as máximas concentrações médias de 8 horas obtidas nessa estação, mostrando que não foram registradas ultrapassagens do padrão de $140 \mu g/m^3$.

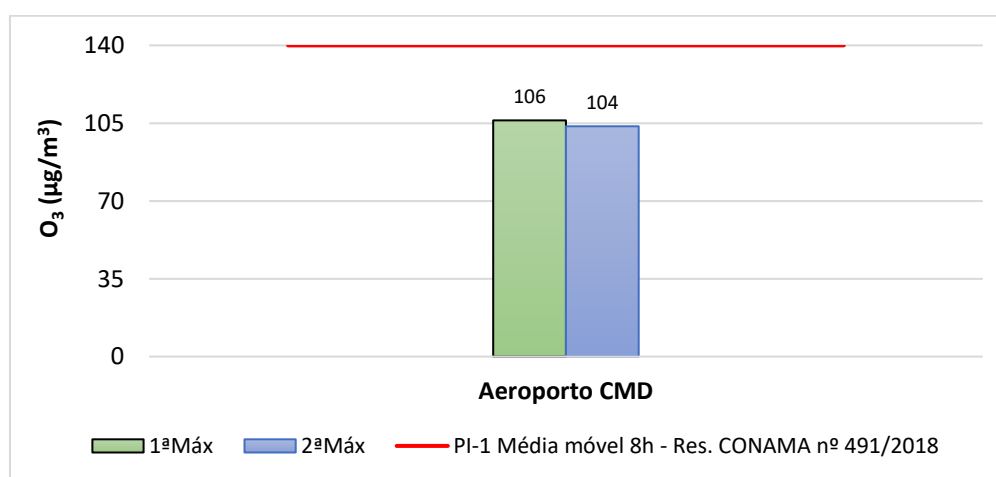


Figura 97: Máximas concentrações de 8 horas de O_3 nos demais municípios.

Quanto à distribuição do índice de qualidade do ar, apresentada na Tabela 38, o ano de 2019 foi marcado por uma grande quantidade de dias sem medição representativa das concentrações de ozônio, no entanto, ao considerar os dados válidos, observa-se predomínio da classe de qualidade “Boa”.

Tabela 38: Distribuição percentual do IQAr de O₃ em Conceição do Mato Dentro.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Aeroporto CMD	46,8%	0,8%	52,3%



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Relatório Técnico da Qualidade do Ar de Minas Gerais – Ano Base 2019 apresentou um panorama geral das estações de qualidade do ar instaladas em Minas Gerais em 2019 e que transmitiam os dados para o Centro Supervisório da SEMAD/NQA.

As distribuições percentuais do IQAr para todos os poluentes, os valores de média anual, assim como a evolução dessas médias num histórico recente, foram disponibilizados ao longo deste documento, de forma a aprimorar a avaliação dos dados monitorados nas estações e sua comparação com os padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018.

Com relação aos resultados obtidos em 2019, pode-se destacar que:

- As partículas totais em suspensão (PTS) apresentaram ultrapassagens do padrão diário na estação Pires, em Congonhas; e nas estações Clube do União e Sérgio Ulhoa, em Paracatu; além da estação Aeroporto, em Conceição do Mato Dentro. Por outro lado, a média geométrica anual do PTS foi superada apenas nas estações Matriz e Pires, em Congonhas. A maioria das estações apresentaram aumento da média anual de PTS em 2019, comparado com 2018, considerando apenas médias representativas, com exceção da estação Centro, de Barra Longa, e a estação São Domingos, em Paracatu, com comportamento inverso.
- As partículas inaláveis (MP₁₀) tiveram seu padrão diário superado em várias estações. Na RMBH houve ultrapassagem nas estações Centro Av. do Contorno (Belo Horizonte), Piratininga (Ibirité) e nas 4 estações de São José da Lapa: Centro, Célvia, Filhinha Gama e Jardim Encantado. Em Congonhas isso ocorreu nas estações Pires e Lobo Leite. Para os demais municípios ocorreram nas estações de Paracatu, Clube da União e Sérgio Ulhoa; na estação FUNAM em Pirapora, e na estação Aeroporto em Conceição do Mato Dentro. Já as médias anuais foram excedidas em 8 estações, considerando apenas médias representativas, que foram: Cidade Industrial (Contagem), Centro (São José da Lapa), Jardim Encantado (São José da Lapa), Sementinha (Timóteo), Lobo Leite (Congonhas), Matriz (Congonhas), Pires



(Congonhas) e Sérgio Ulhoa (Paracatu). Assim como para o PTS, a maioria das estações apresentaram aumento das médias anuais de MP_{10} em 2019, comparado com o ano anterior.

- Para as partículas respiráveis ($MP_{2,5}$) houve extrapolação do padrão diário na RMBH e nos demais municípios. Isso ocorreu na RMBH nas estações: PUC São Gabriel (Belo Horizonte), Alterosa (Betim), Centro Adm. Betim (Betim) e nas 4 estações de São José da Lapa: Centro, Célvia, Filhinha Gama e Jardim Encantado. Nos demais municípios isso aconteceu na estação Clube do União e Sérgio Ulhoa, em Paracatu, e nas estações de Conceição do Mato Dentro: Aeroporto CMD, Córregos e Sapo. As médias anuais também foram superadas nessas 2 regiões, em 4 estações, considerando apenas médias representativas. Isso ocorreu na estação Alterosa (Betim), Centro (São José da Lapa), Jardim Encantado (São José da Lapa) e Sérgio Ulhoa (Paracatu). Foi observado um crescimento das médias anuais de $MP_{2,5}$ em 2019, com relação ao ano de 2018, em todas as regiões analisadas.
- O padrão de 8 horas do ozônio (O_3) foi extrapolado em 6 estações da RMBH, em 2 da RMVA e em 1 de Congonhas. As estações com ultrapassagem foram: Delegacia Amazonas, PUC Barreiro e PUC São Gabriel, em Belo Horizonte; Cidade Industrial em Contagem; Centro Adm. Betim e Petrovale em Betim; Bom Retiro e Cariru em Ipatinga; e Lobo Leite em Congonhas.
- Tanto o padrão diário quanto o anual do dióxido de enxofre (SO_2) não foram superados em nenhuma estação. Foi observada uma elevação das médias anuais em 2019, com relação ao ano de 2018, nas regiões da RMBH e RMVA. Em contrapartida, o monitoramento em Congonhas apontou um comportamento inverso.
- O padrão horário do dióxido de nitrogênio (NO_2) foi ultrapassado unicamente na estação Petrovale, em Betim, enquanto a média anual não foi superada em nenhuma das estações das regiões avaliadas. Foi observado que houve aumento das médias anuais de NO_2 em 2019, em comparação com o ano anterior, com exceção da estação Centro Av. do Contorno (Belo Horizonte) e Basílica (Congonhas), que tiveram comportamento oposto.



- O padrão do monóxido de carbono (CO) foi atendido em todas as estações que monitoravam o poluente.

Alguns fatores que podem ter contribuído de maneira significativa nos aumentos das concentrações médias anuais dos poluentes em 2019 podem estar relacionados ao regime de chuva abaixo do esperado e inferior às normais climatológicas medidas nas estações do INMET, além dos focos de incêndio, que tiveram um aumento significativo em Minas Gerais em 2019, com a maioria dos municípios apresentando seu pior cenário visto desde o ano de 2014.



7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIMOTO, H. **Global Air Quality and Pollution**. Science 302,1716-1719 (2003).

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1999.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Rio Doce**. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/rio-doce/rio-doce-saiba-mais>>. Acesso em: 09 fev. 2024.

ANGLO AMERICAN BRASIL. **Quem somos: onde operamos**. Disponível em: <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/quem-somos/onde-operamos>. Acesso em: 6 mar. 2024.

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.

AZEVEDO, Ú. R. D., Machado, M. M. M., Castro, P. D. T. A., Renger, F. E., Trevisol, A., & Beato, D. A. C. (2012). **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta**. CPRM.

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.

BARBOSA, Kênia de Souza. **Por que a gestão da região metropolitana do Vale do Aço não sai do papel?** 2010. 133f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAAO-8CCQ64>. Acesso em: Out/2024.

BARRA LONGA. Prefeitura Municipal de Barra Longa. **História**. Disponível em: <<https://www.barralonga.mg.gov.br/index.php/prefeitura/historia>>. Acesso em: 09 fev. 2024.

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.

_____. 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 do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Programa Nacional Ar Puro**. Brasília: MMA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obrasatividades/agendaambientalurbana/ar-puro/programa_nacional-ar-puro.pdf. Acesso em: 30 dez. 2024.

_____. 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.

CÂNDIDO, Fabrício. **Desenvolvimento urbano e industrial em Congonhas: uma análise da indústria mineradora e siderúrgica**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2014. Disponível em: https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/ppgtds/DISSERTACOES/Fabricio_Candido.pdf. Acesso em: 08 mar. 2024.

CARMO, C. N. & Hacon, S. S. (2012). **Estudos de séries temporais de poluição atmosférica por queimadas e saúde humana**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/nv6vyLLXsq3H7jCz6gyRnfx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 mar. de 2024.

CBH-Doce. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. **A Bacia**. Disponível em: <https://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>. Acesso em: 14 jun. 2024.

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

_____. **Série Relatórios: Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2017**. 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp->



[content/uploads/sites/28/2019/05/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2017.pdf>.](#)
Acesso em: 14 mar. 2024.

_____. **Série Relatórios: Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2022**, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/07/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

CONGONHAS. Câmara Municipal de Congonhas. **Dados Geográficos**. Disponível em: <https://www.congonhas.mg.leg.br/congonhas/historia/dados-geograficos>. Acesso em: 20 mar. 2024.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Infoclima – Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE**, 2017. Disponível em:

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.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Qualidade Ambiental. **Poluentes - Fontes e Efeitos**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.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.



FJP – Fundação João Pinheiro. **PIB dos Municípios de Minas Gerais.** Dados Municipais – 2010 a 2021. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNWl1OTZmNDUtZDAzZS00ZWl4LTlmZDYtN2NhZTc1MDNIYzI4IiwidCI6IjA5ZGY3MWFILWQ2YzUtNGFkYi1iMjVjLTlkMmRjZDQwMWFjMiJ9>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

FJP – Fundação João Pinheiro. **Produto Interno Bruto dos municípios de Minas Gerais – Ano de referência de 2019.** 2022. 63p. Fundação João Pinheiro, Diretoria de Estatística e Informações. – Belo Horizonte, 2022. Disponível em: https://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/09.02.22-Serie-Estatistica-e-Informacoes-45_PIB-dos-Municipios-2019.pdf. Acesso em: Set/2024.

FUNDAÇÃO RENOVA. **A Fundação.** Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/a-fundacao/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

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.

_____. **Conceição do Mato Dentro.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/conceicao-do-mato-dentro/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

_____. **Congonhas.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/congonhas/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

_____. **Itabira.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itabira/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

_____. **Mariana.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/mariana/pesquisa/23/26170?detalhes=true>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

_____. **Ouro Preto.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-preto/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

_____. **Paracatu.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/paracatu/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

_____. **Pirapora.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pirapora/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

_____. **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: 12 dez. 2024.



_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios. Barra Longa. Série Histórica.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barra-longa/pesquisa/38/47001?tipo=grafico&ano=2018>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

_____. **Frotas de Veículos.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2016>>. Acesso em: 26 mar. 2024.

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.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET.** Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

_____. **Dados Históricos.** Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil.** Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BDQueimadas.** Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#graficos>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Conjuntos Urbanos Tombados.** Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/370/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

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

LARA, M. S. **A atividade minerária e a dinâmica demográfica/econômica em Conceição do Mato Dentro (MG).** 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/IGCM-A8SMBM>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

LIMA, P. G; FERREIRA, A. P. G; DO PRADO FILHO, J. F. **Custo-benefício do uso de um supressor de poeira aplicado no controle de emissões fugitivas de vias de acesso de mina: um estudo na Samarco Mineração SA.** 2016.

MENDONÇA, Roxane Sidney Resende de. **O urbanismo modernista em Minas Gerais: o caso 'Ipatinga'.** 235f. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAAO-6WNFQQ>. Acesso em: out/2024.

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.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 187, de 19 de setembro de 2013**. Disponível em <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=29875>>. Acesso em 29 out. 2024.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 217, de 06 de dezembro de 2017**. Disponível em <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>>. Acesso em 29 out. 2024.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 248/2023, de 23 de novembro de 2023**. Disponível em <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=58282>>. Acesso em 29 out. 2024.

_____. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Programa de Controle de Emissões Atmosféricas - PCEA/MG**. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://semad.mg.gov.br/w/-plano-de-controle-de-emissoes-atmosfericas-pcea/mg>. Acesso em 30 dez. 2024.

_____. **Lei Complementar nº 90 de 12 de janeiro de 2006**. Belo Horizonte, 2006.

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.

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

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

_____. **Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/qualidade-ambiental-e-meio-ambiente-urbano/qualidade-do-ar/guia-tecnico-para-o-monitoramento-e-avaliacao-da-qualidade-do-ar.pdf>>. Acesso em 29 out. 2024.

MOREIRA, T. C. A. (2015). **Uso e Ocupação do solo em propriedades rurais no interior e entorno do Parque Natural Municipal do Tabuleiro - Conceição do Mato Dentro - MG**. Dissertação (Pós-Graduação em Meio Ambiente) - Instituto Federal de Minas Gerais, Campus São João Evangelista. Disponível em: <https://www.sje.ifmg.edu.br/portal/images/artigos/biblioteca/TCCs/Meio_Ambiente/2015/TÚLIO_CÉSAR_ARAÚJO_MOREIRA.pdf>. Acesso em 29 out. 2024.

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. Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A9EEKR>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MPMG – Ministério Público do Estado de Minas Gerais. **Rompimento da barragem de Fundão, em Mariana: Resultados e desafios cinco anos após o desastre**. 2020. Disponível em: <<https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias/rompimento-da-barragem-de-fundao-em-mariana-resultados-e-desafios-cinco-anos-apos-o-desastre.shtml>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

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.

OURO PRETO. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. **Dados Geográficos**. Disponível em: <https://ouopreto.mg.gov.br/turismo/dados-geograficos#:~:text=Relevo%3A%20Topografia%20do%20Terreno%20-%20Plano,%20Fano%2C%20com%20distribuição%20irregular>. Acesso em: 20 mar. 2024.

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

PIMENTA, Mariana Antunes. **Ozônio troposférico: os efeitos na saúde e no meio ambiente e diretrizes para a região metropolitana de Belo Horizonte**. 2011.

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.

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**. 2020. Revista Gestão Industrial, v. 16, n. 1, p. 204-223.

RIO DOCE. **A Cidade**. [s.i.] Disponível em: < <https://riodoce.mg.gov.br/a-cidade/a-cidade>>. Acesso em Dez, 2024.

RMBH. **Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Disponível em: <<http://www.rmbh.org.br/rmbh.php>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

ROCHA, F. **Aspectos Econômicos e Sociais da Região dos Inconfidentes**. Disponível em: <https://ouopreto.mg.gov.br/static/arquivos/menus_areas/estudos_economicos.pdf?dc=1517>. Acesso em: 8 mar. 2024.

SAMPAIO, Aparecida Pires. **A produção social do espaço urbano de Ipatinga – MG: da luta sindical à luta urbana**. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades) – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em: <<https://cidades.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2012/10/aparecida-pires-2008.pdf>>. Acesso em: Out/2024.

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.

SEDRO - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana - Governo de Minas Gerais - Força-tarefa. **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG**. Belo Horizonte, 2016.



SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Governo de Minas Gerais. **Desastre Ambiental em Mariana e Recuperação do Rio Doce**. Disponível em: < <https://liferay.meioambiente.mg.gov.br/w/desastre-ambiental-em-mariana-e-recuperacao-do-rio-doce>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

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.

SILVA, M. R. **Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro MG**. 2018.

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.



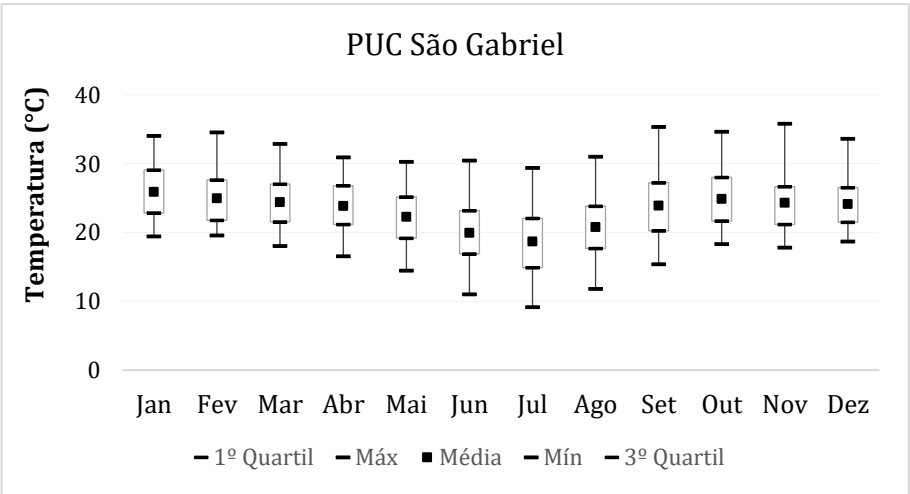
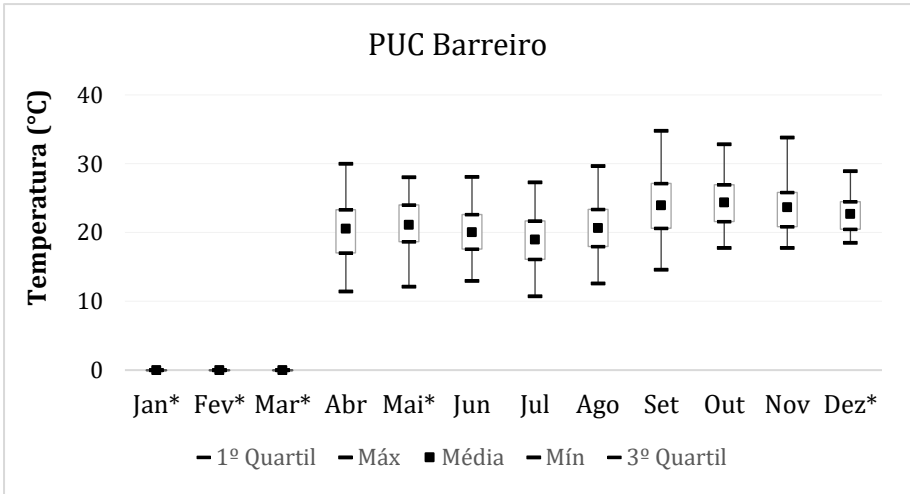
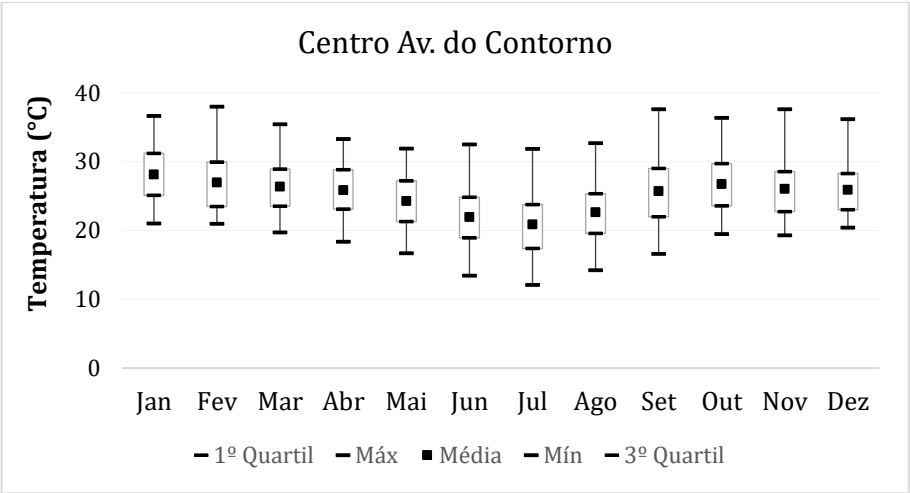
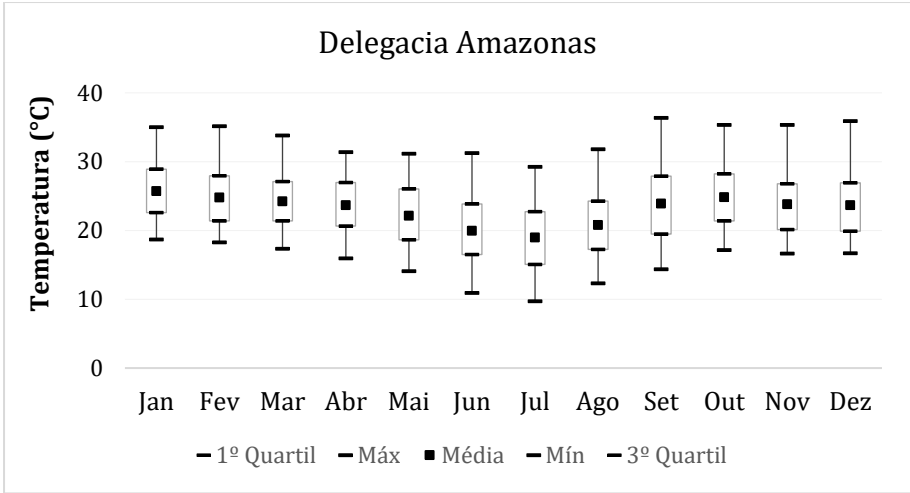
_____. **Particulate Matter (PM) Pollution.** Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects>. Acesso em: 30 jun. 2022.

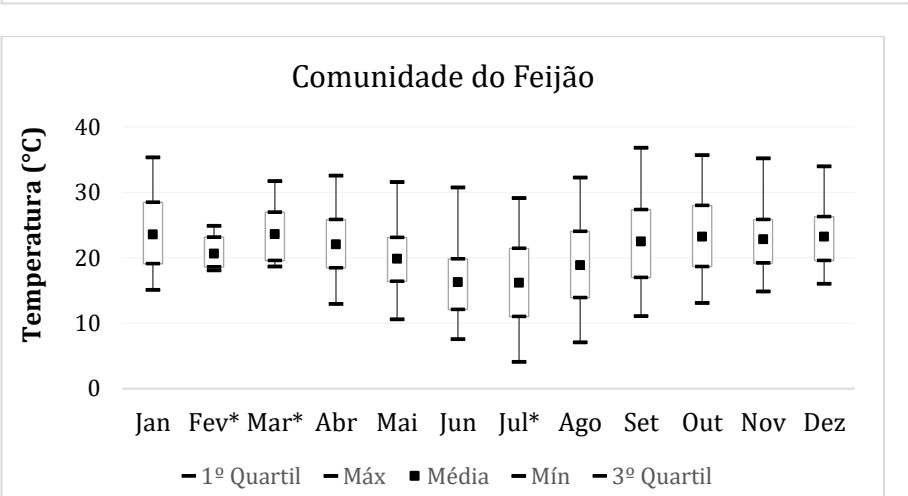
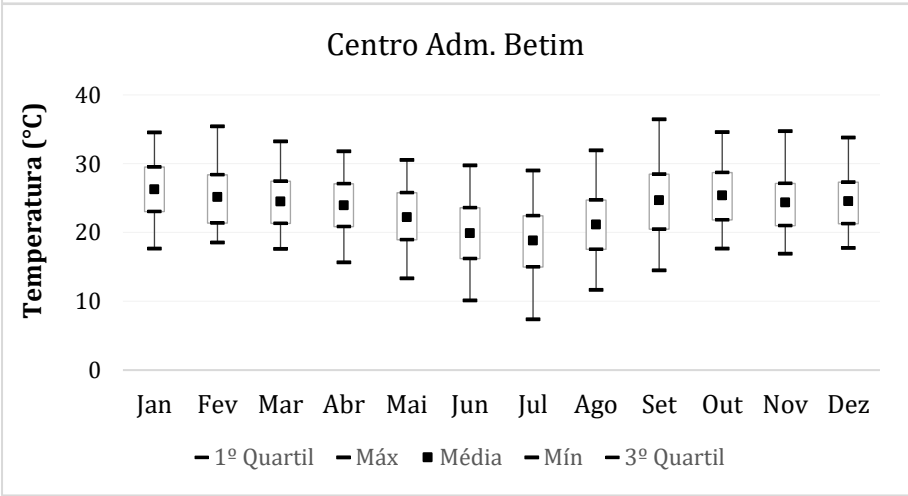
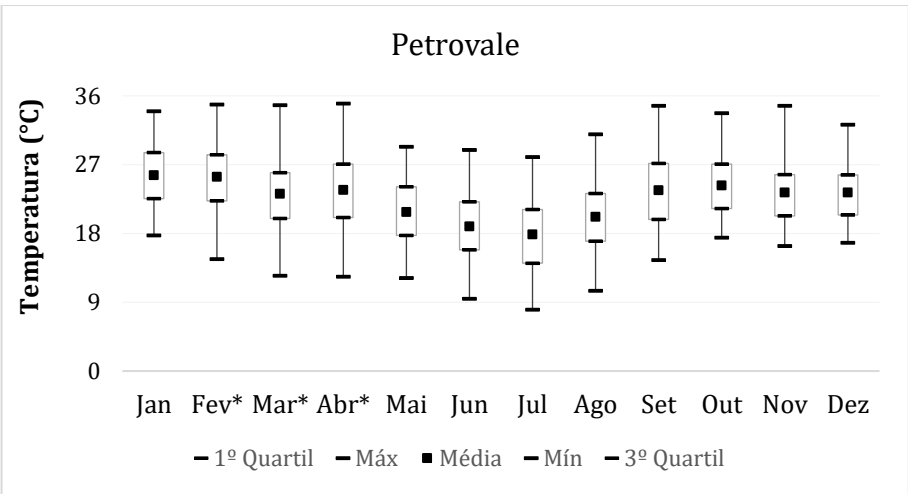
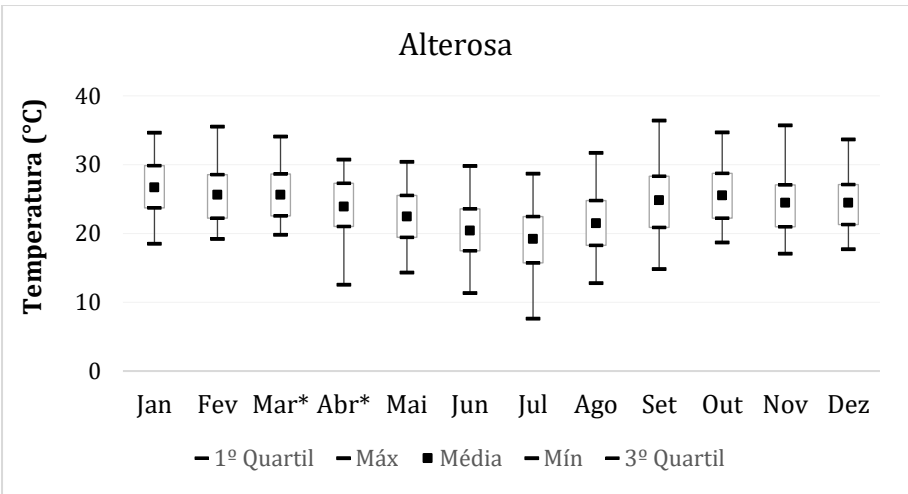
VASCONCELLOS, Fábio Azevedo. **Região metropolitana do Vale do Aço. Evolução urbana, planejamento e desafios contemporâneos.** 2014. 94f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/server/api/core/bitstreams/acf2f41e-4c46-4ddb-a704-524d069d36e1/content>. Acesso em: Out/2024.

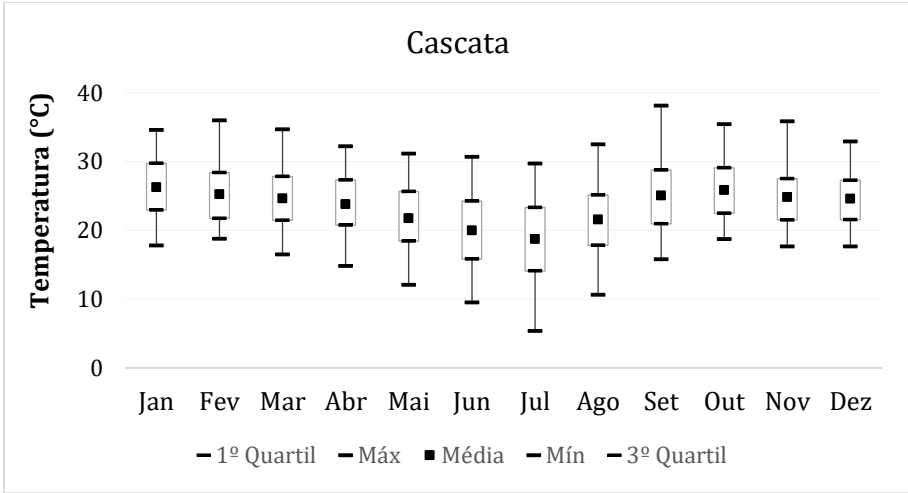
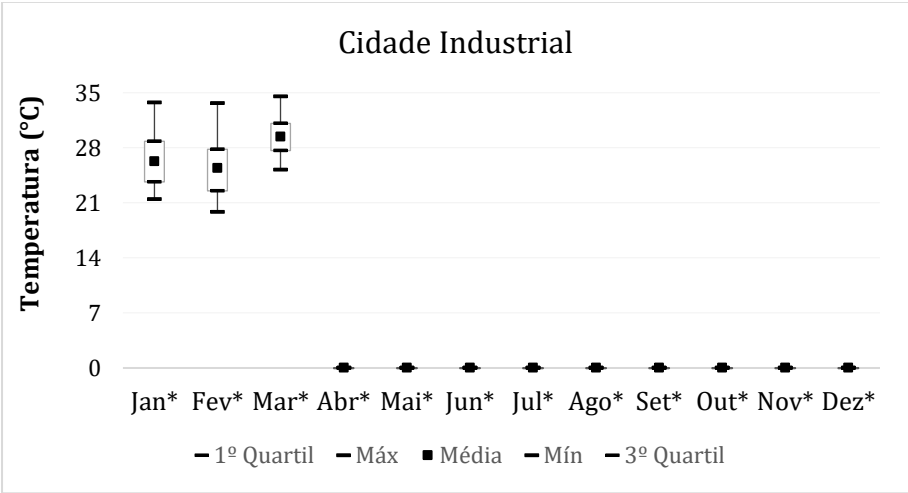
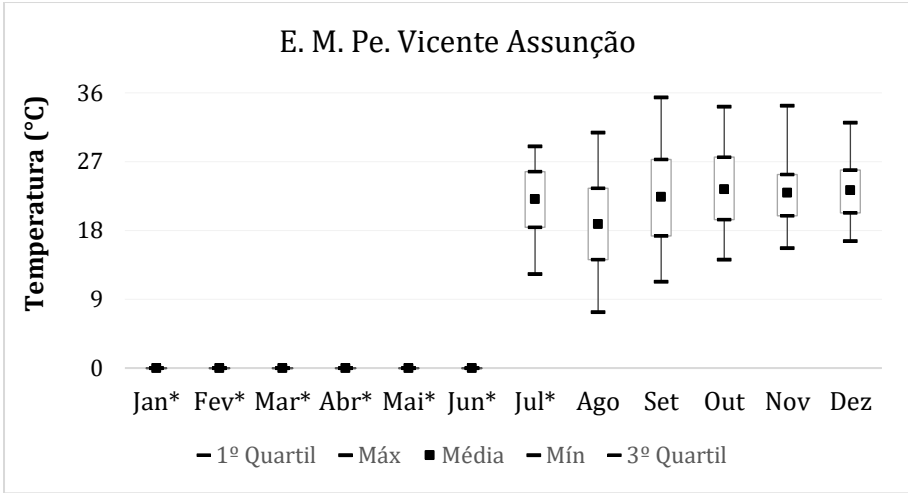
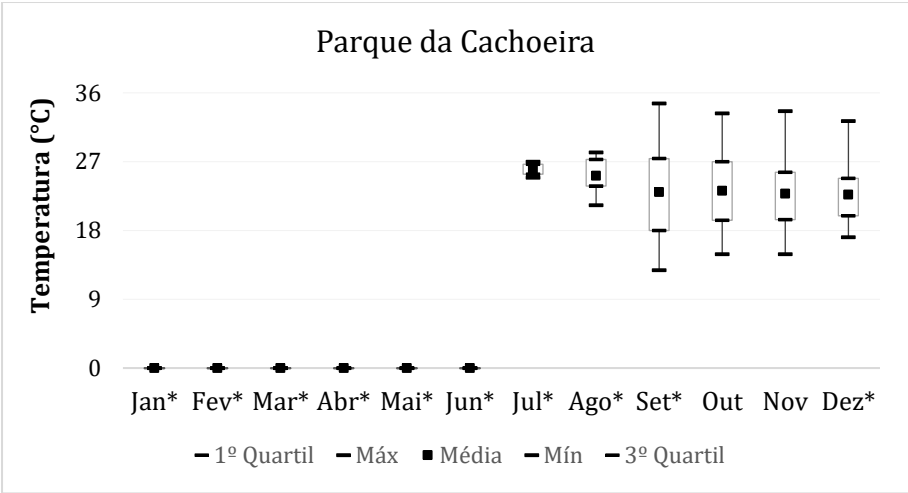


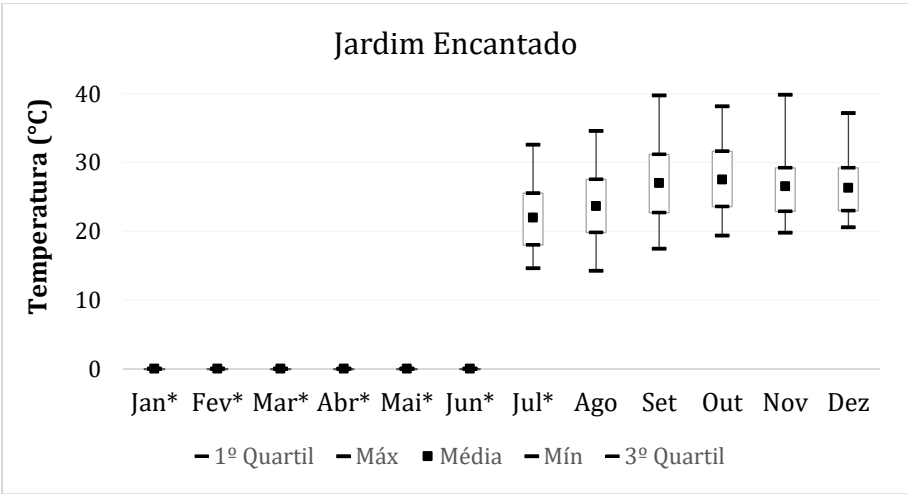
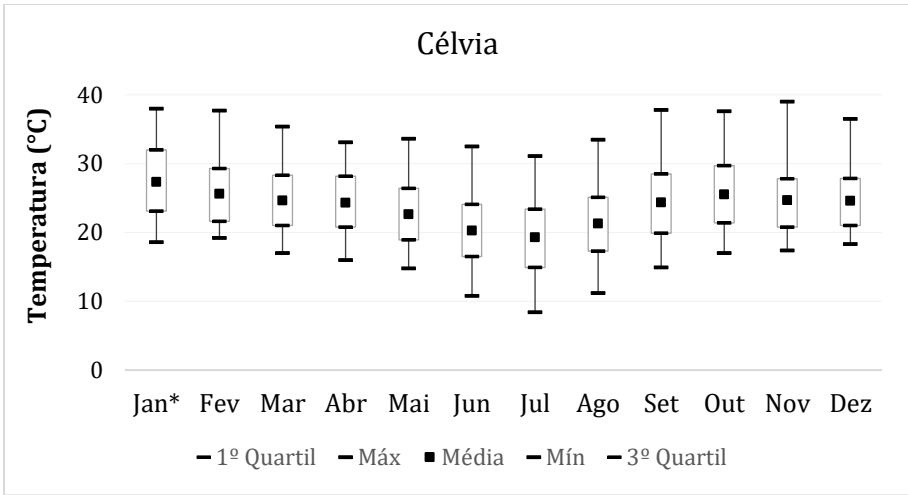
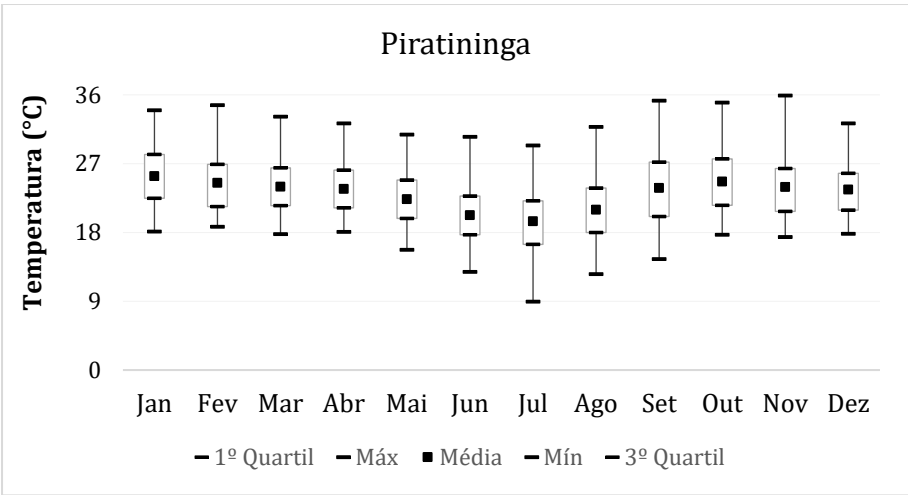
APÊNDICE A

Temperatura

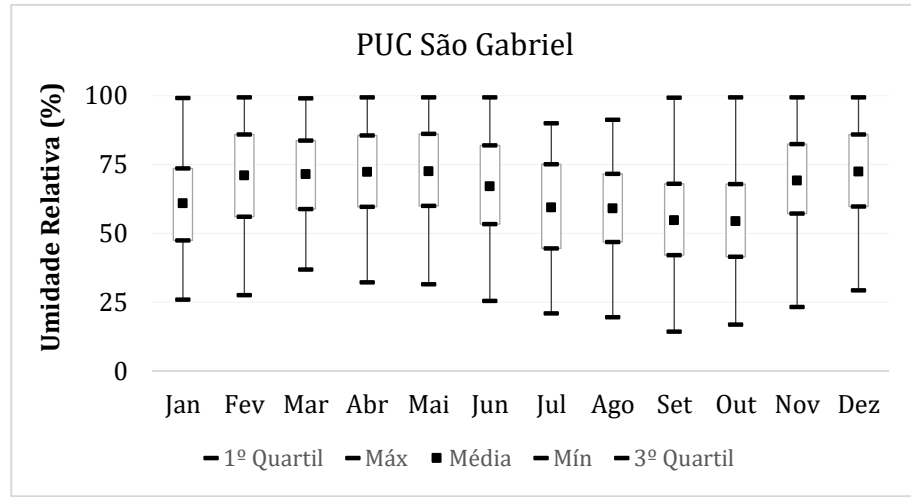
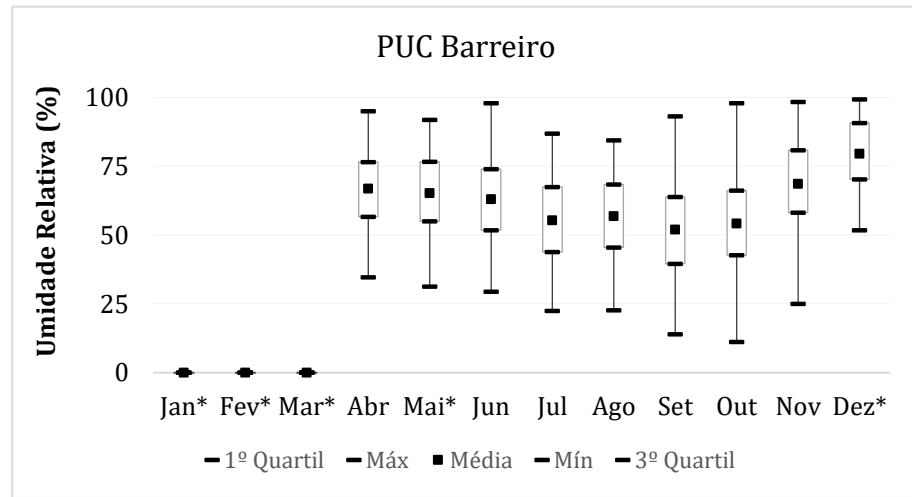
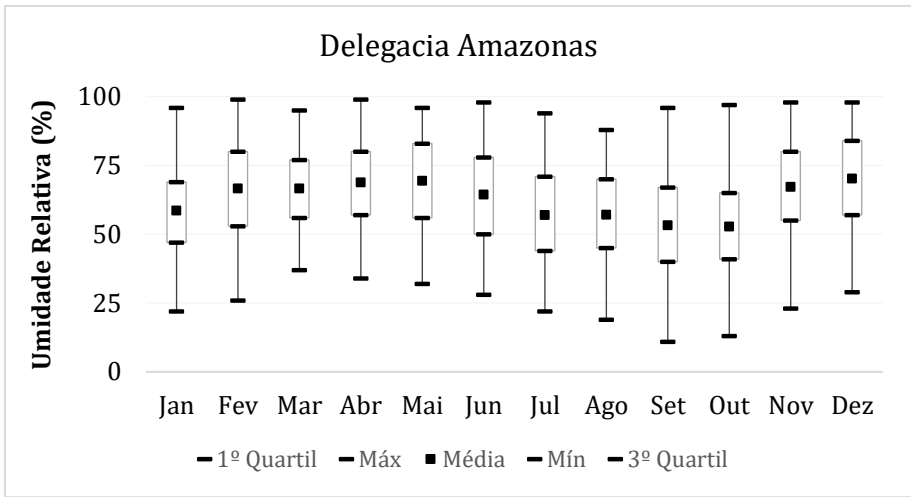
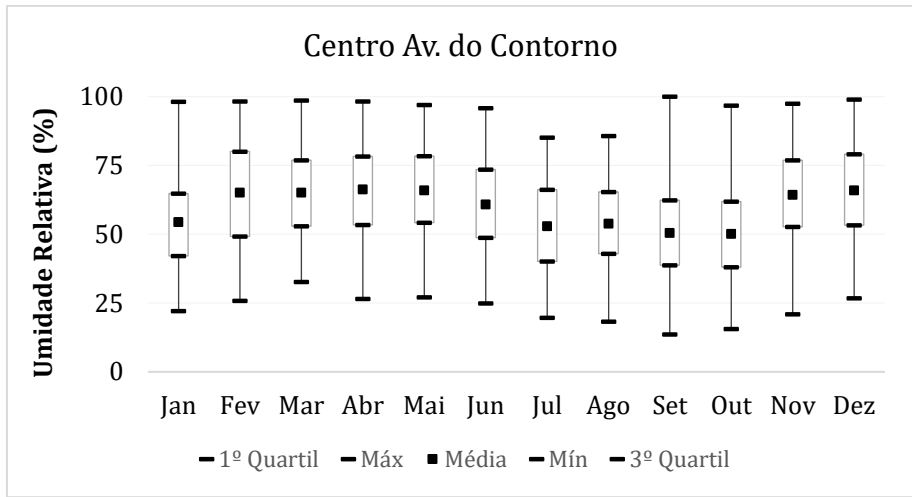


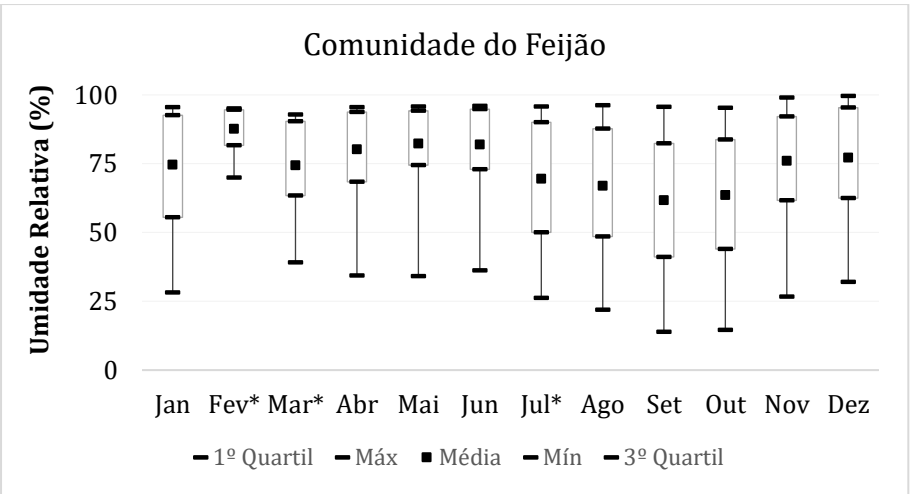
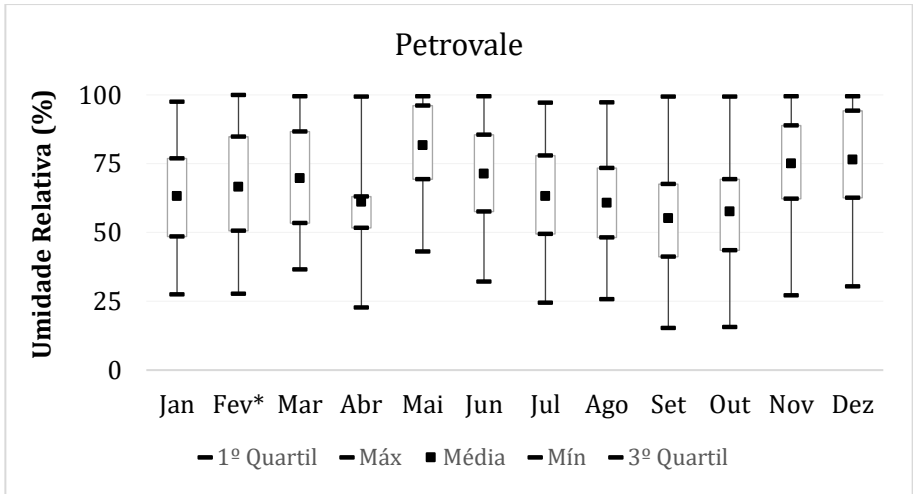
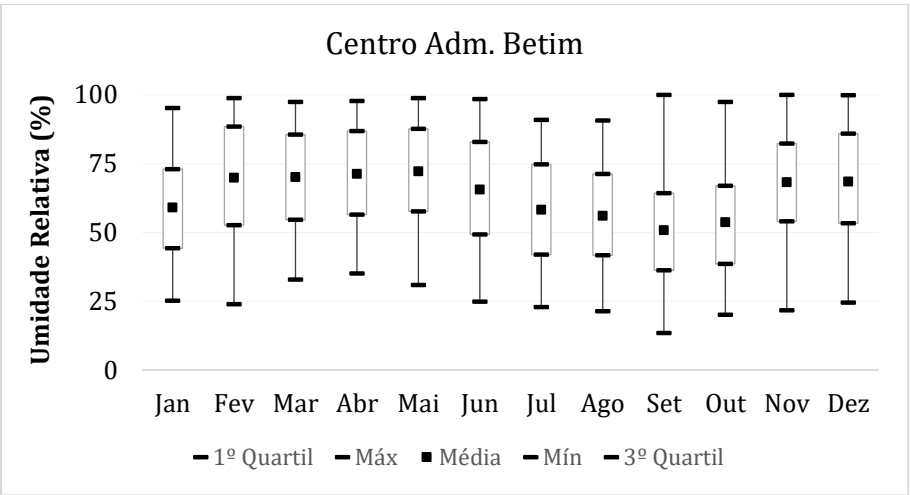
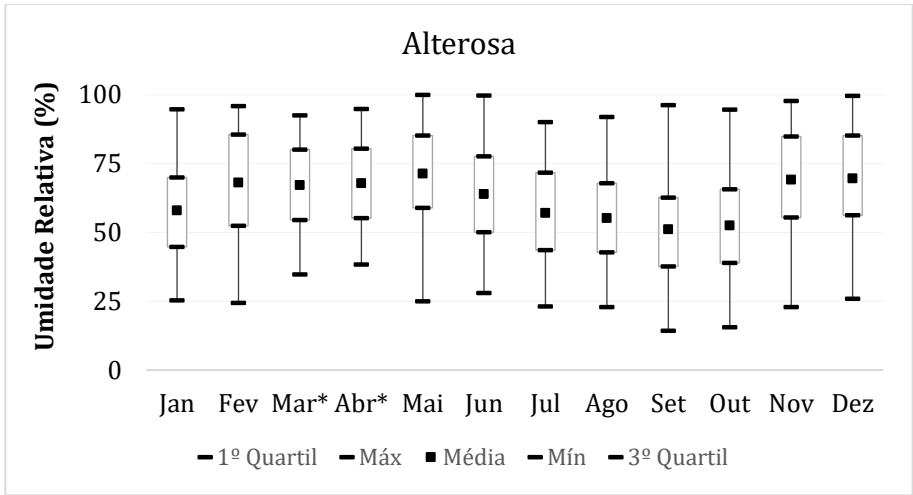




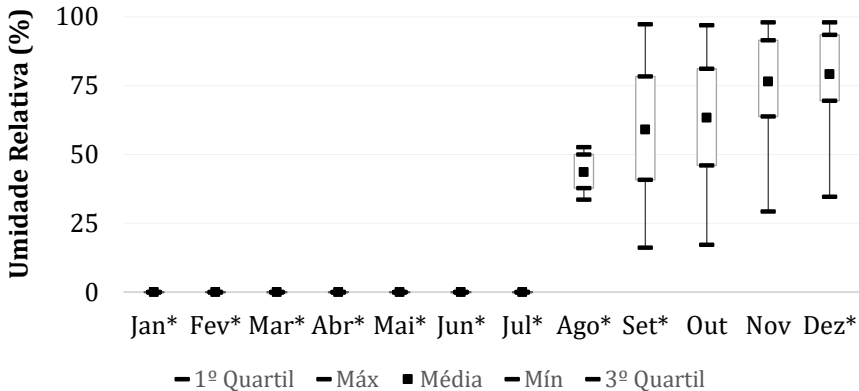


Umidade Relativa

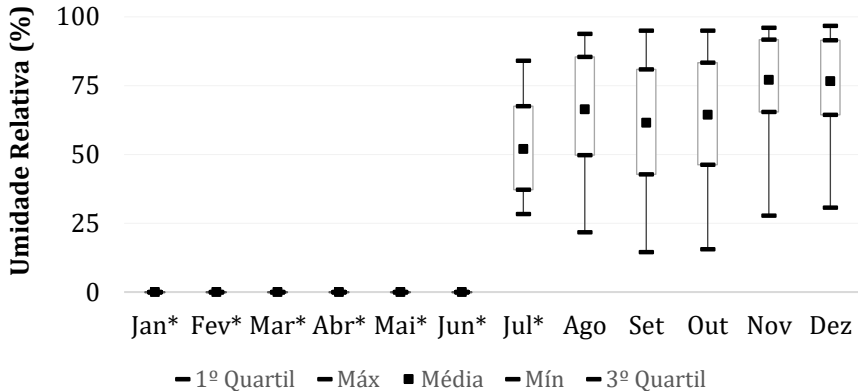




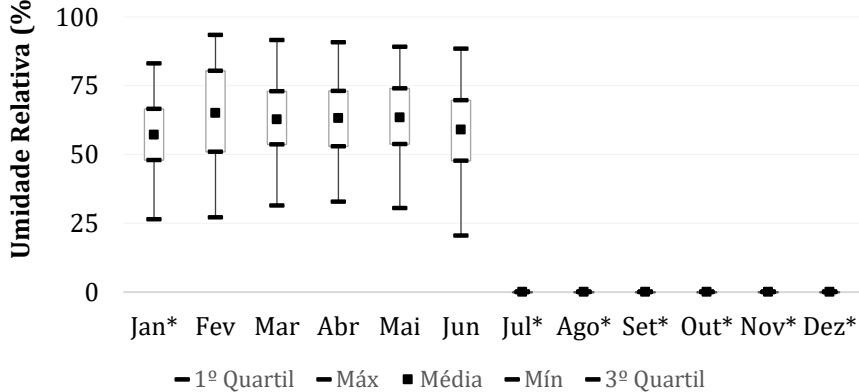
Parque da Cachoeira



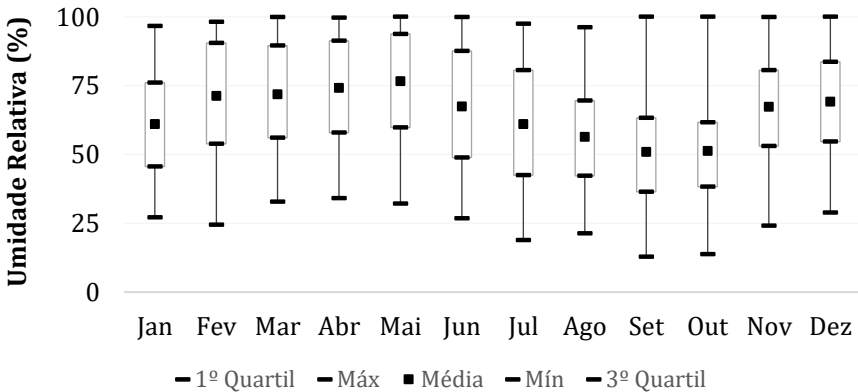
E. M. Pe. Vicente Assunção

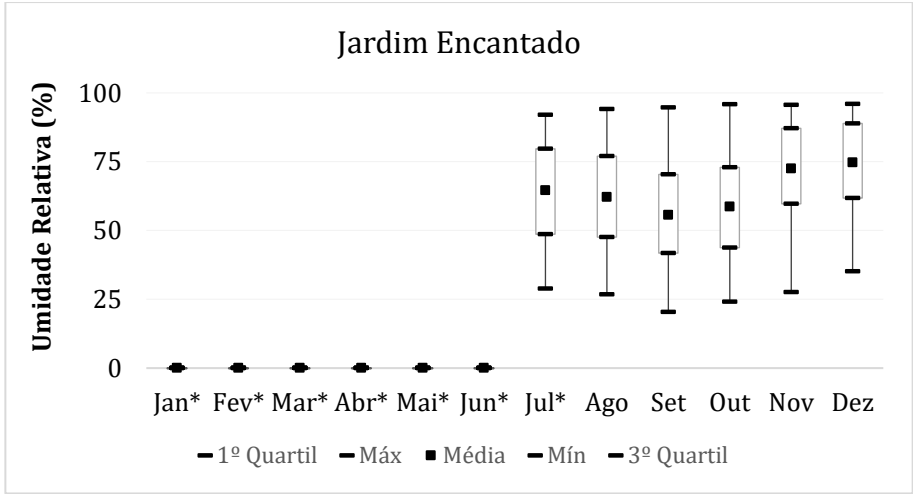
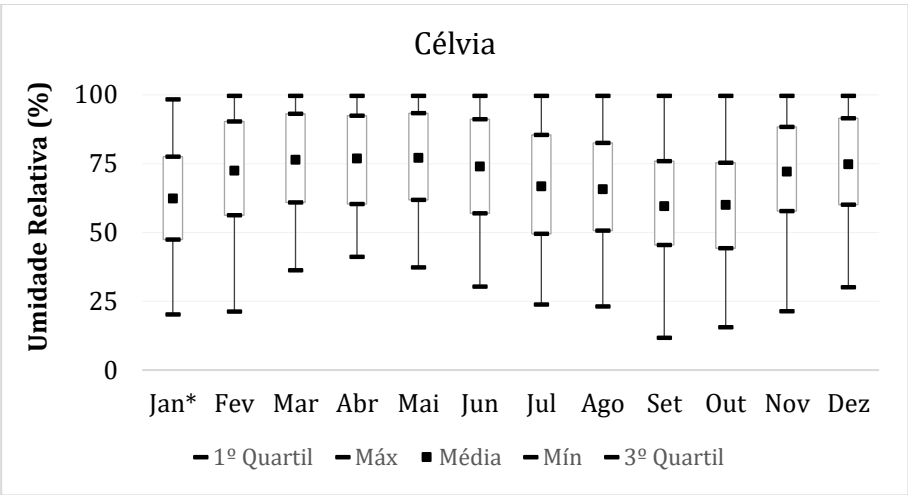
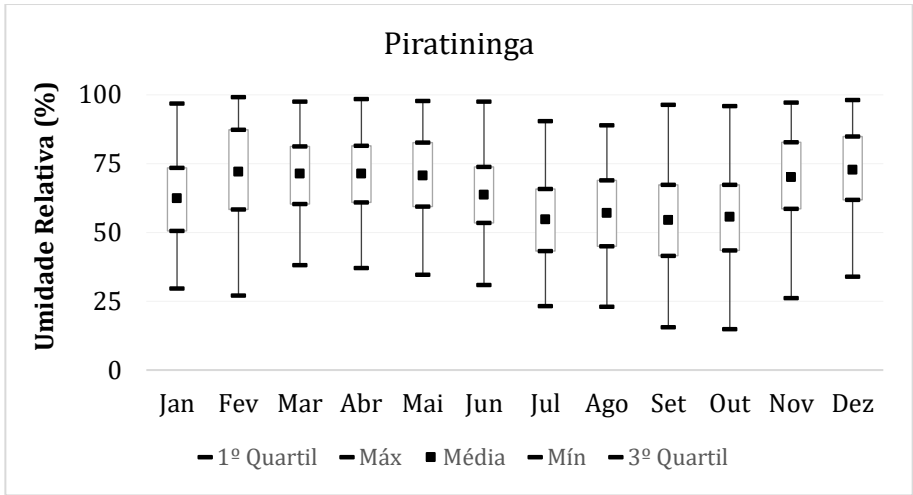


Cidade Industrial

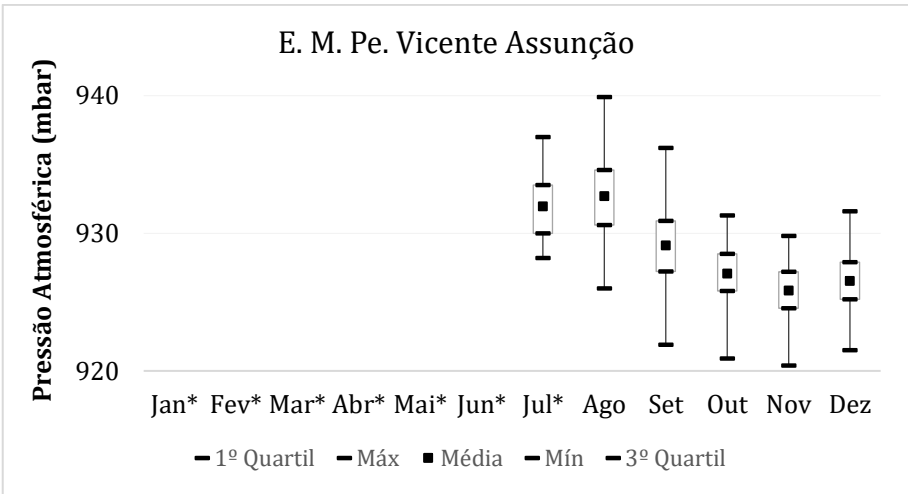
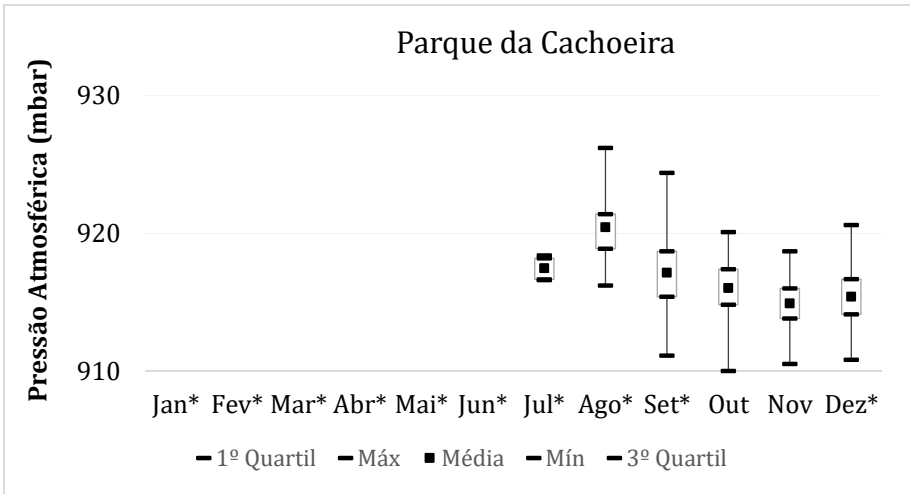
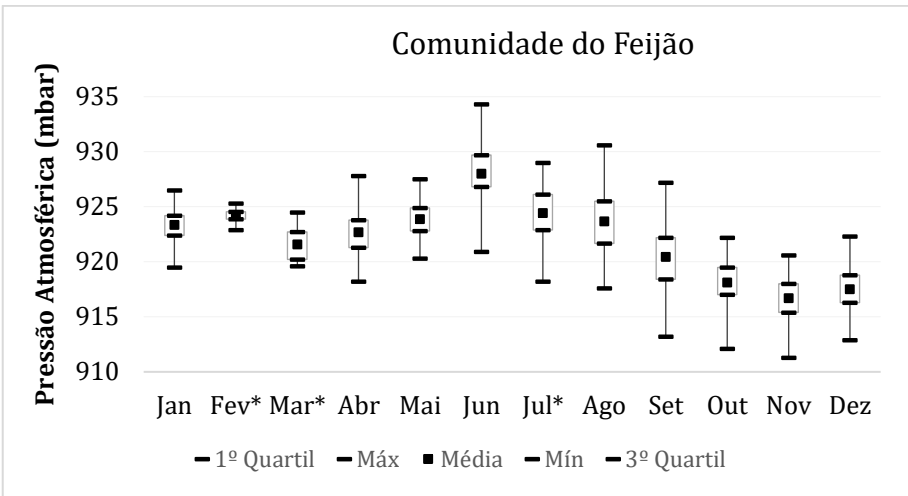
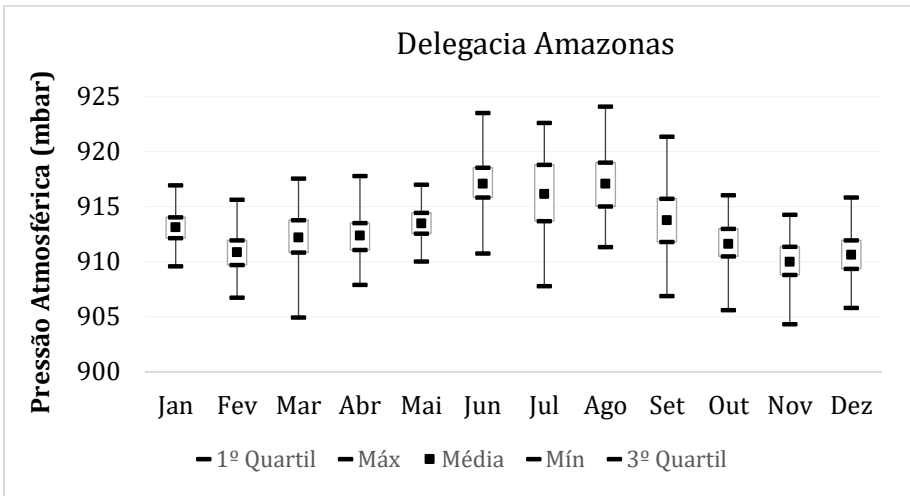


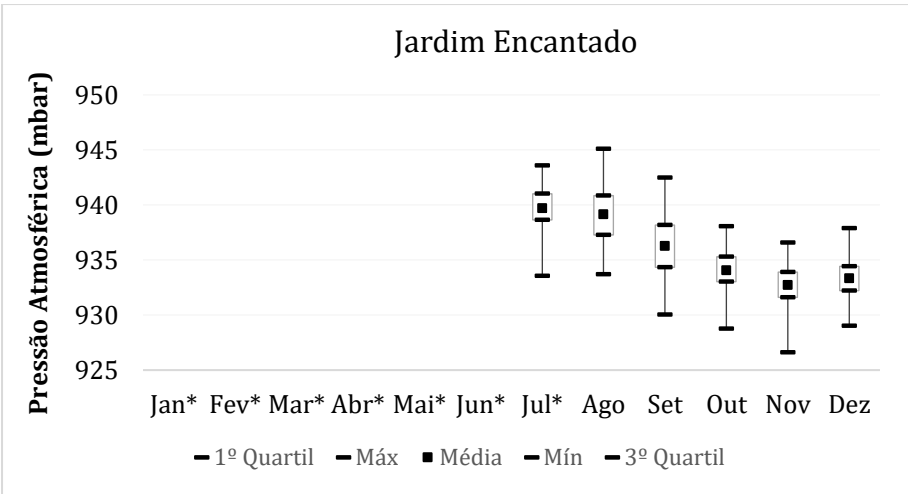
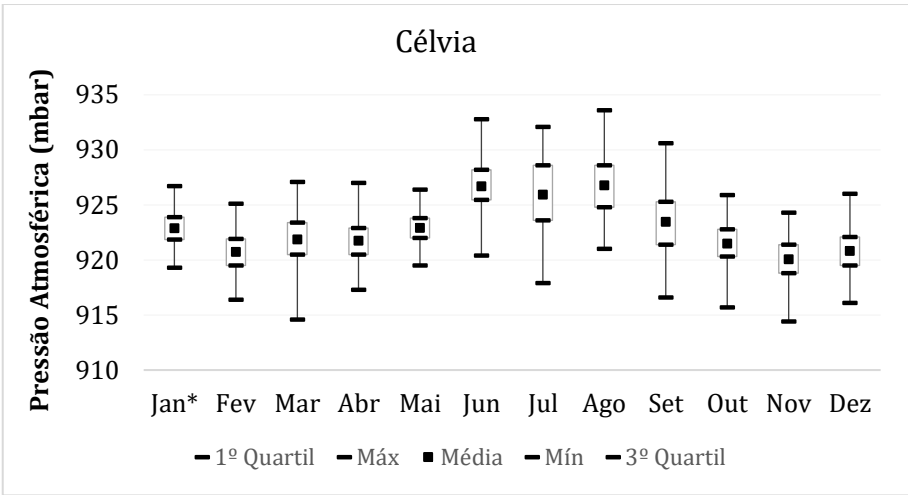
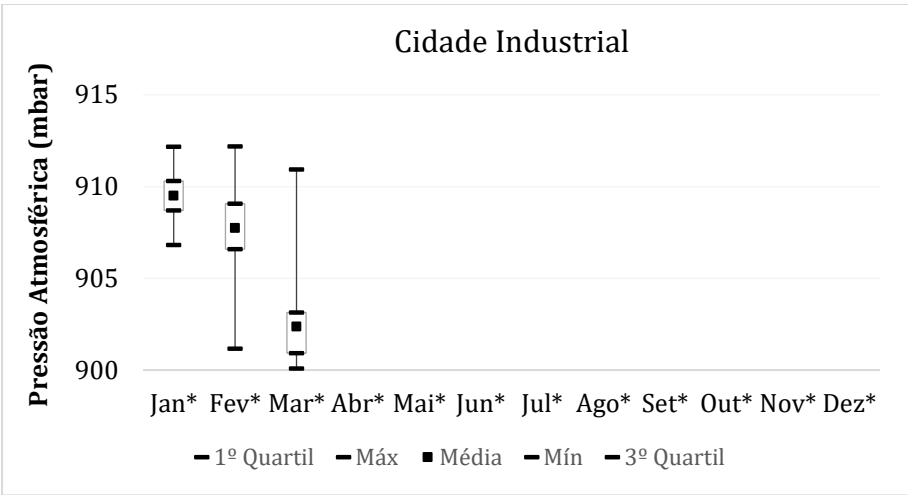
Cascata



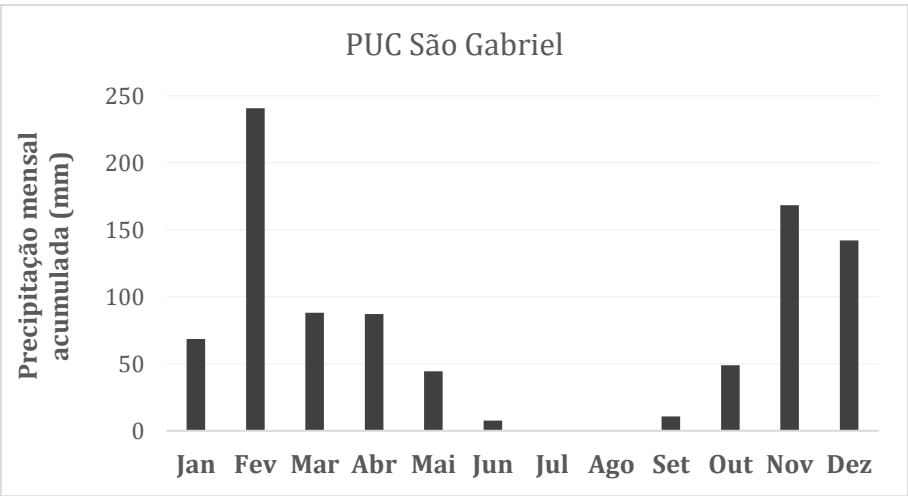
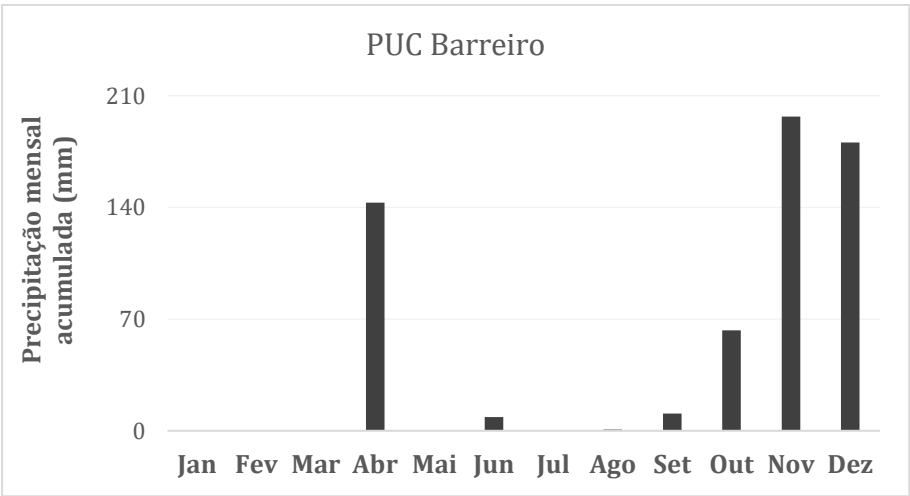
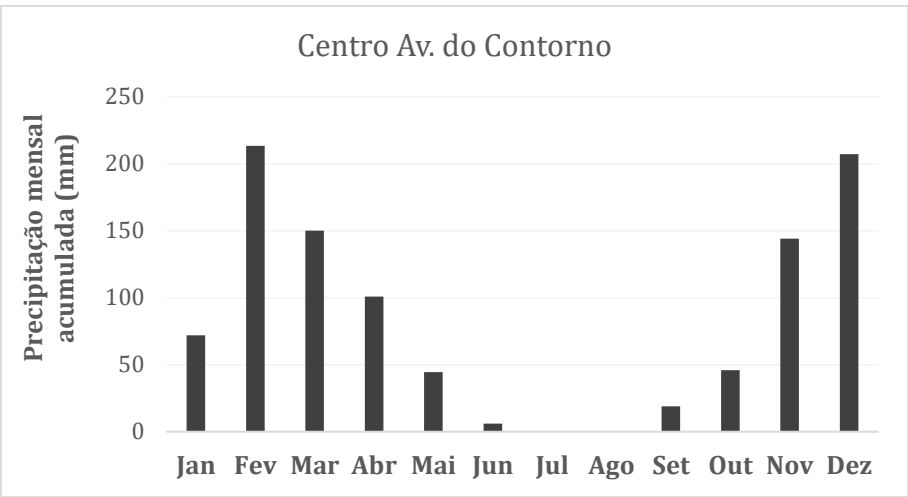
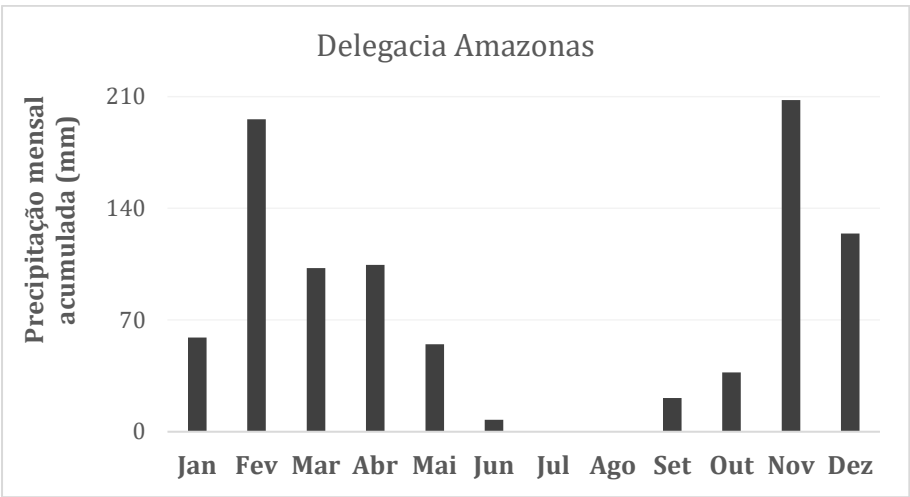


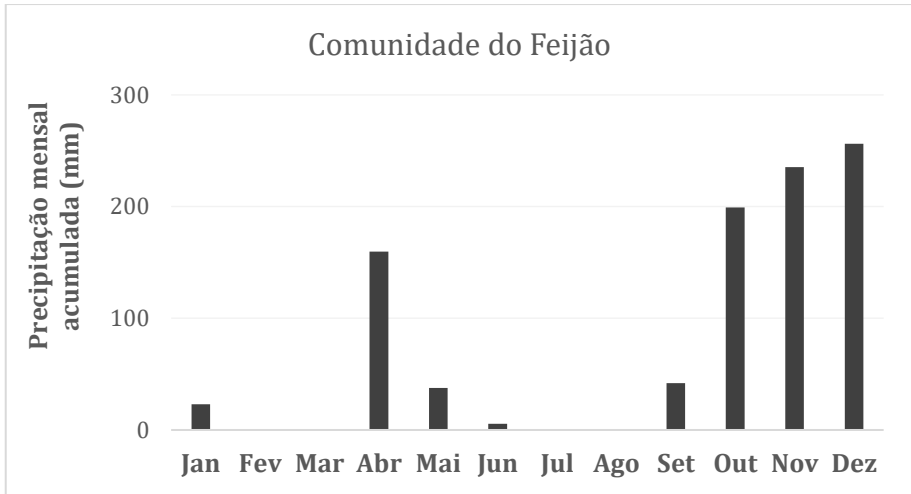
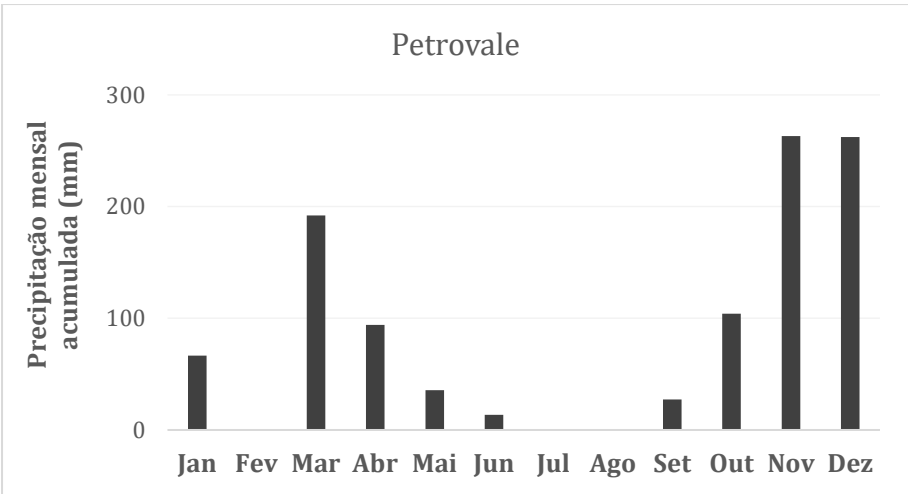
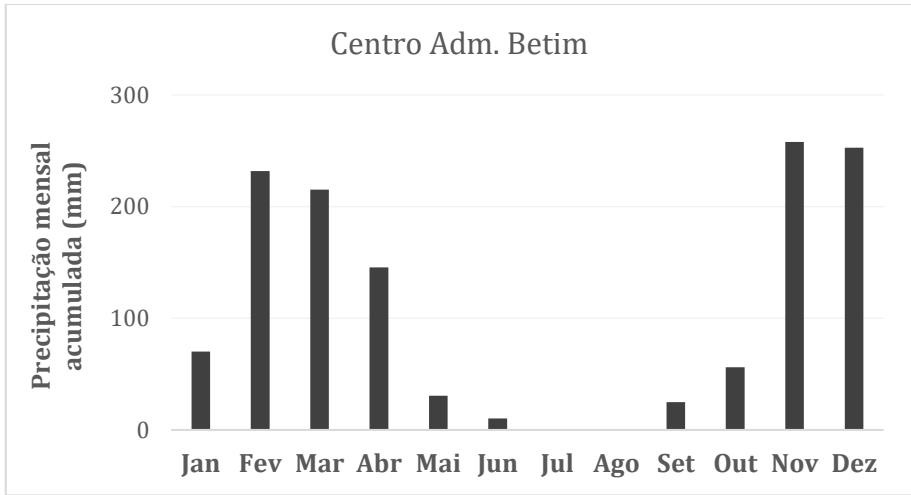
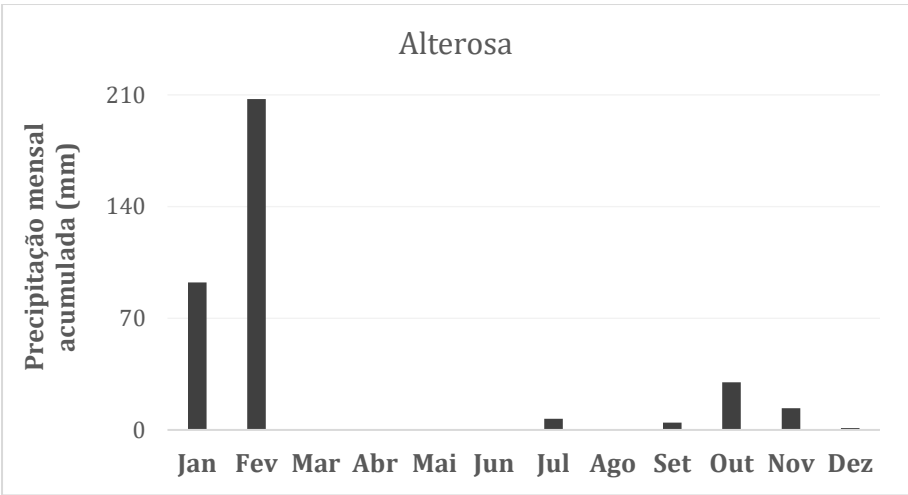
Pressão Atmosférica

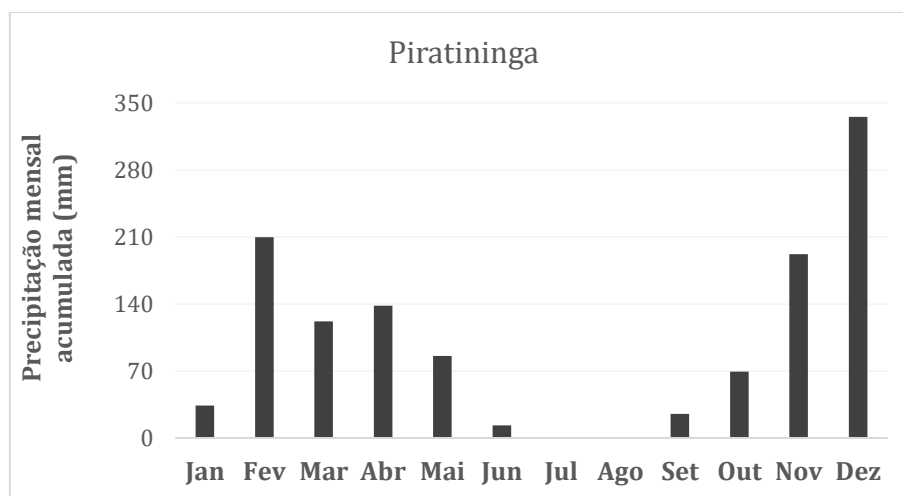
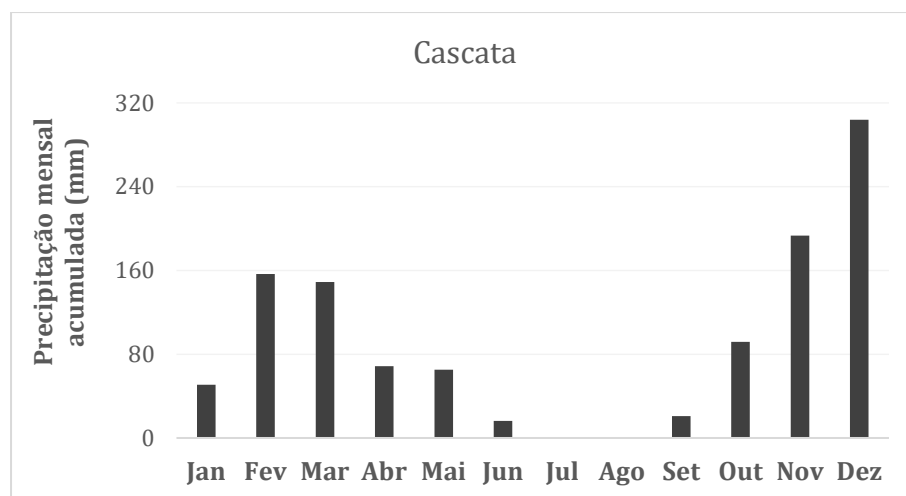
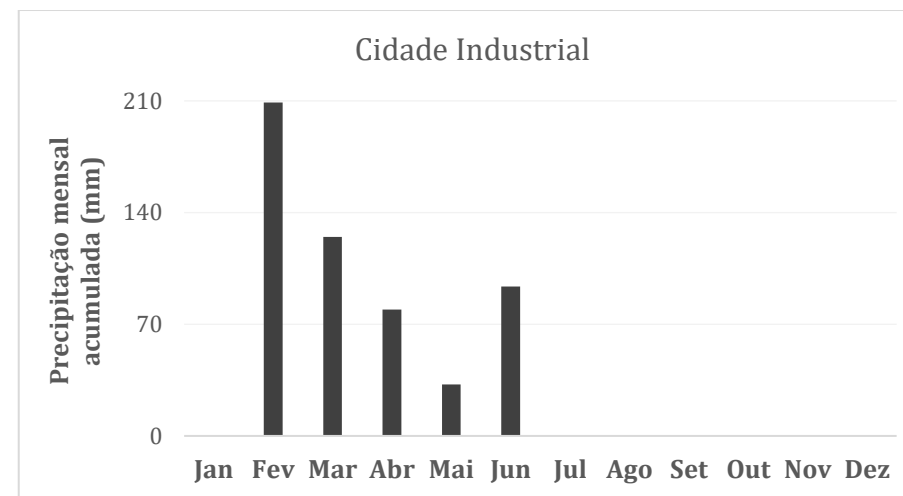
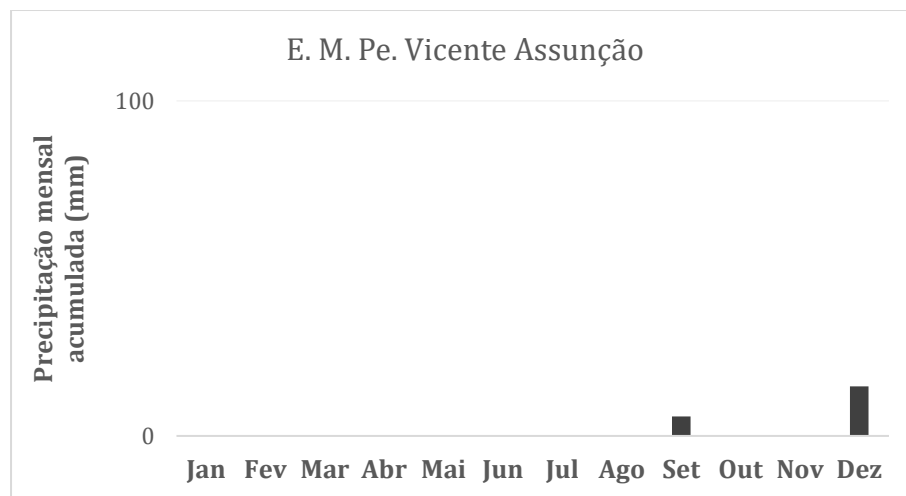


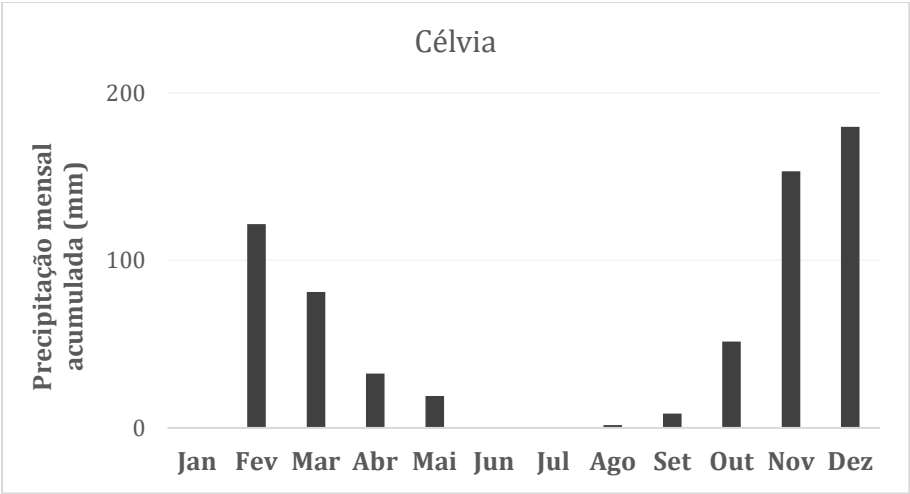


Precipitação Pluviométrica

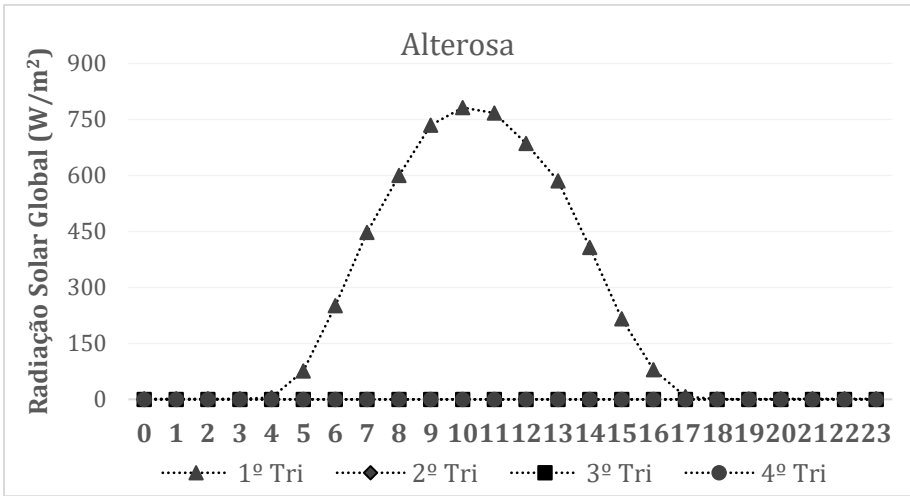
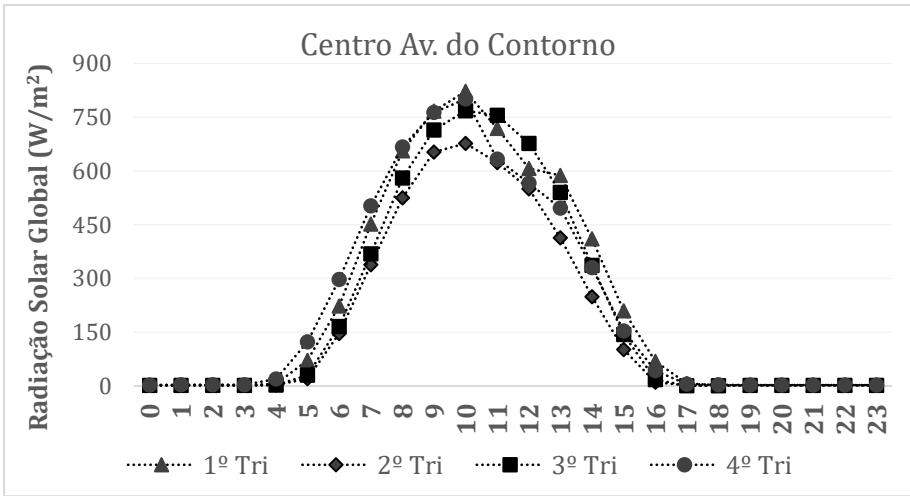
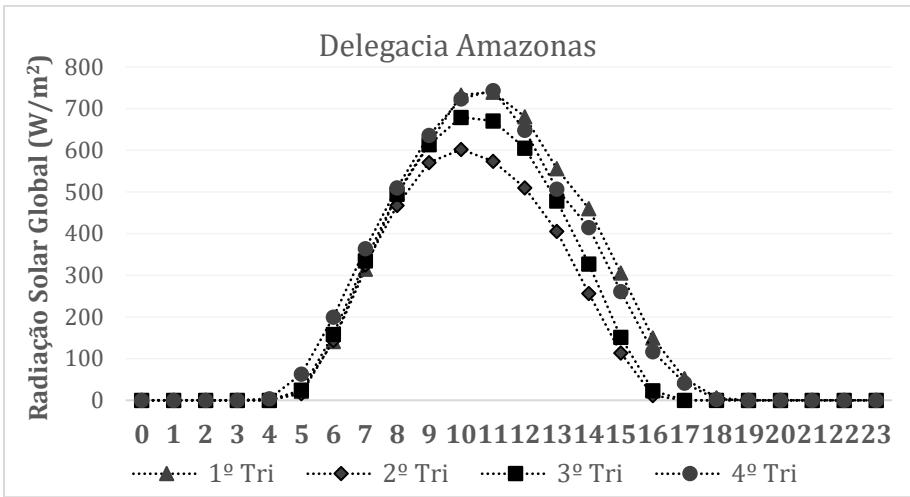
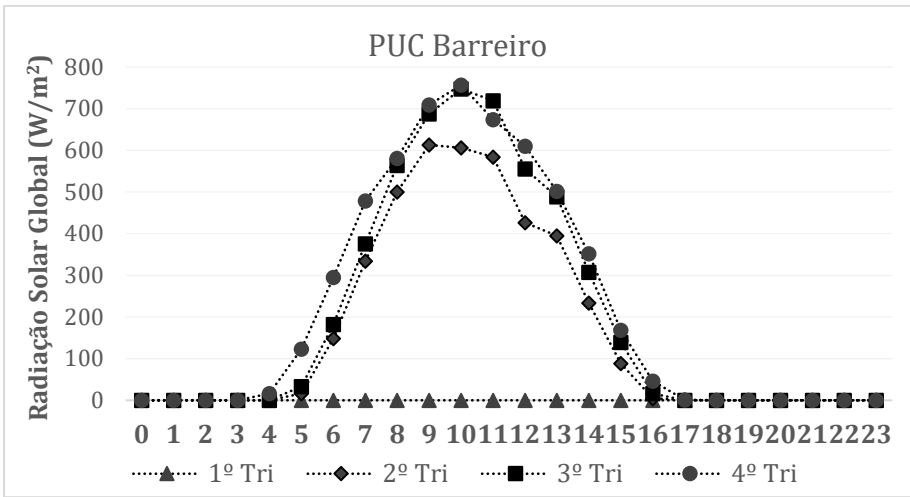


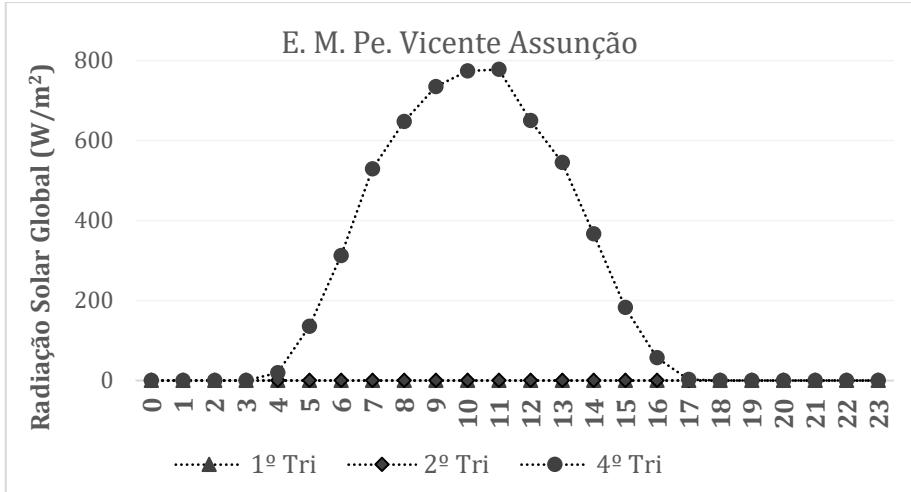
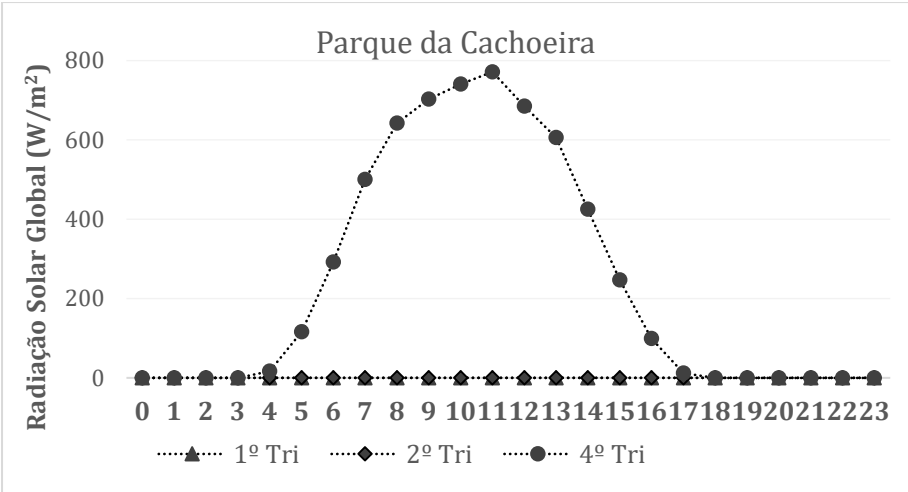
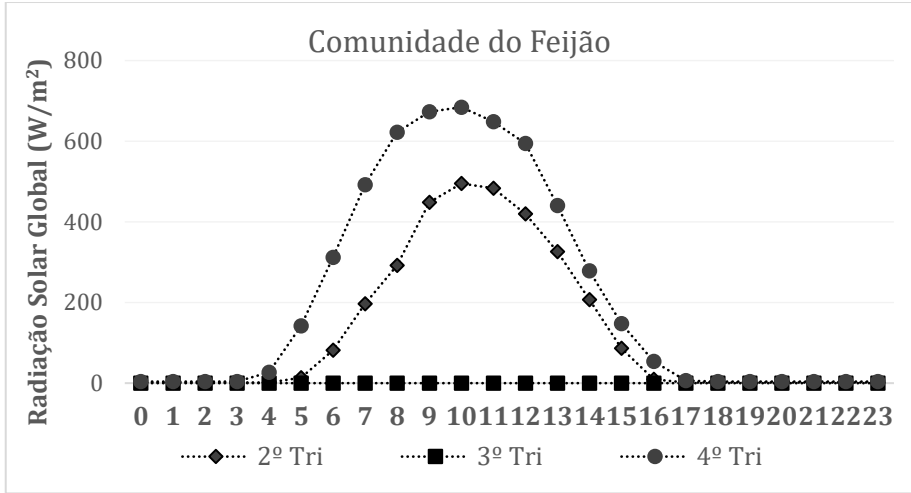
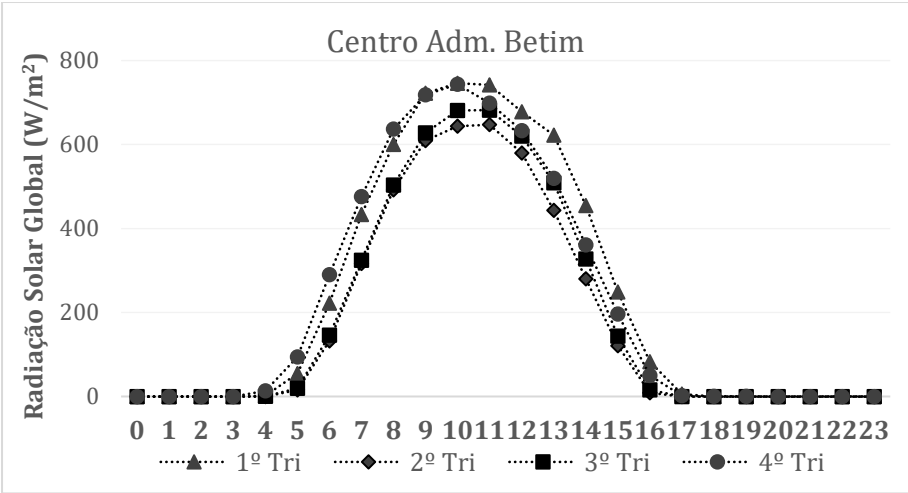


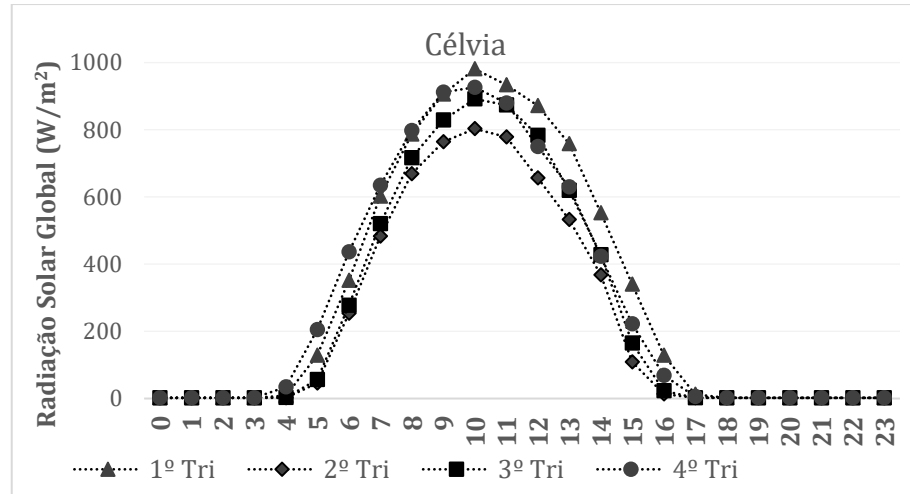
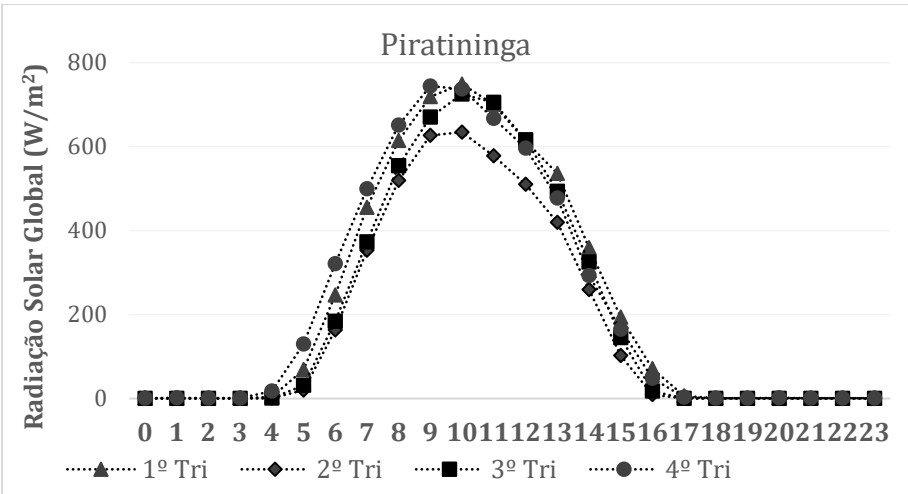
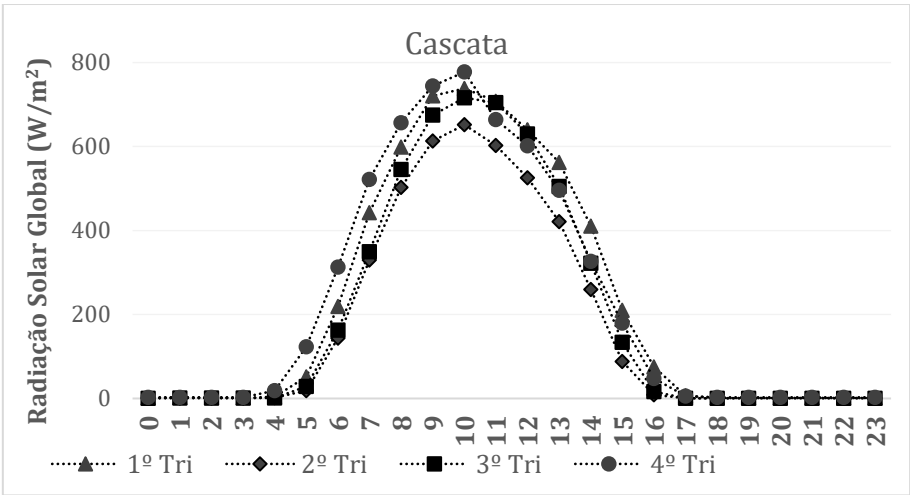
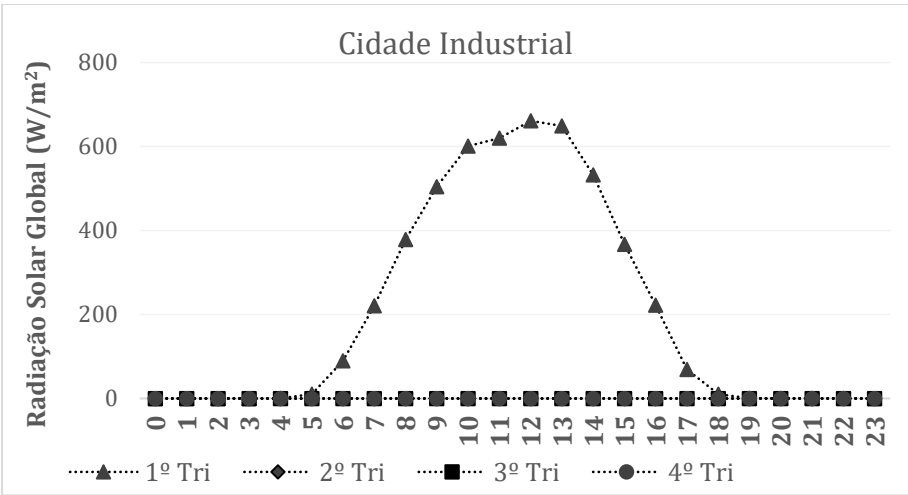


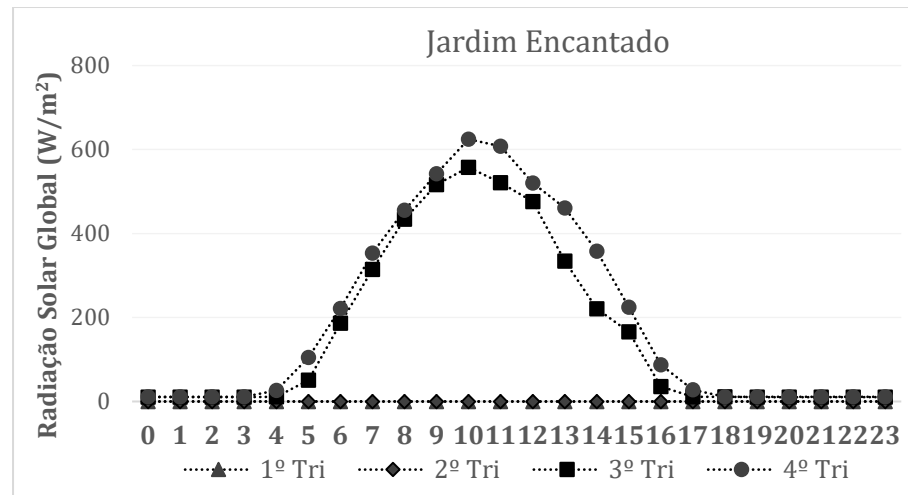


Radiação Solar

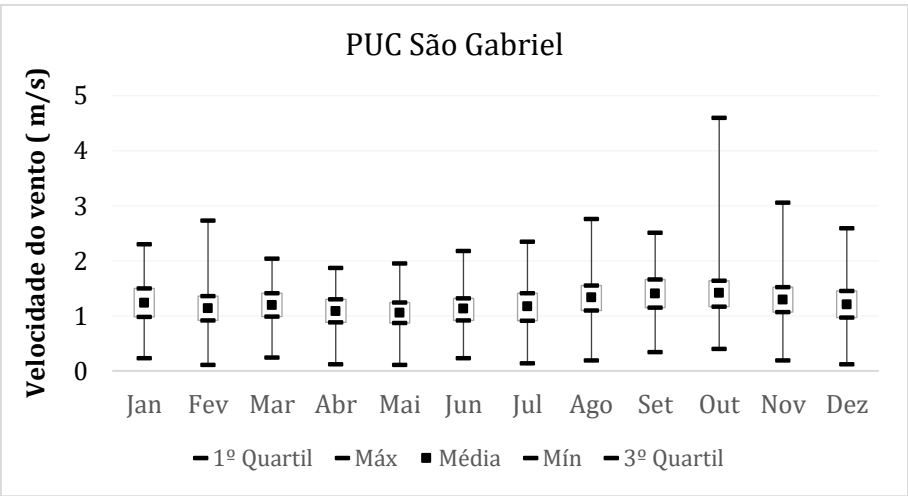
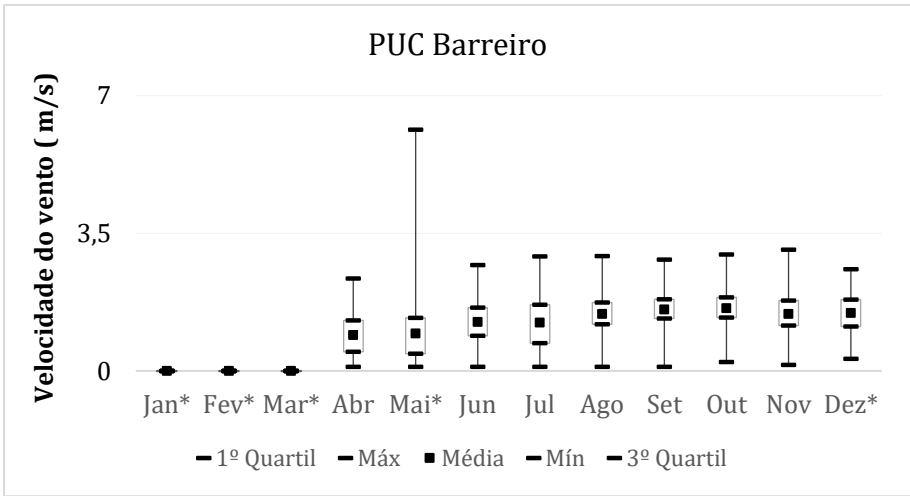
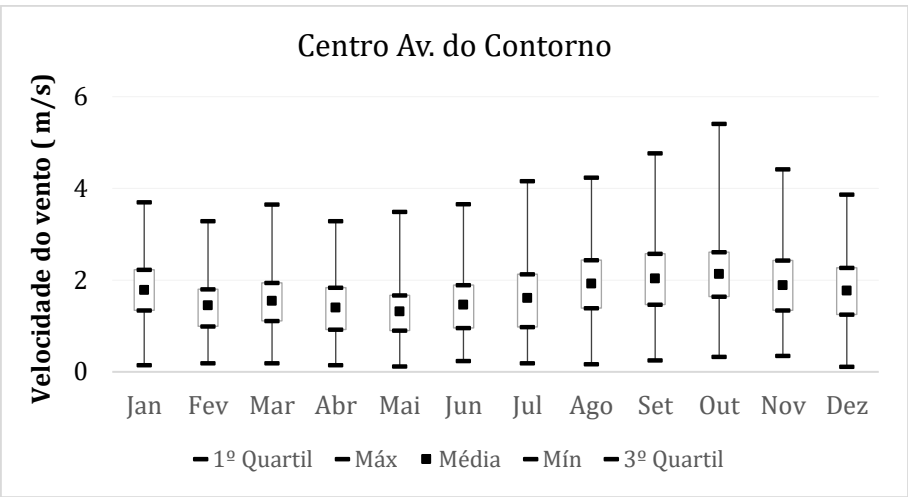
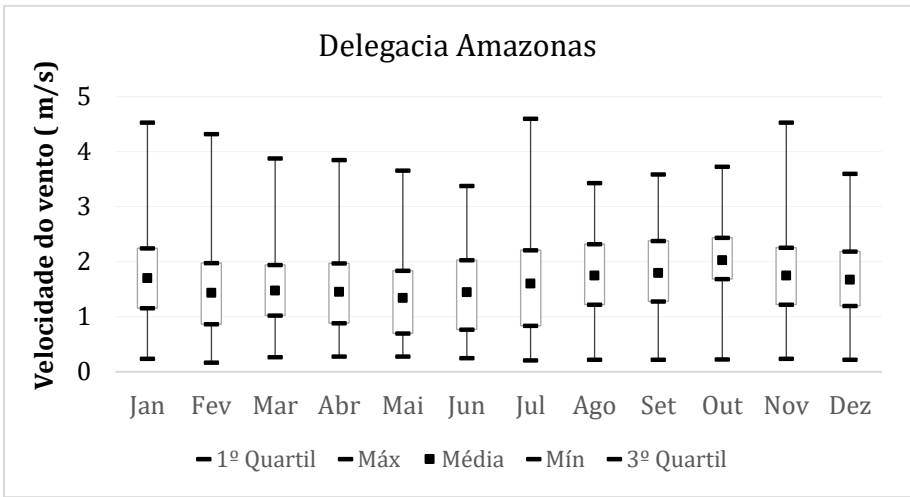


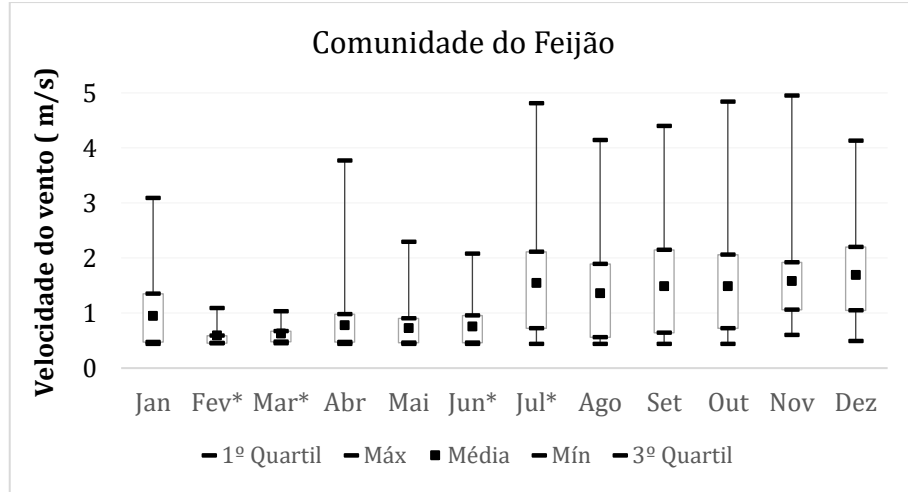
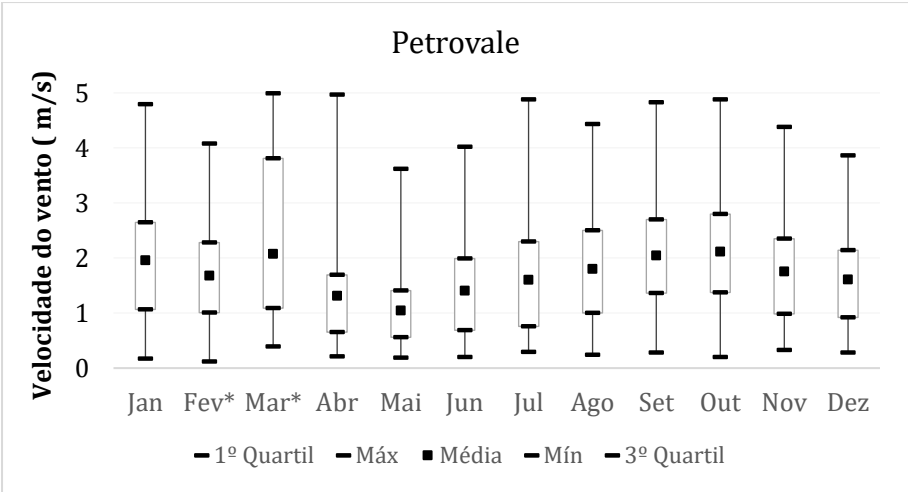
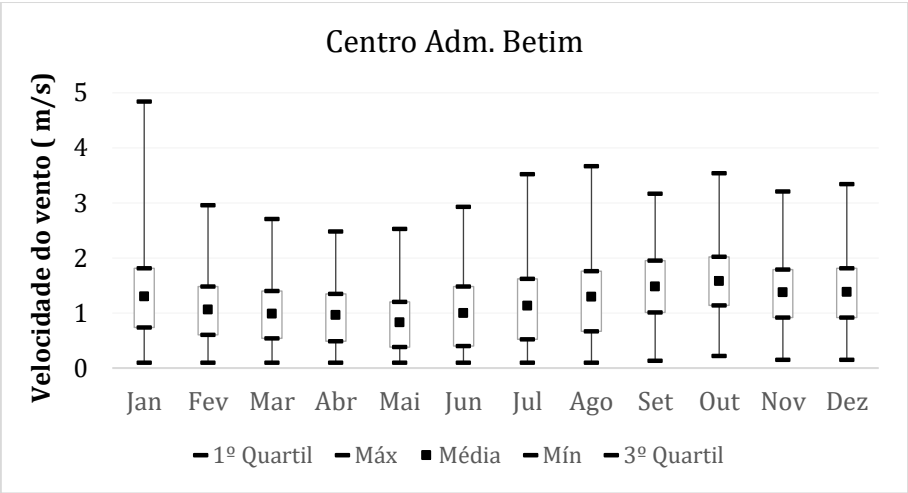
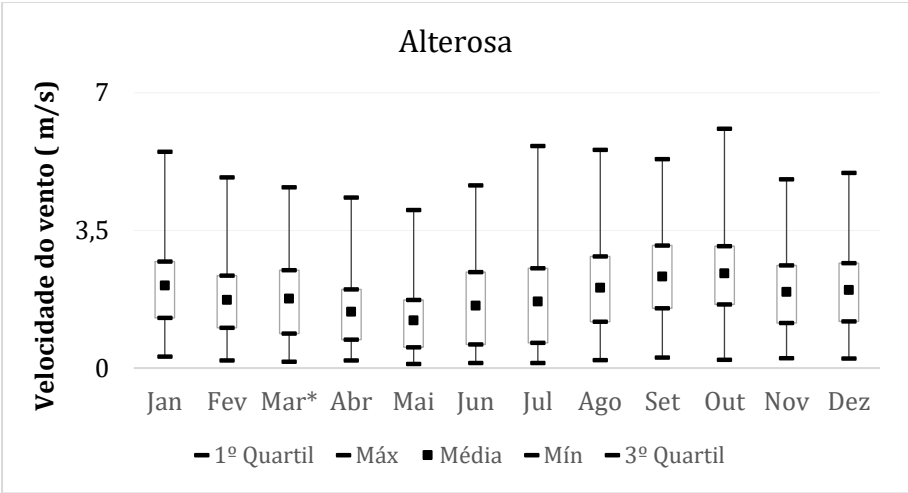


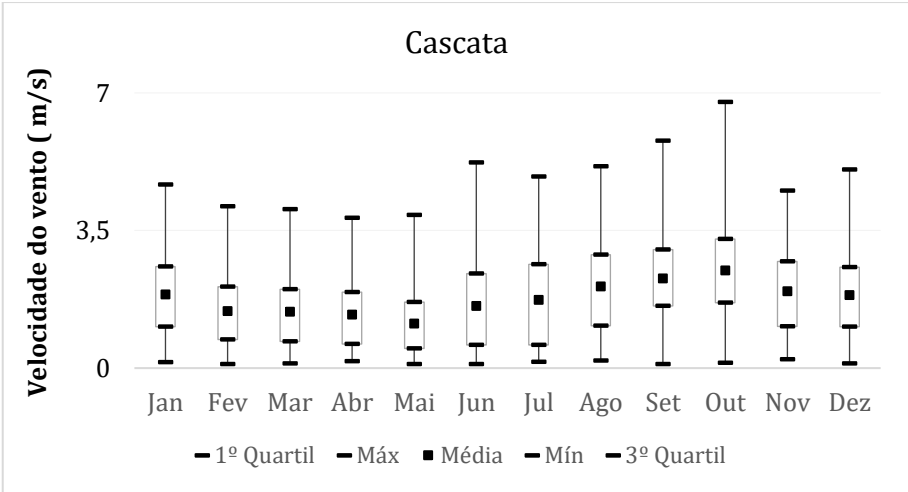
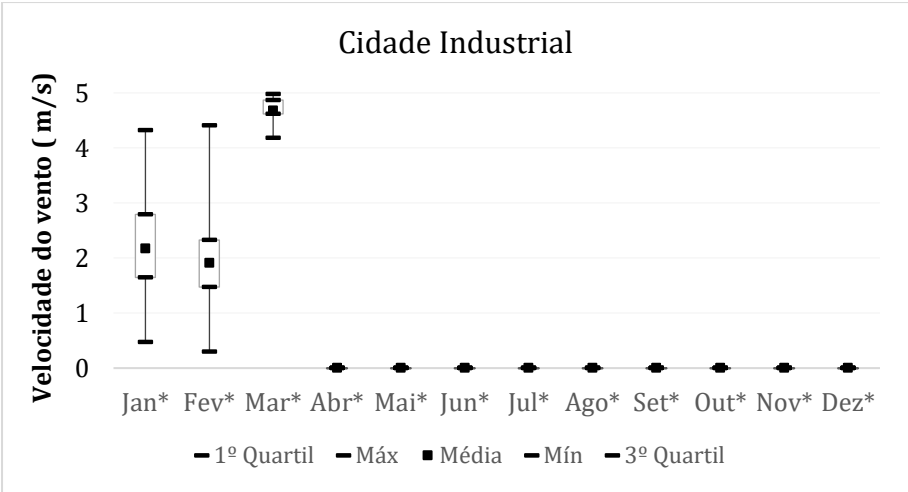
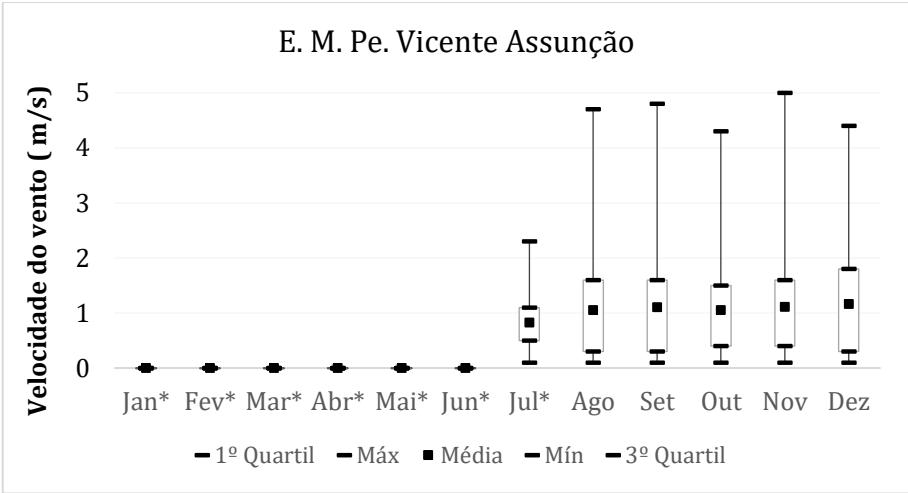
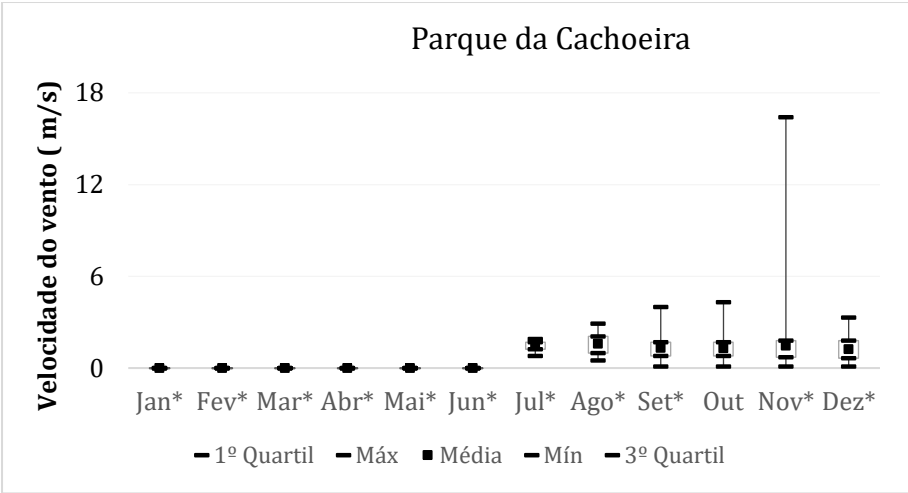


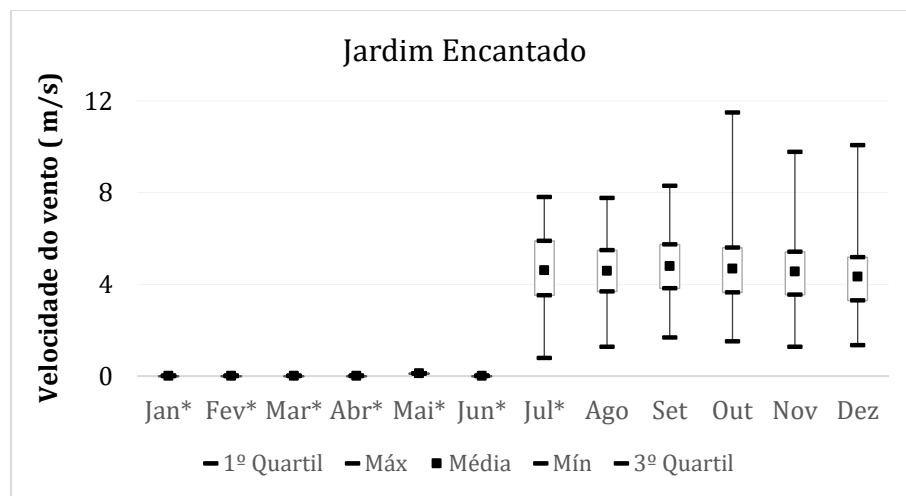
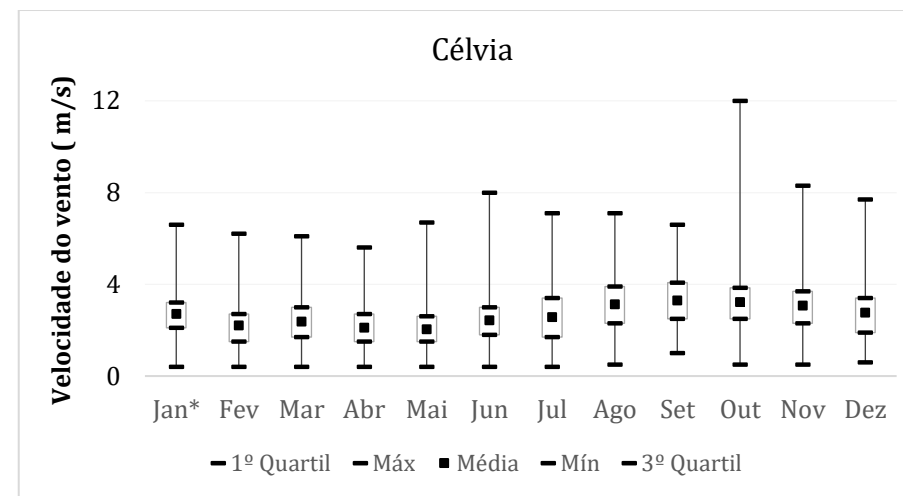
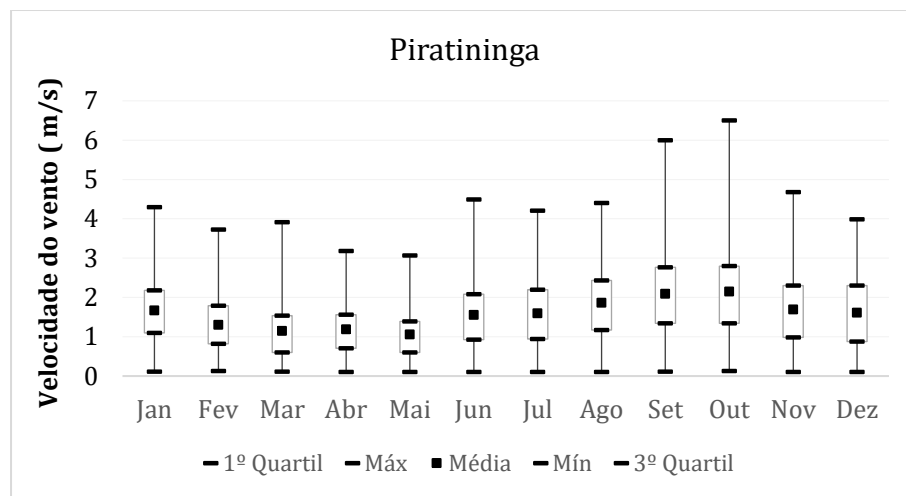


Velocidade do vento



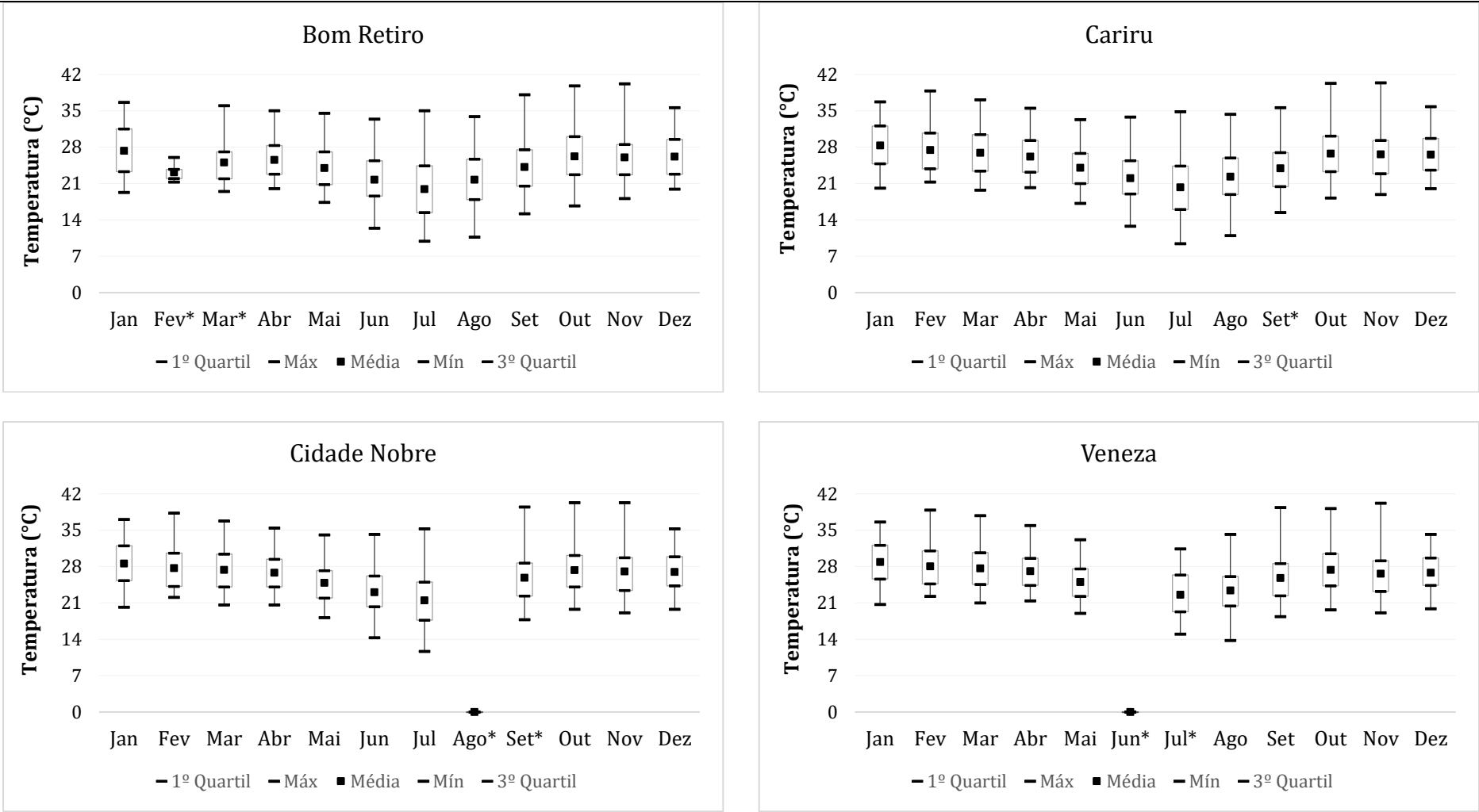


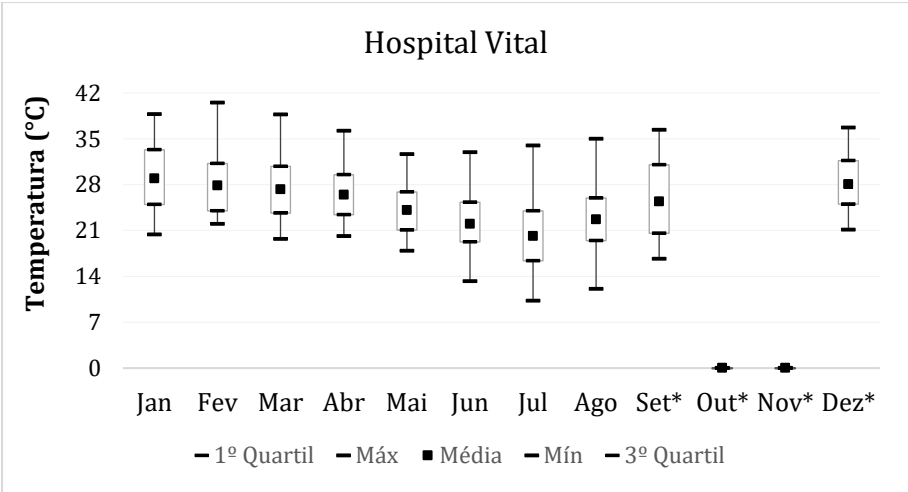
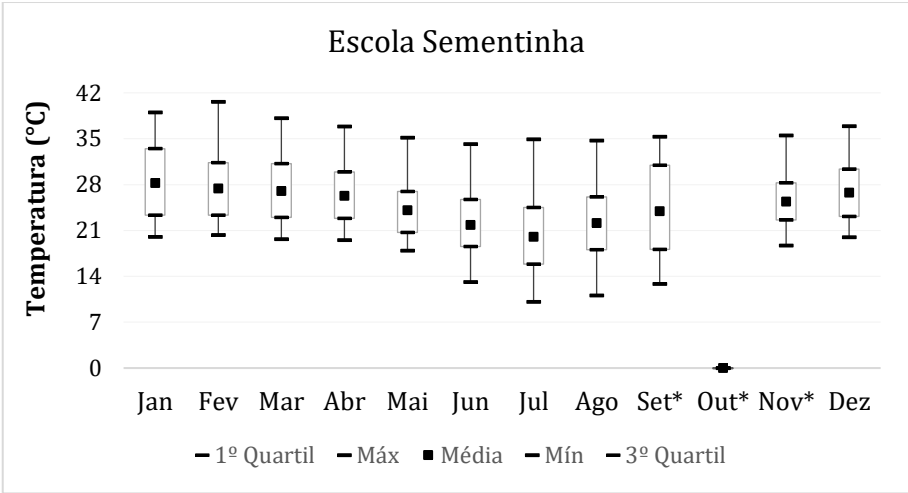
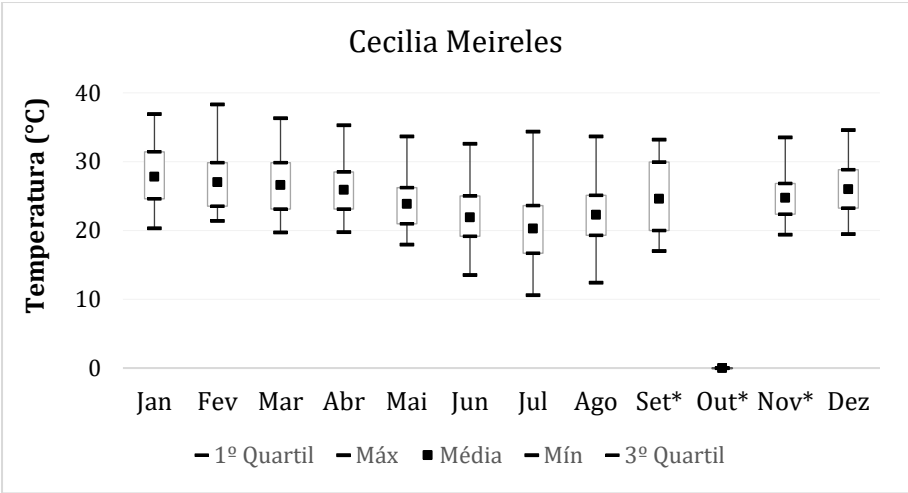




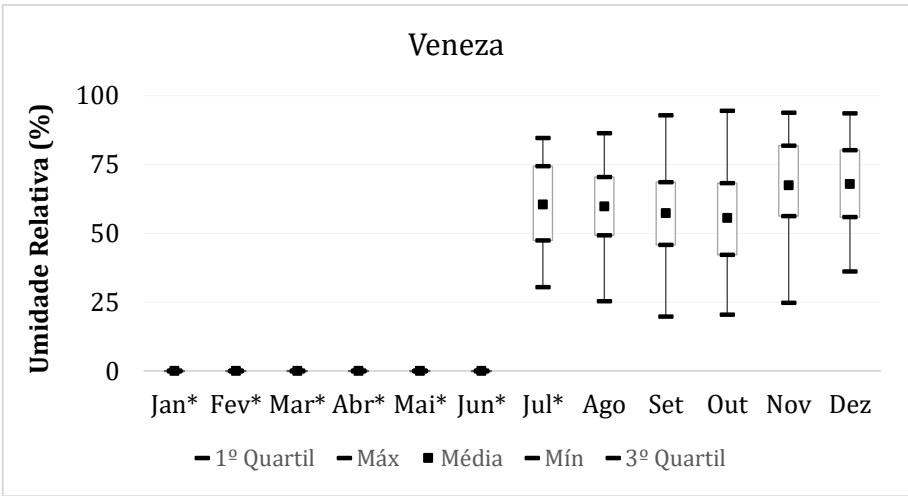
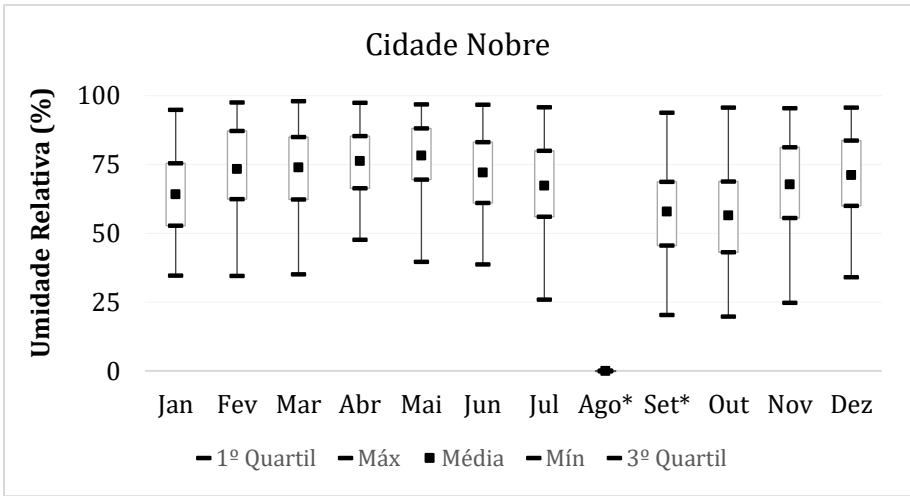
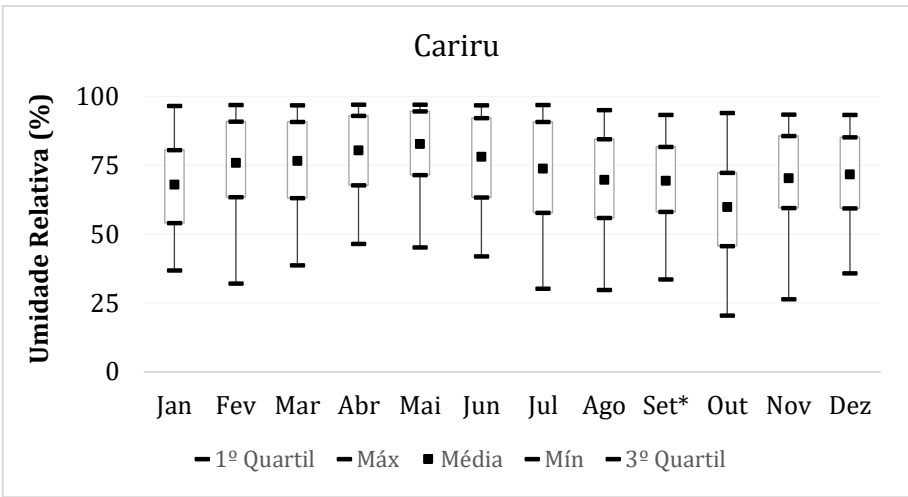
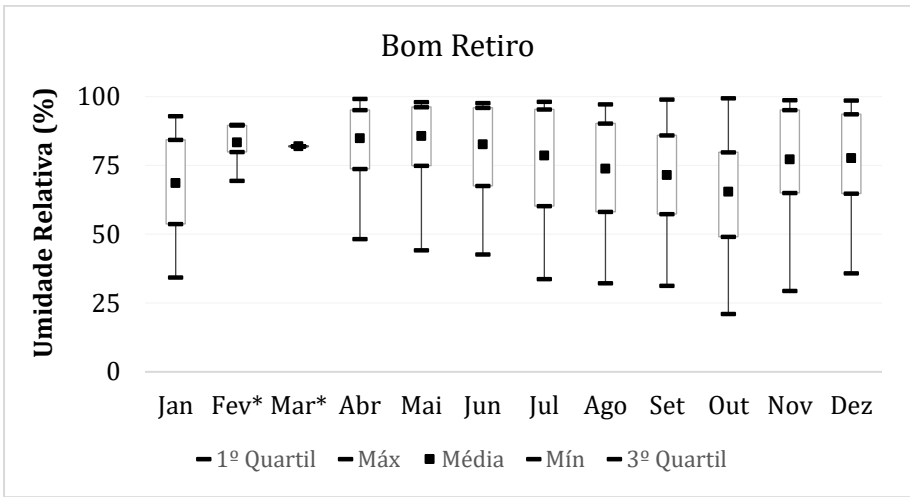
APÊNDICE B

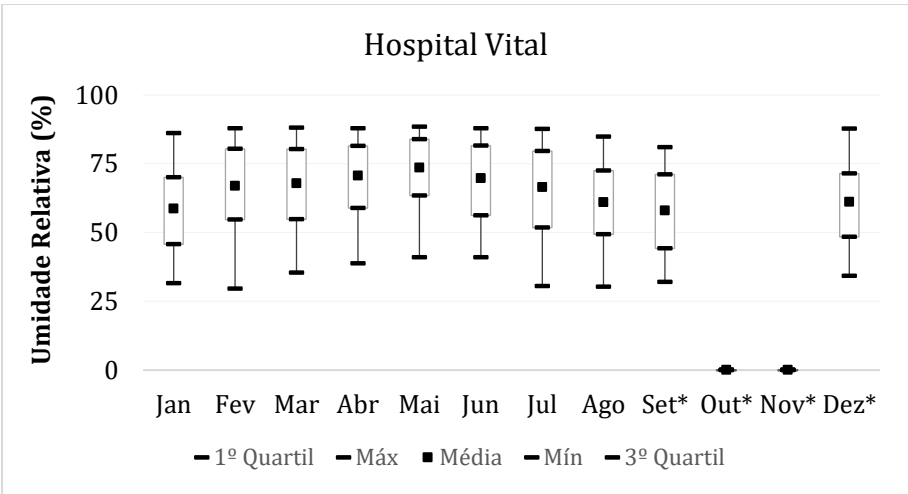
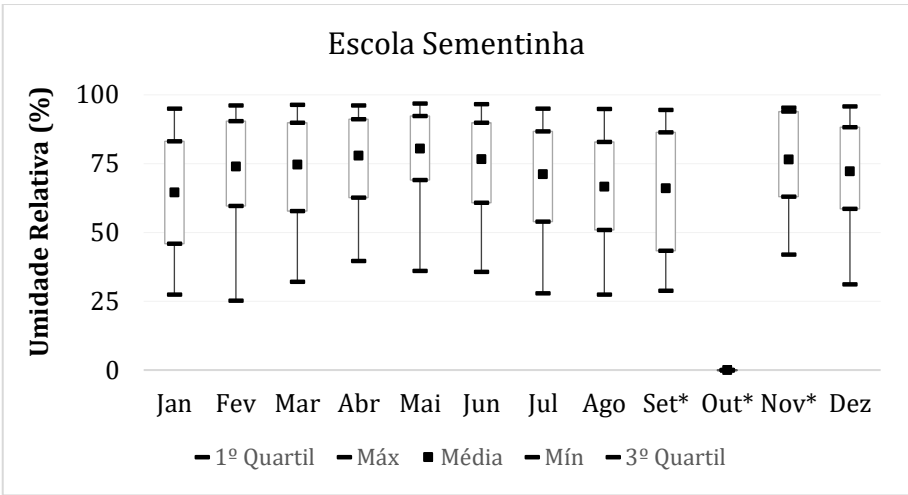
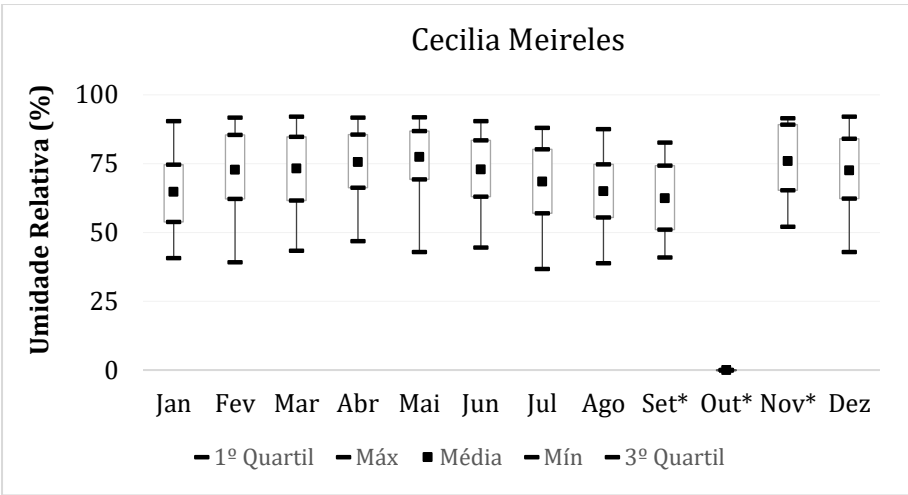
Temperatura



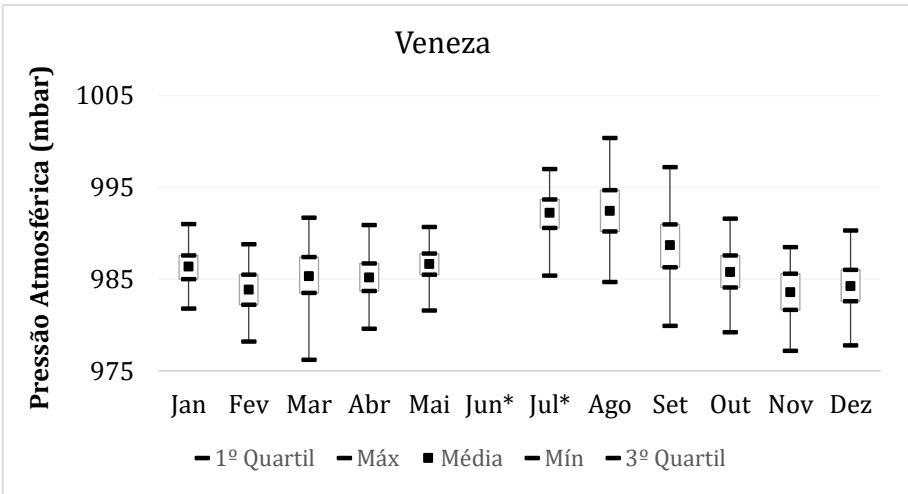
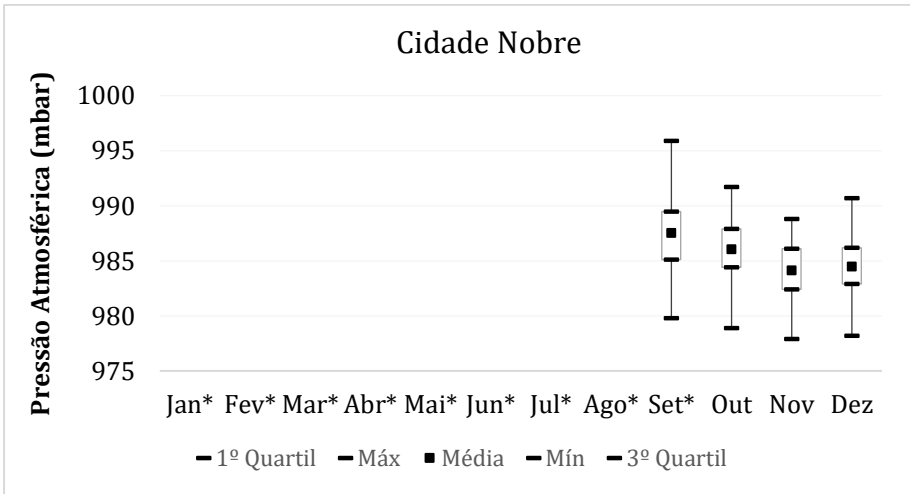
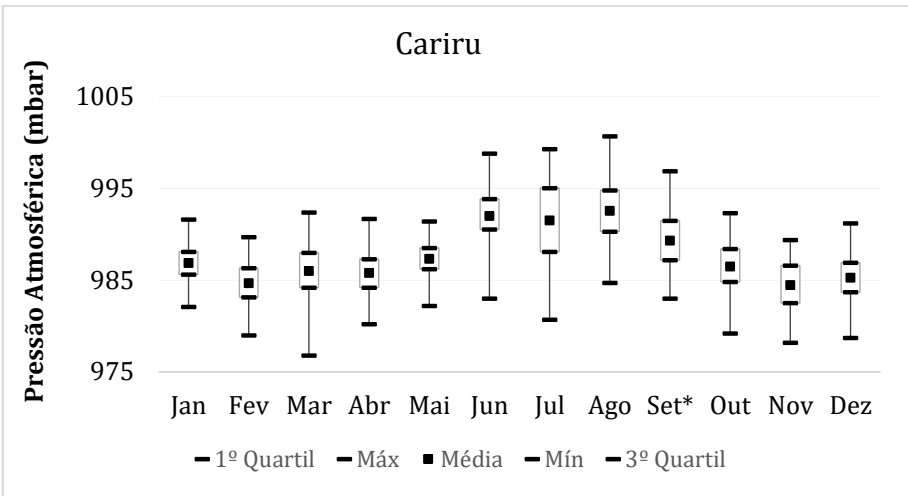
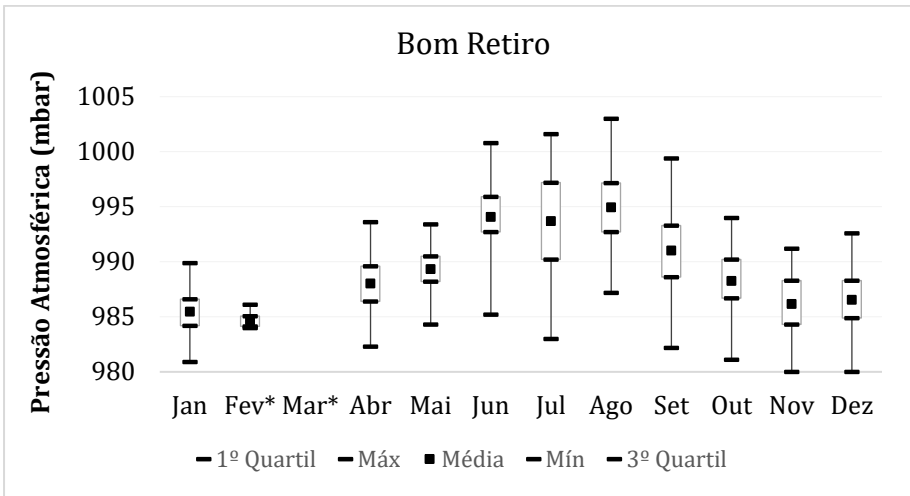


Umidade Relativa

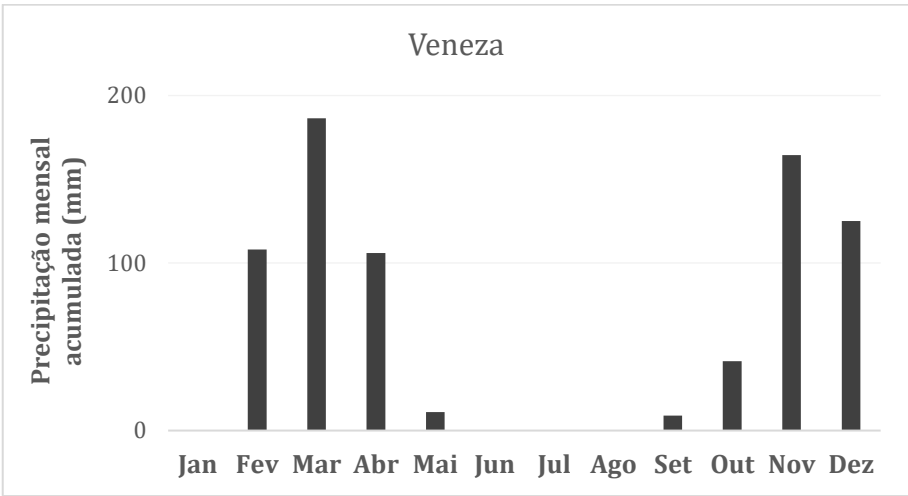
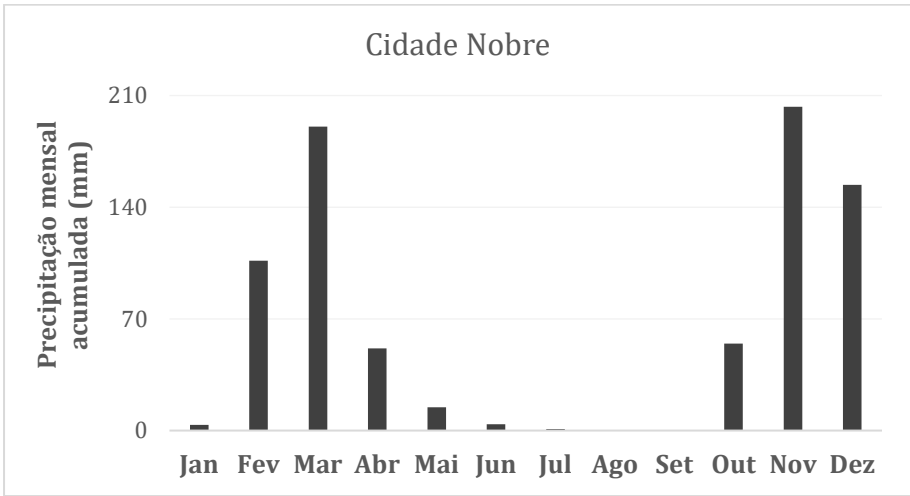
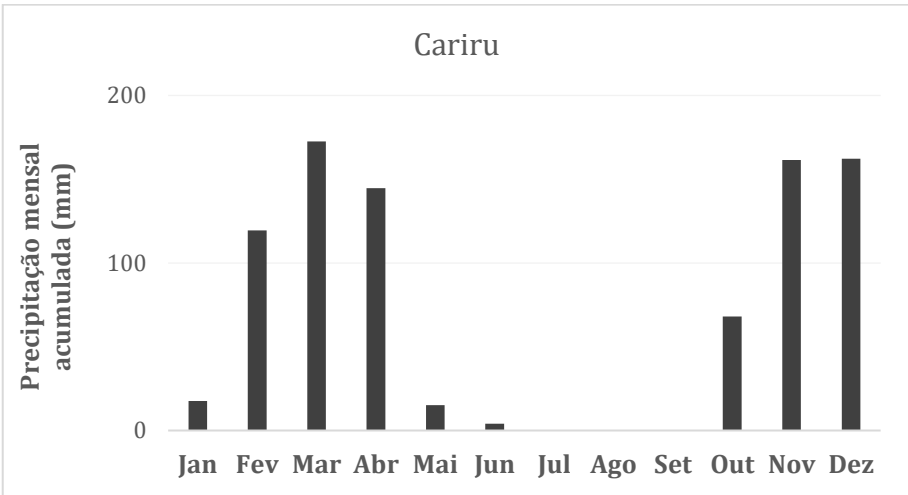
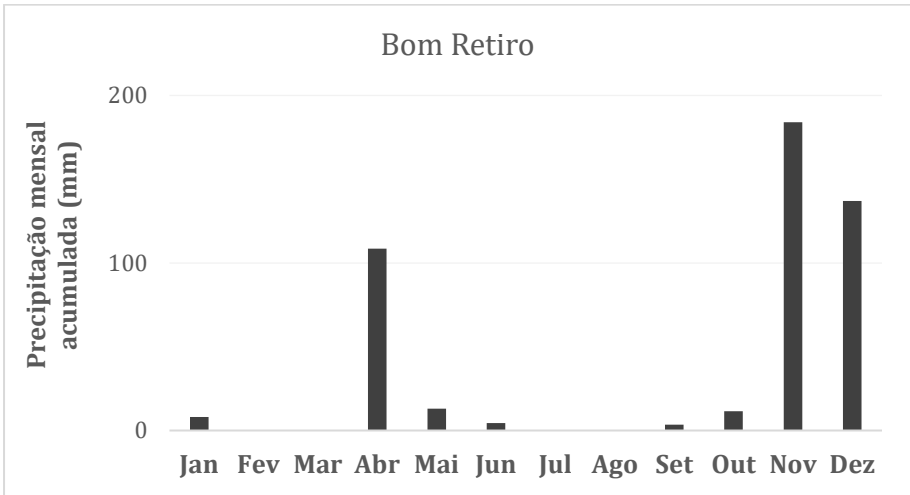




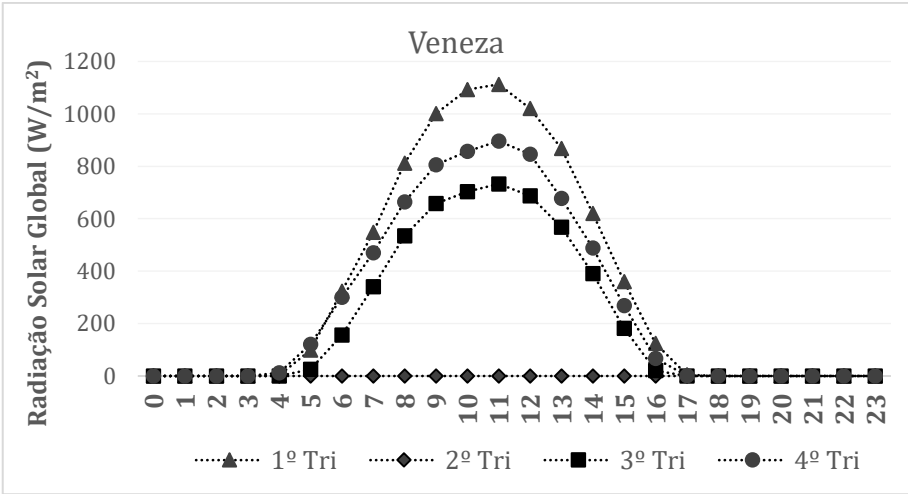
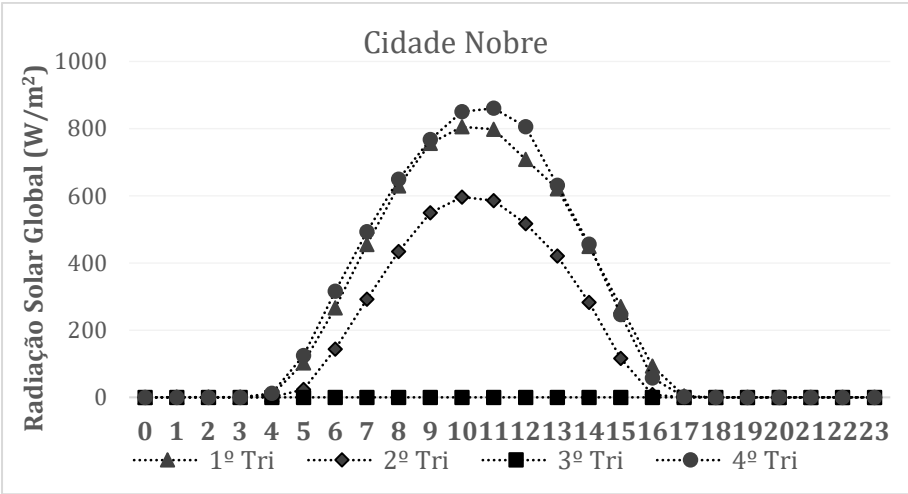
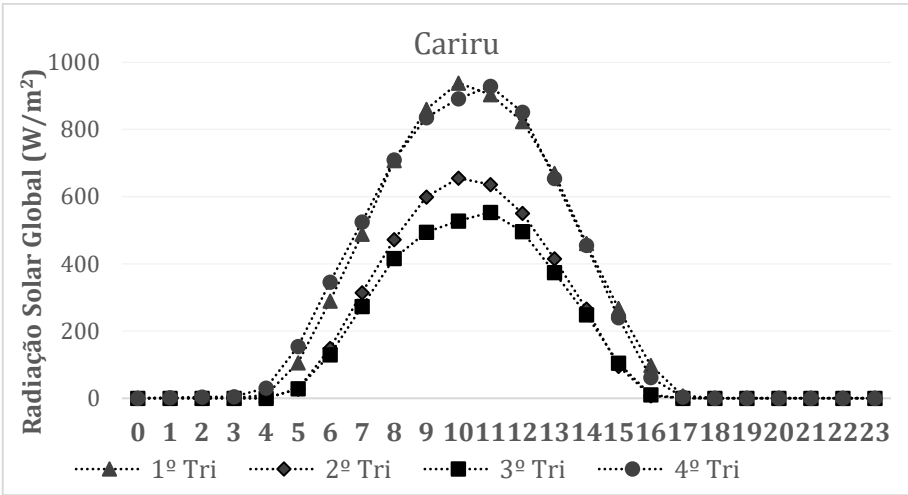
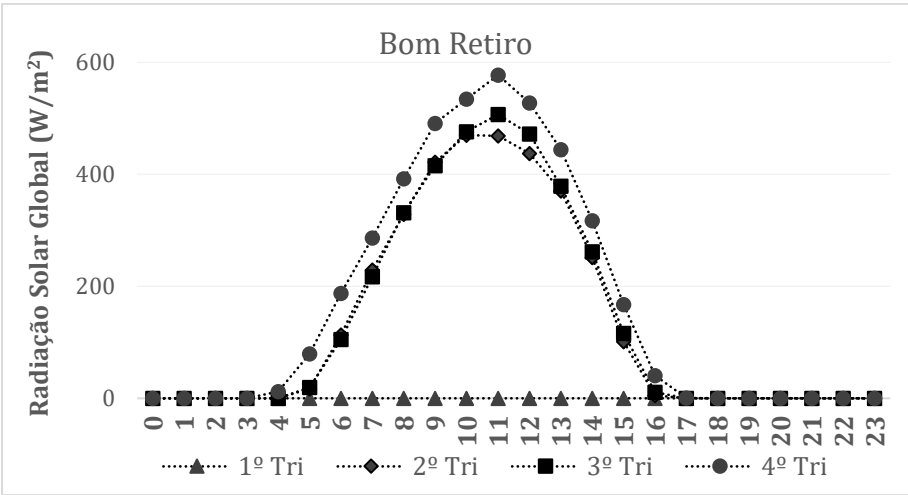
Pressão Atmosférica



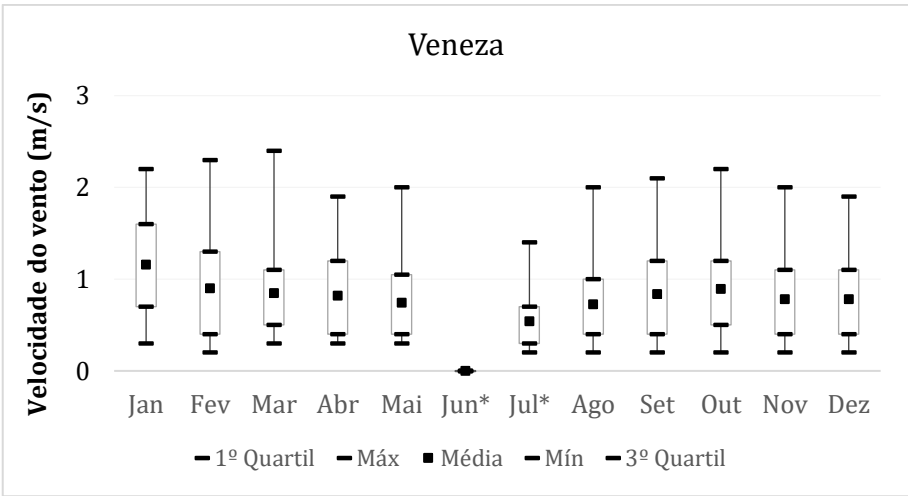
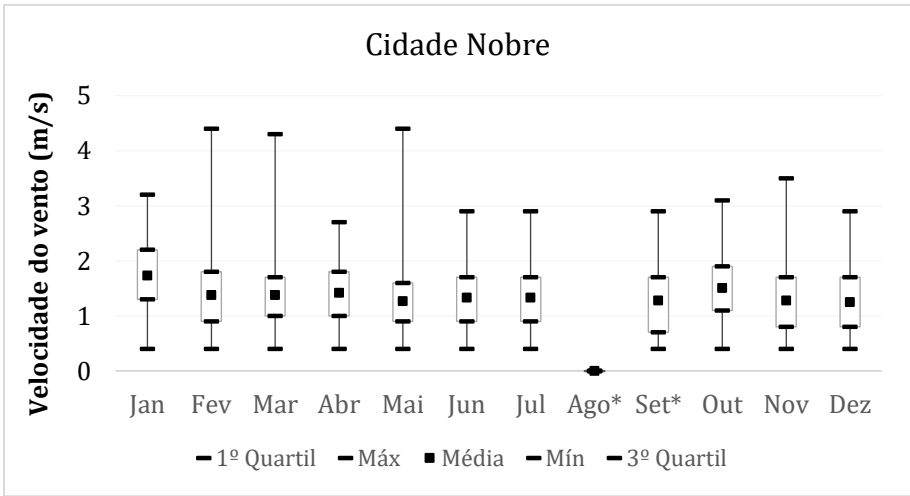
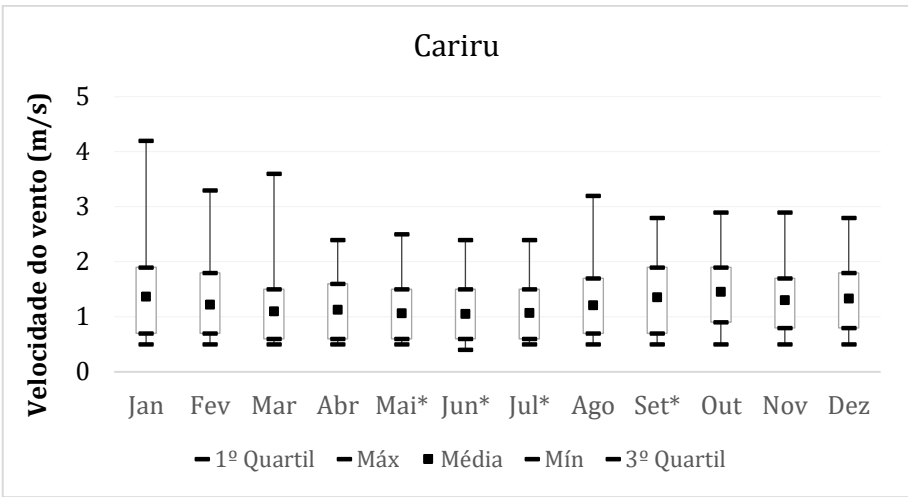
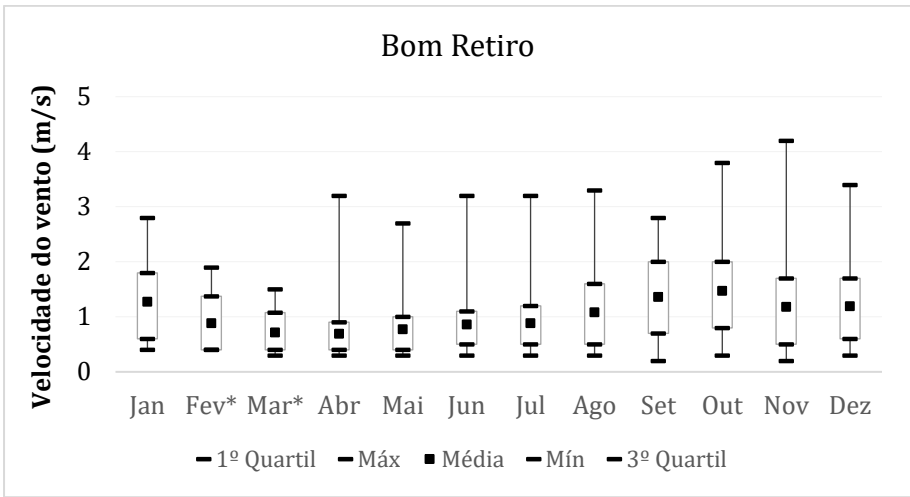
Precipitação Pluviométrica

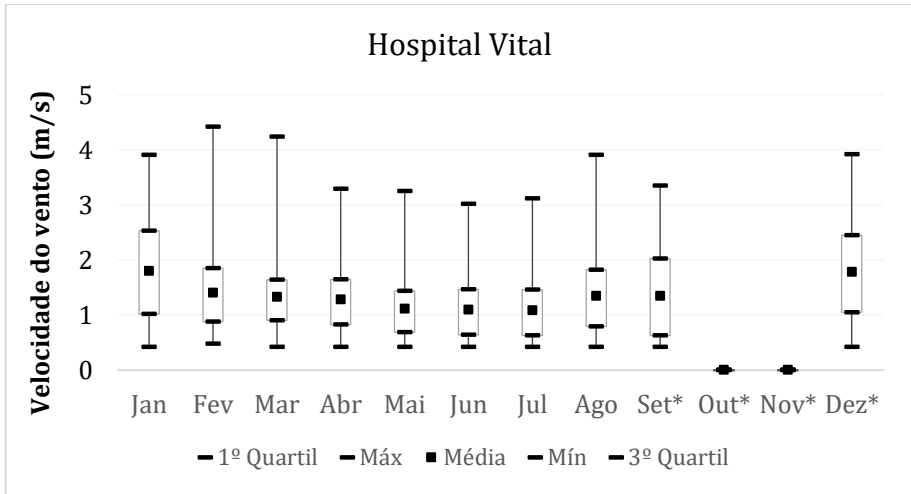
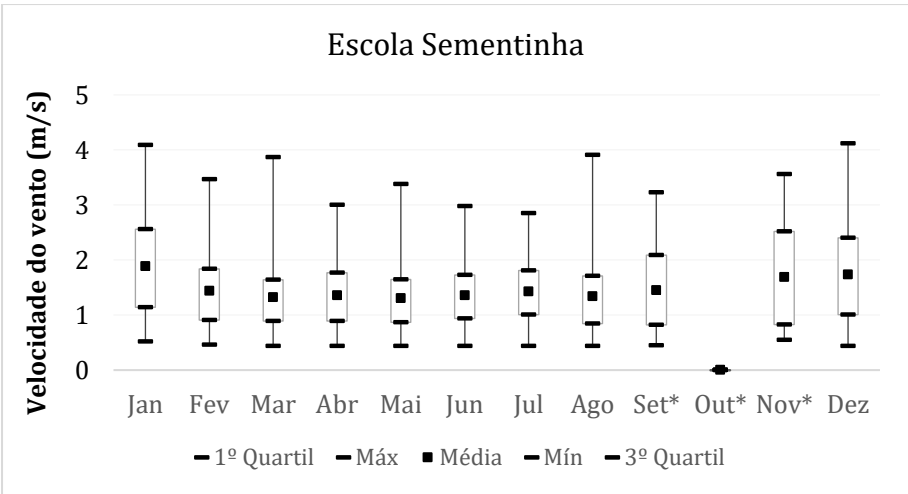
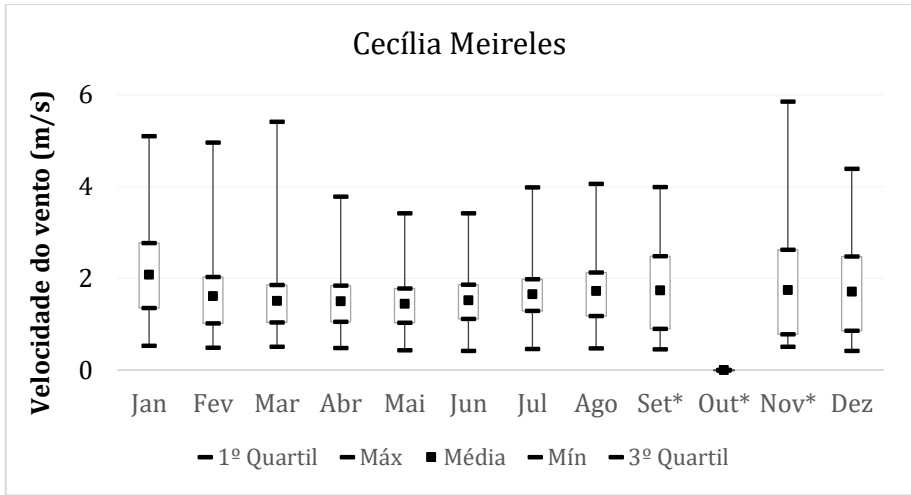
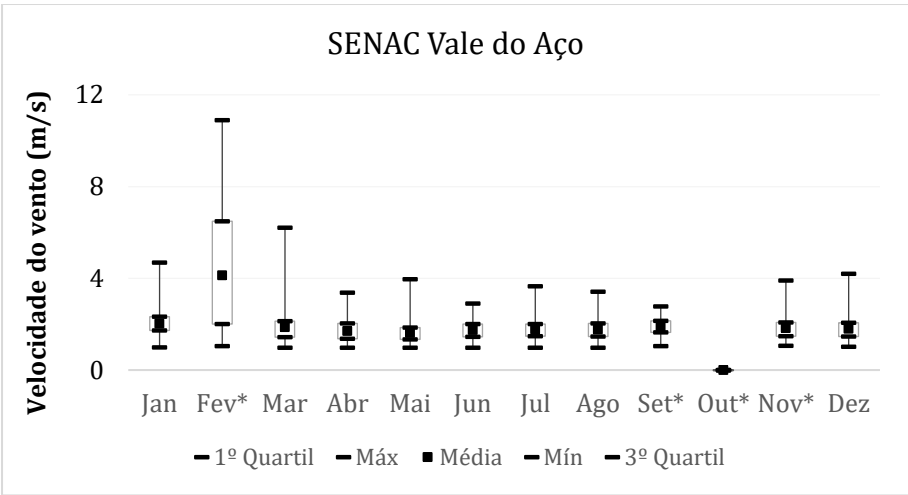


Radiação Solar



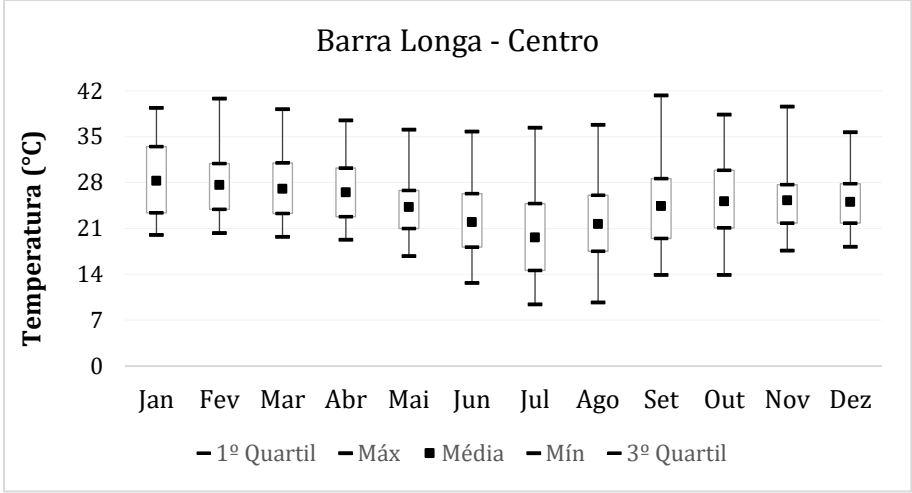
Velocidade do Vento



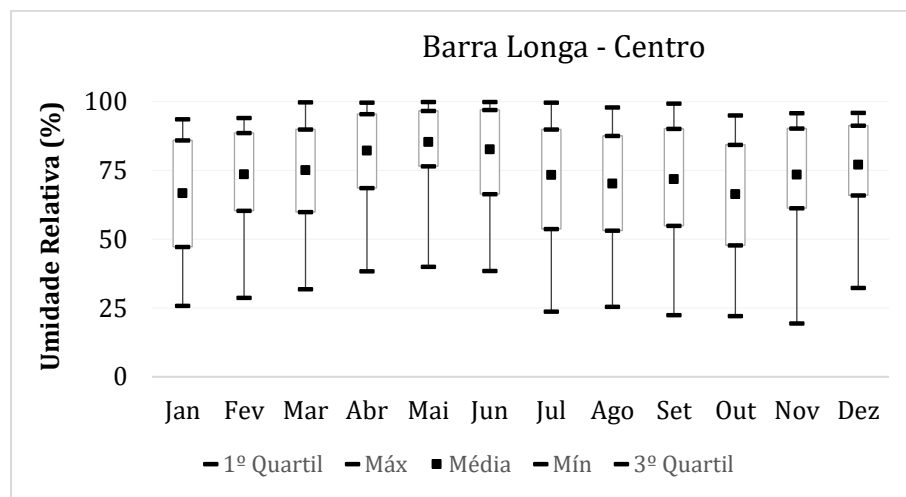


APÊNDICE C

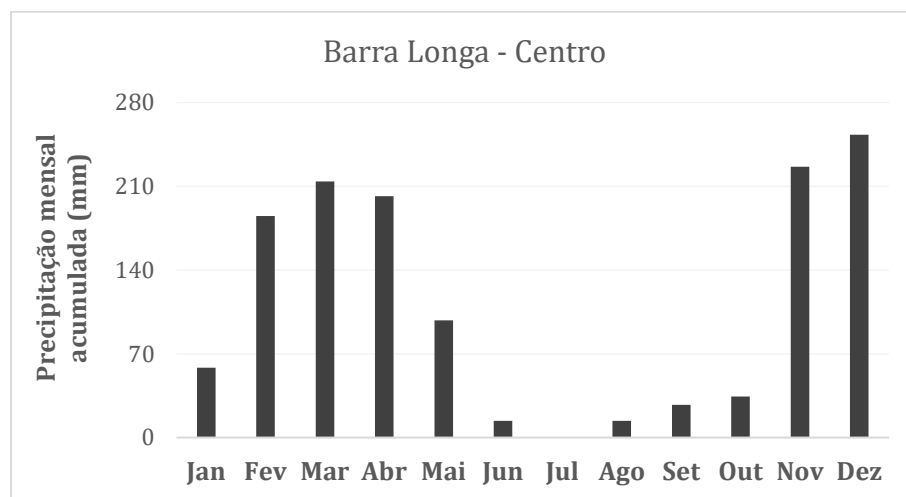
Temperatura



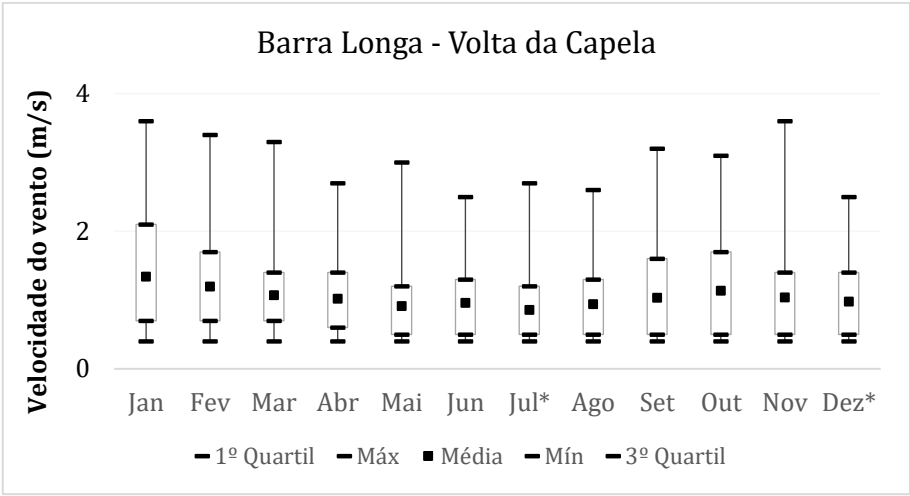
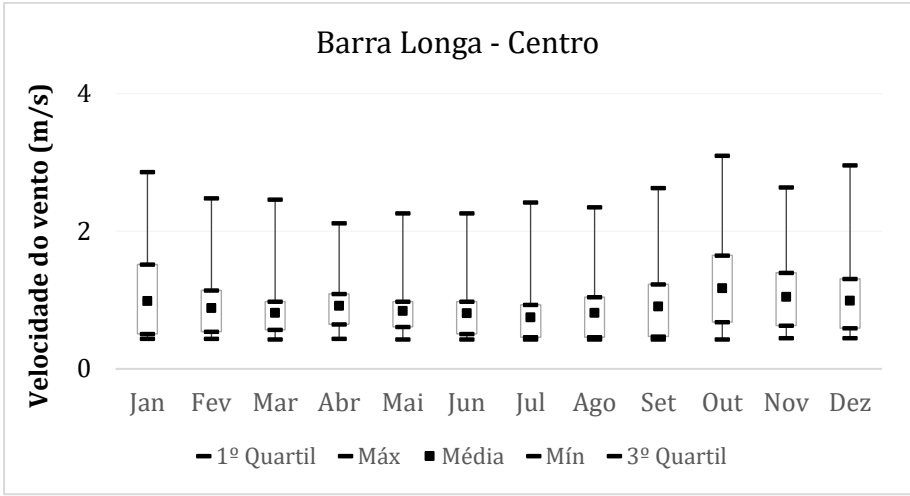
Umidade Relativa



Precipitação Pluviométrica

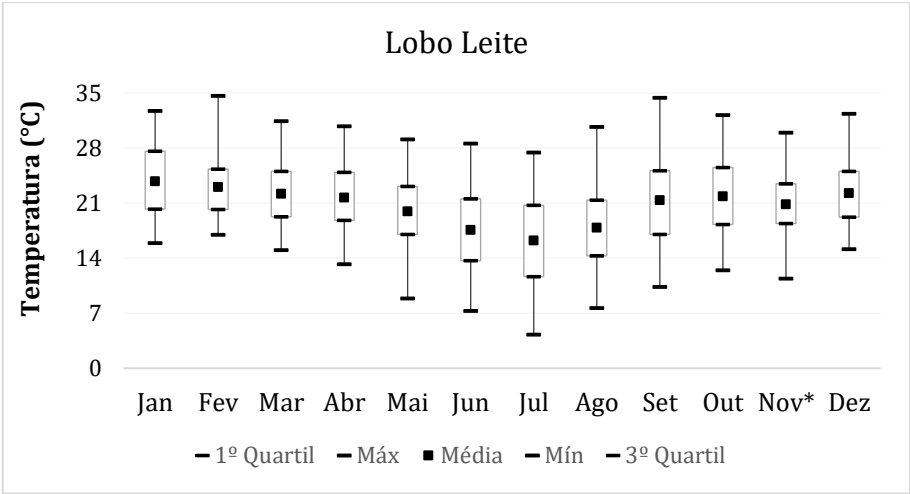
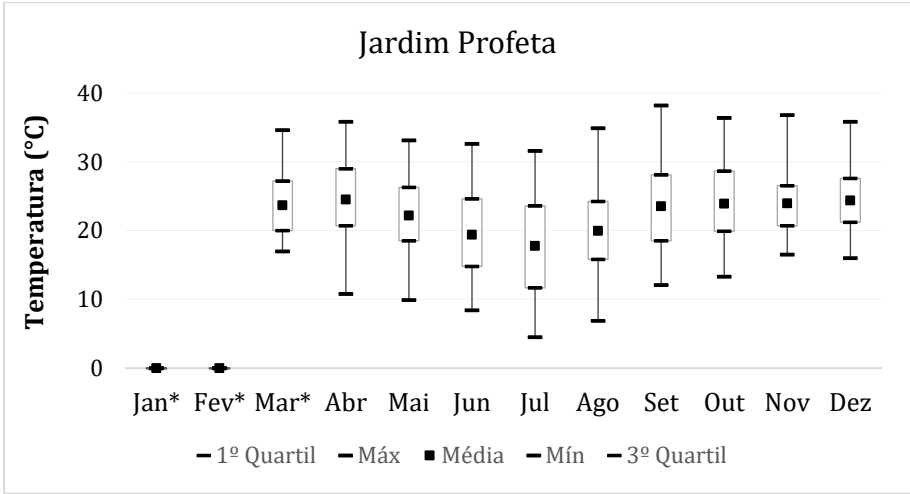
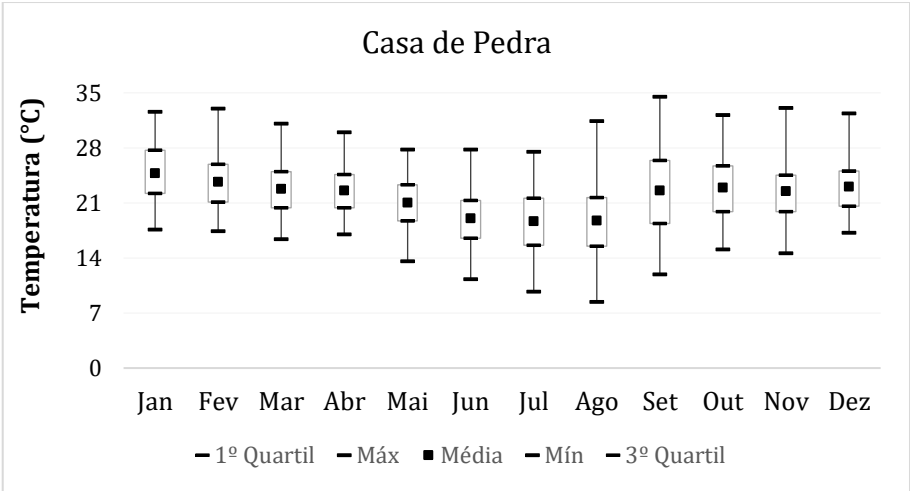
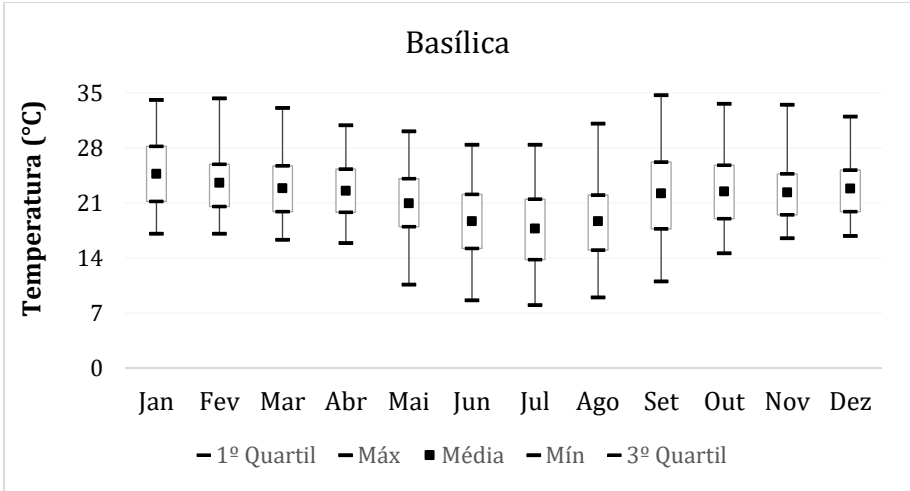


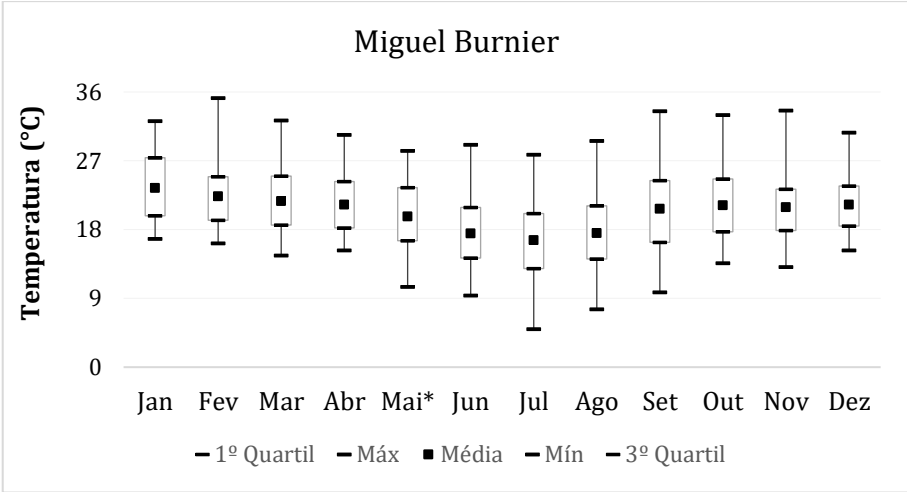
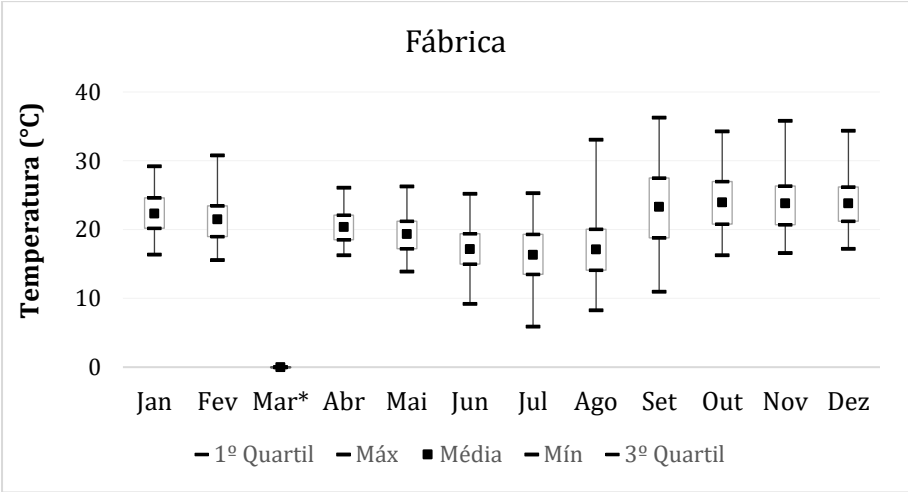
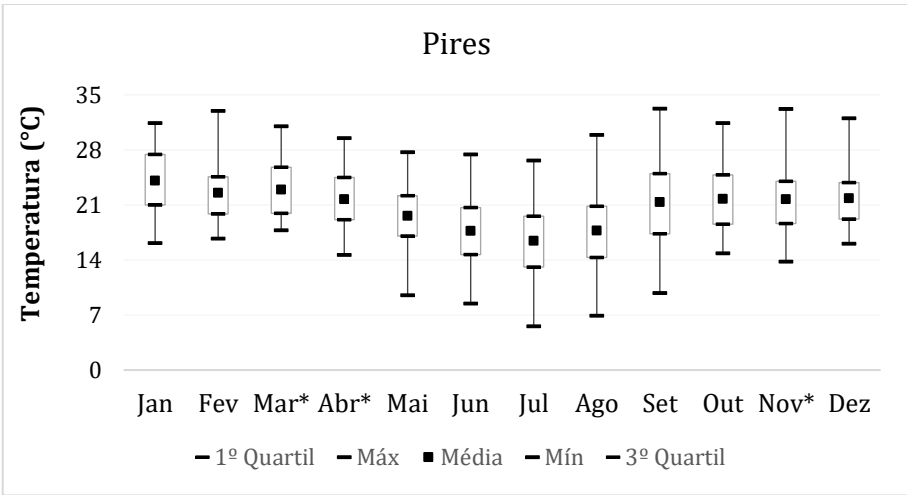
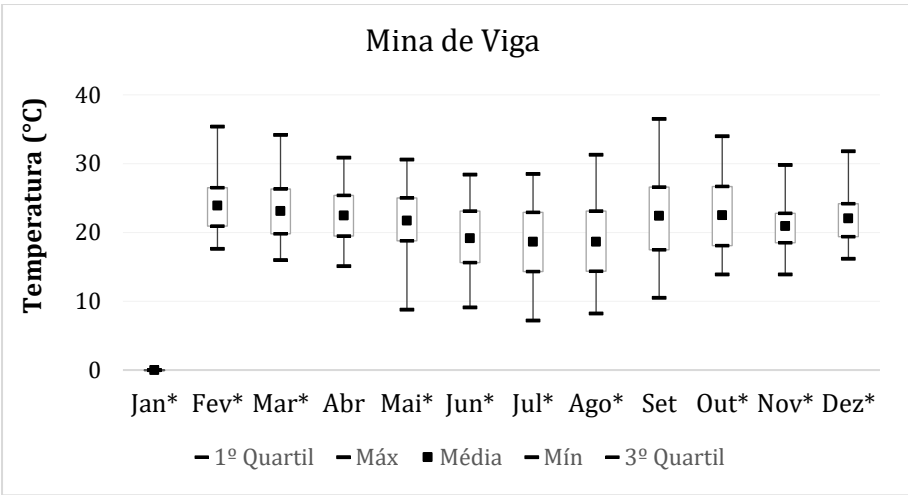
Velocidade do Vento

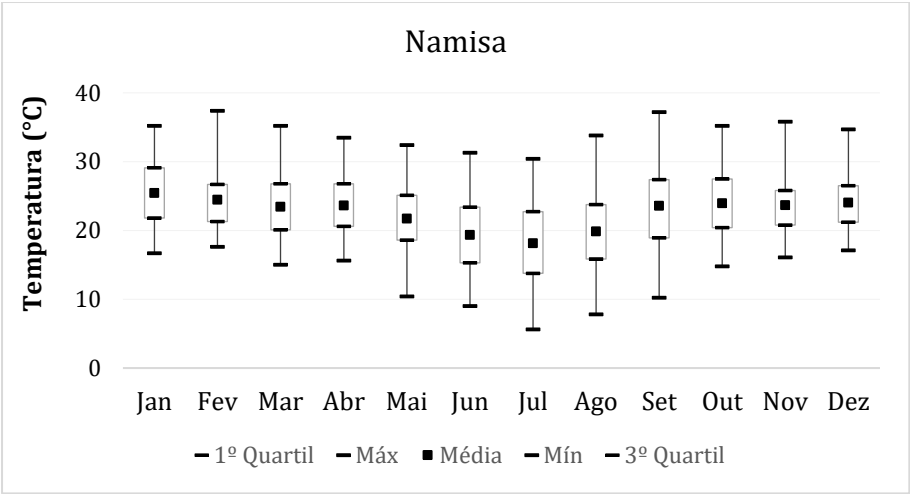


APÊNDICE D

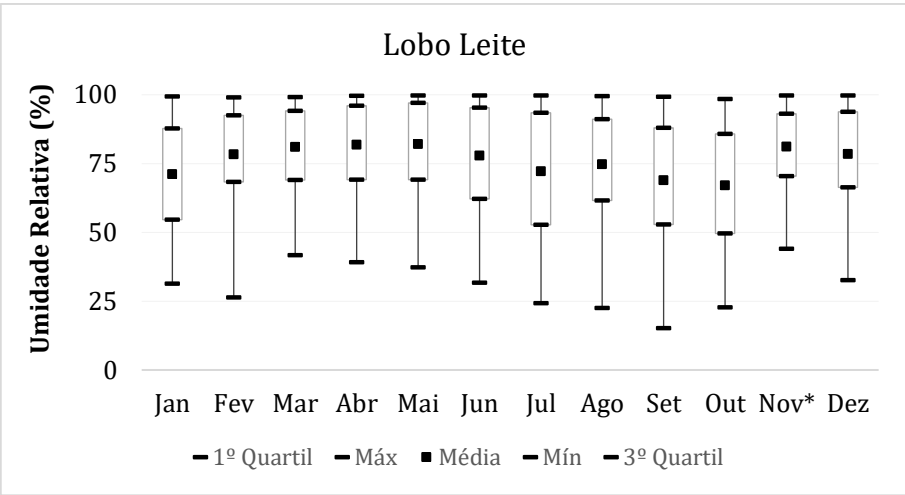
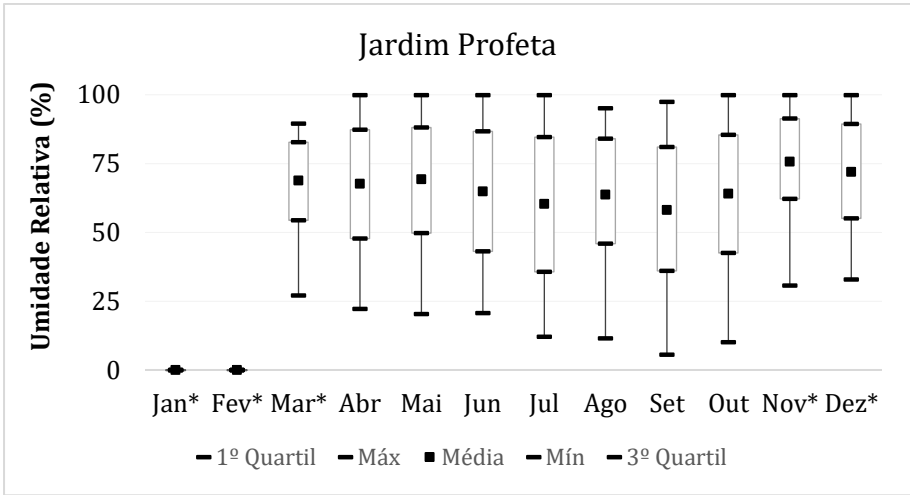
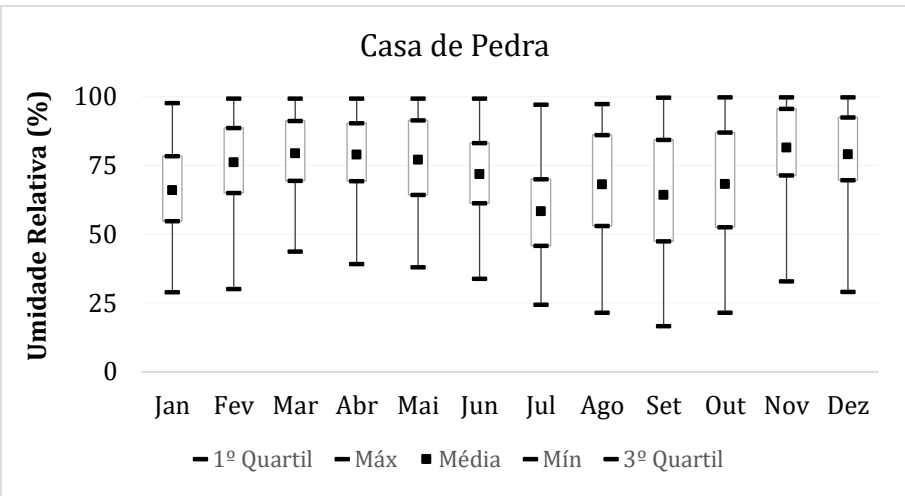
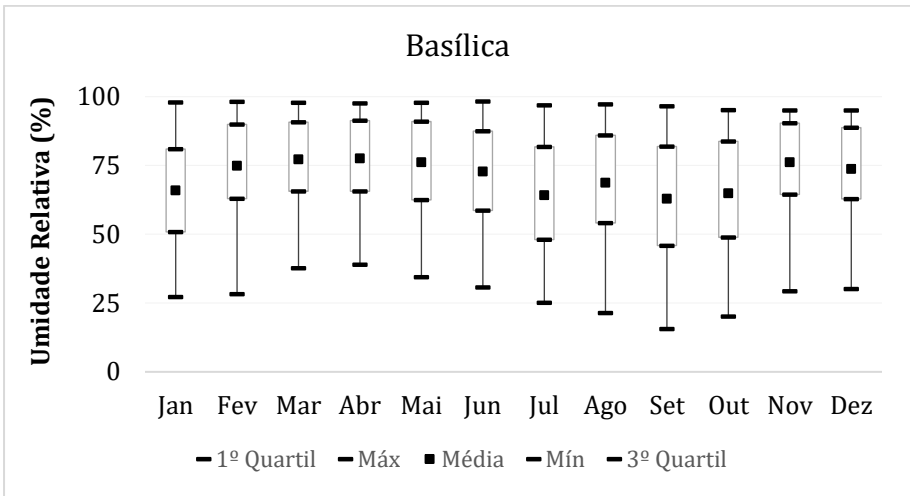
Temperatura

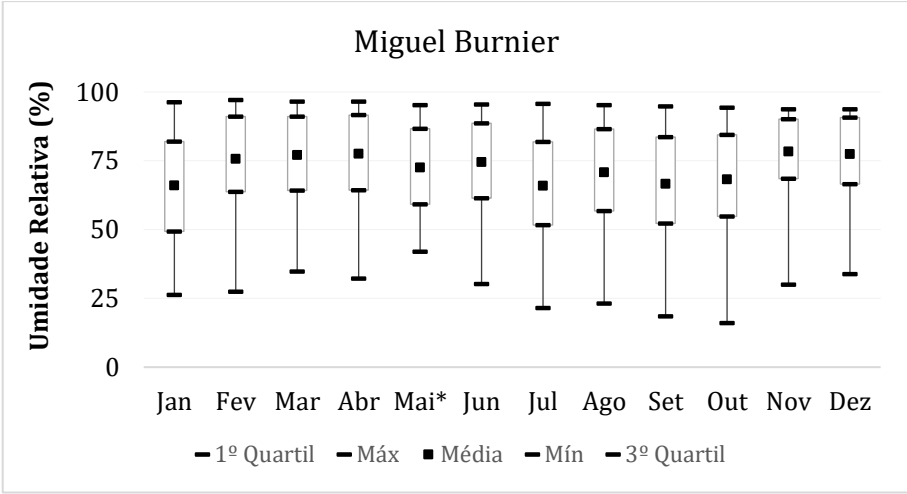
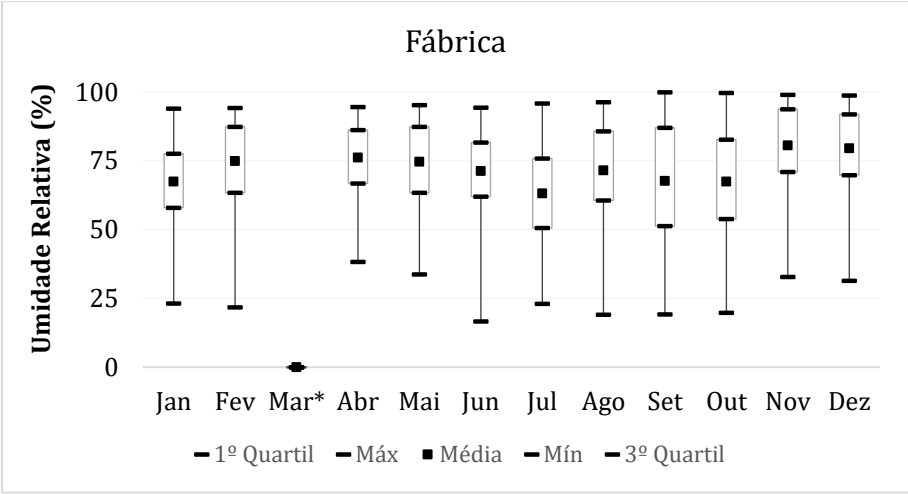
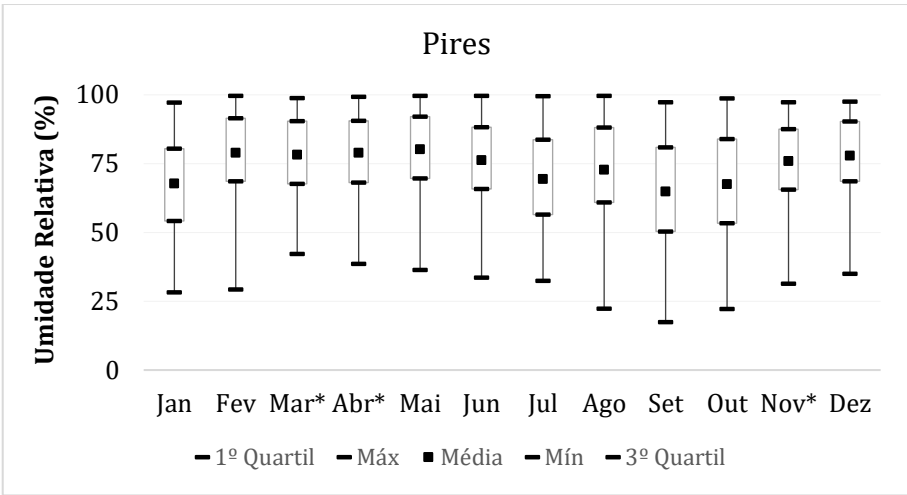
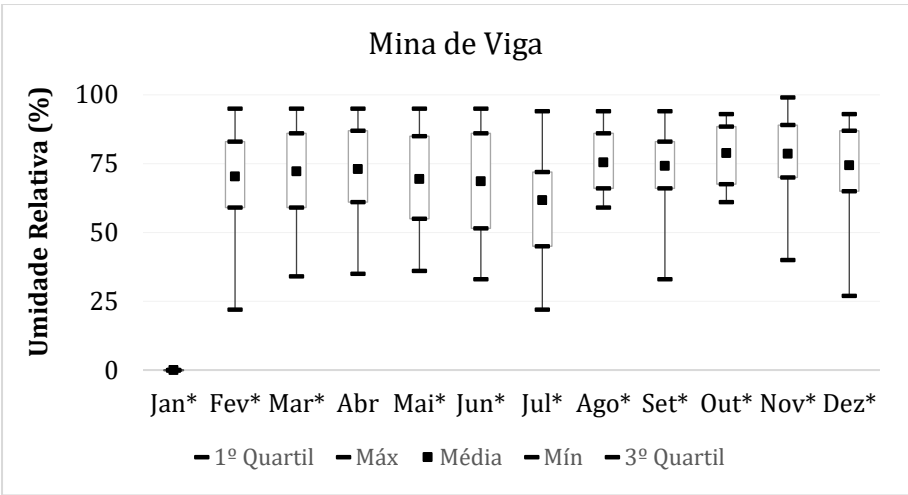


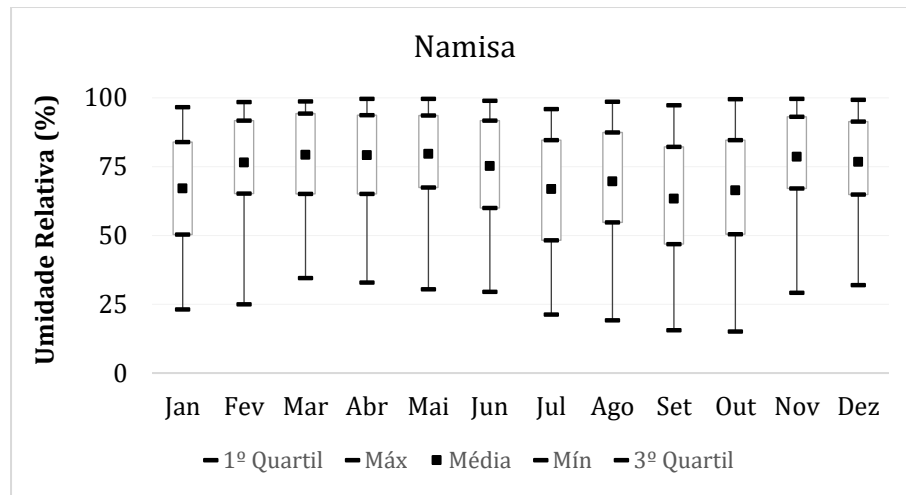




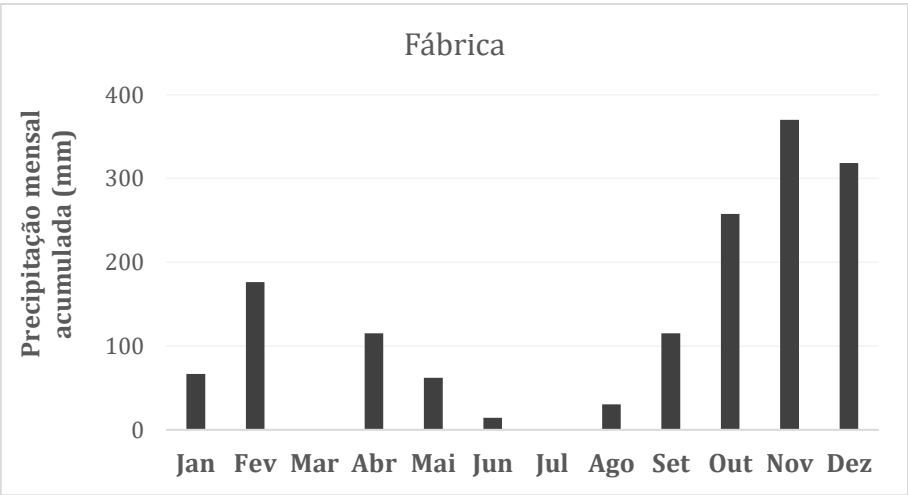
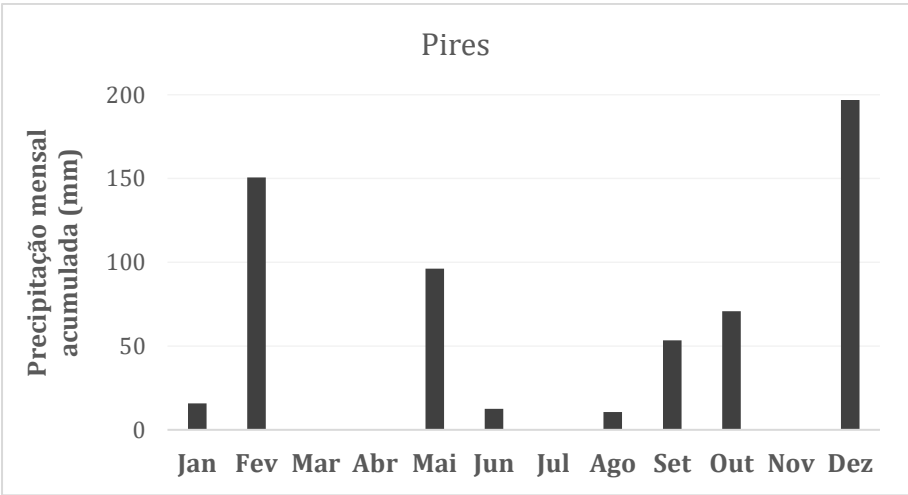
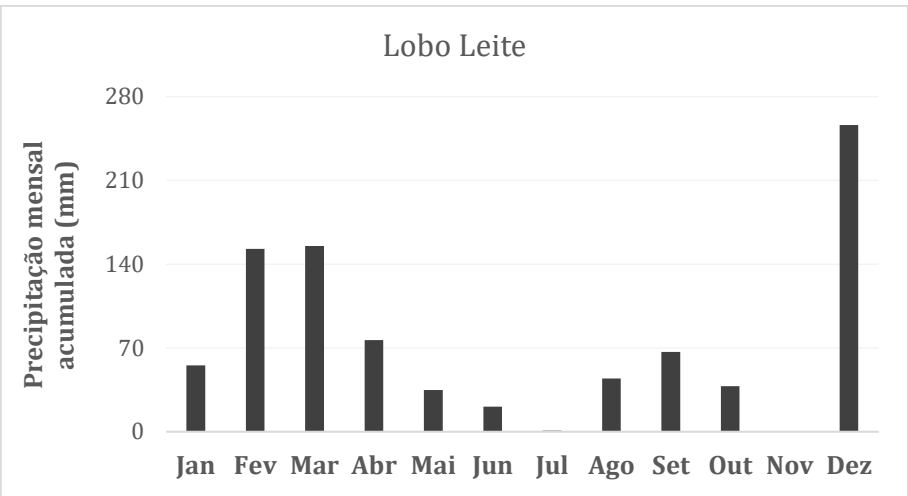
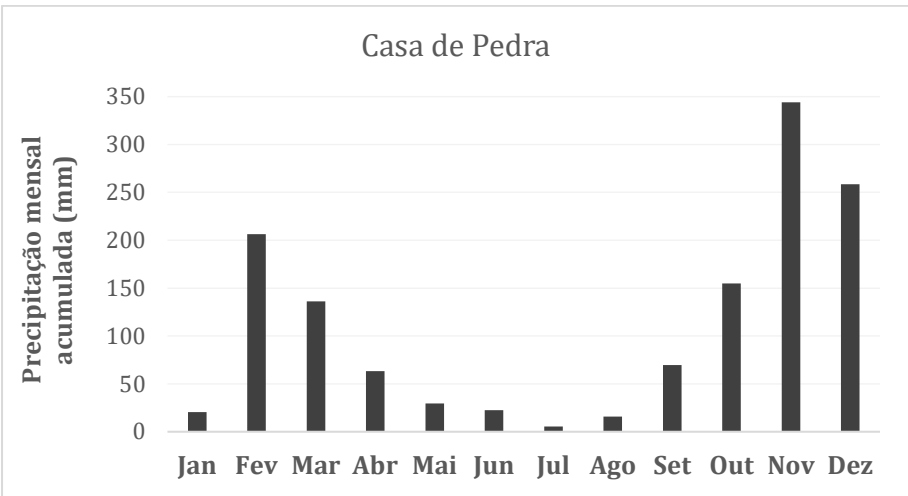
Umidade Relativa

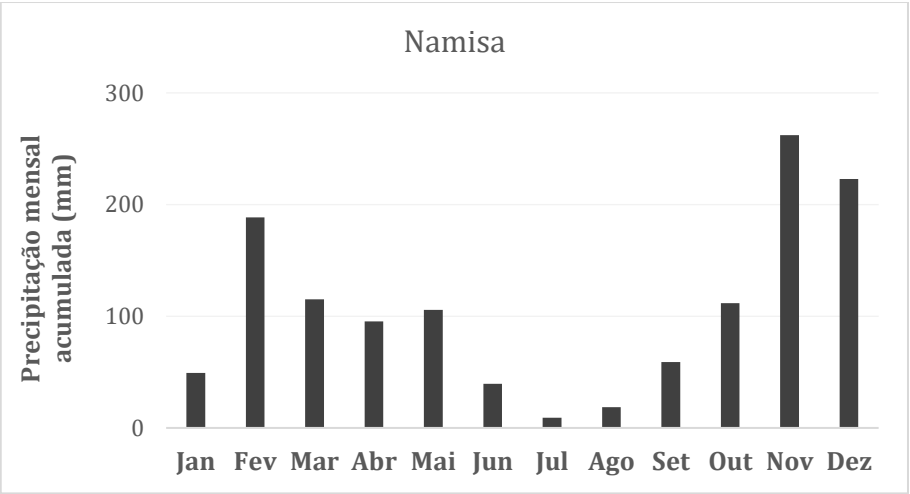
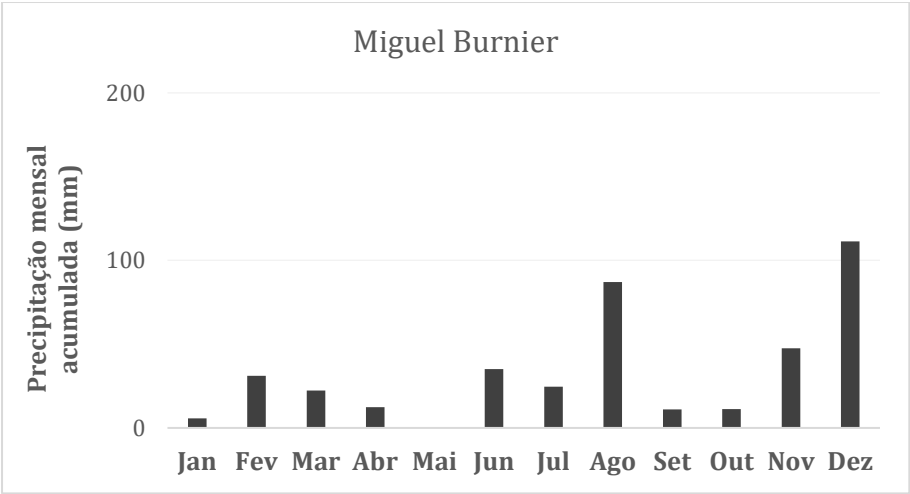




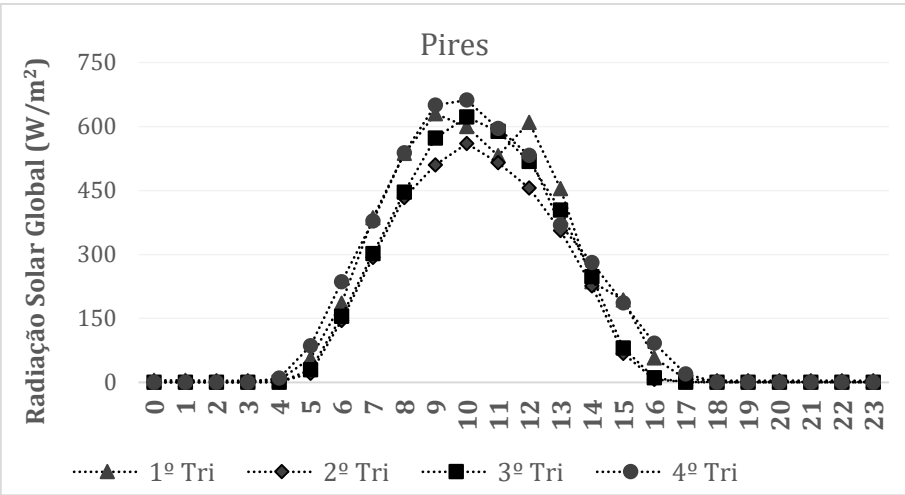
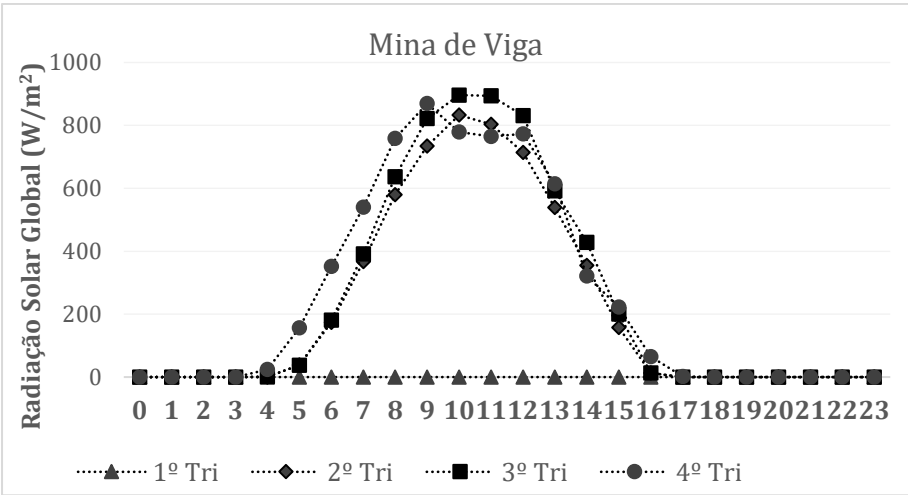
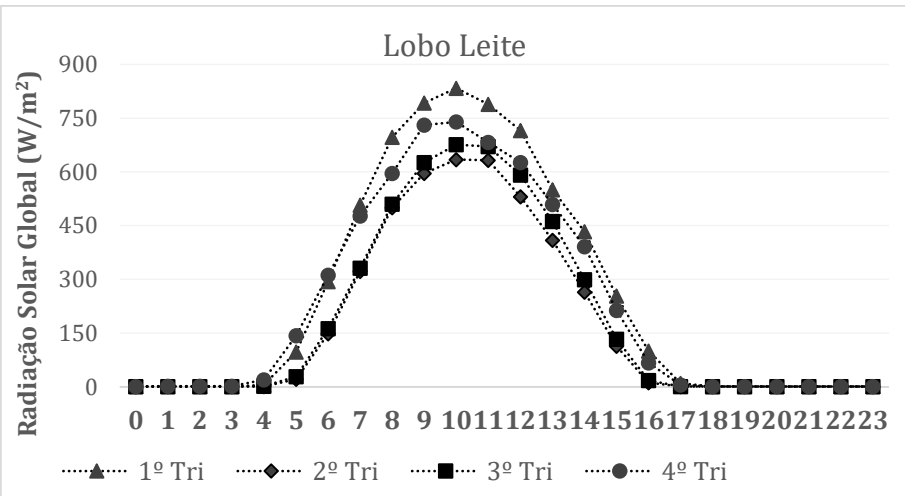
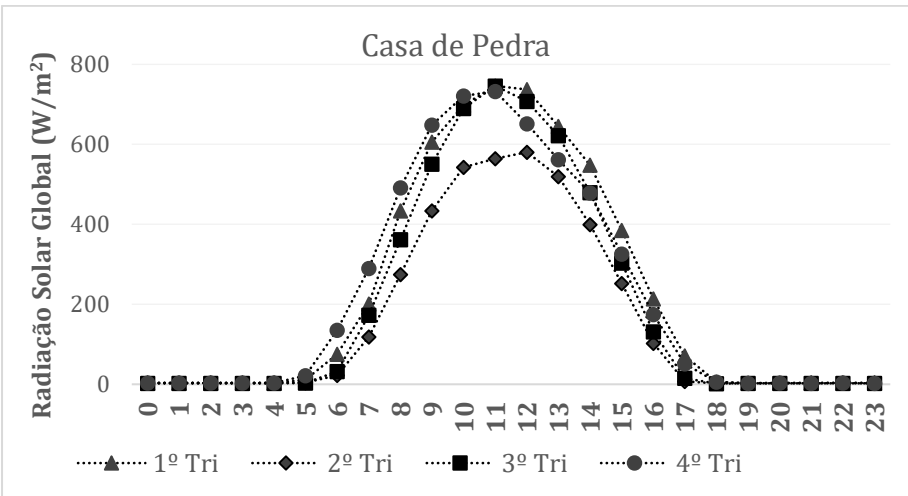


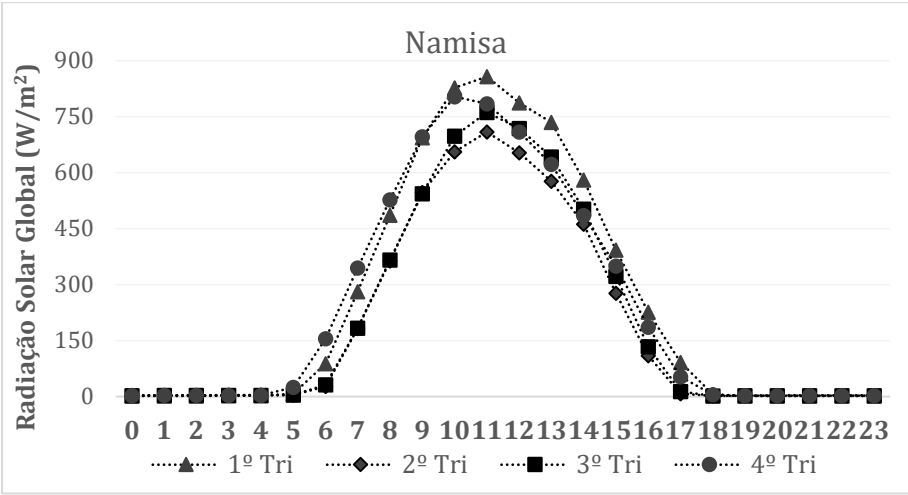
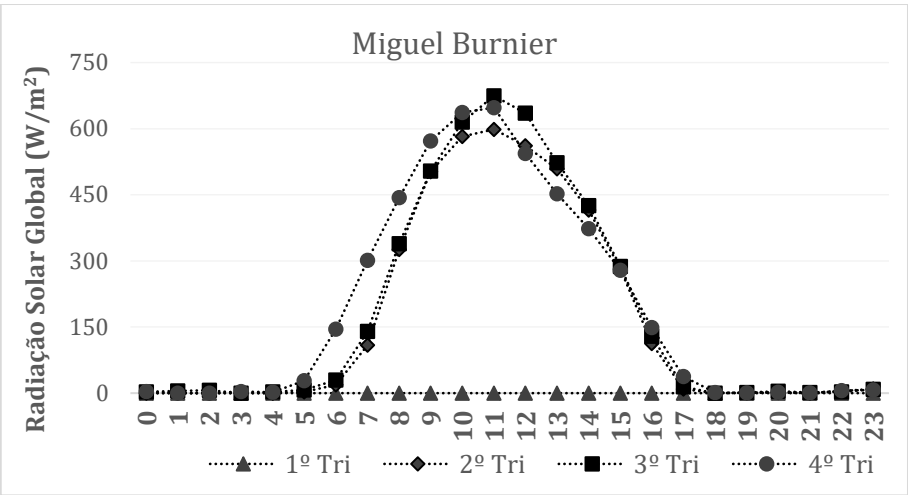
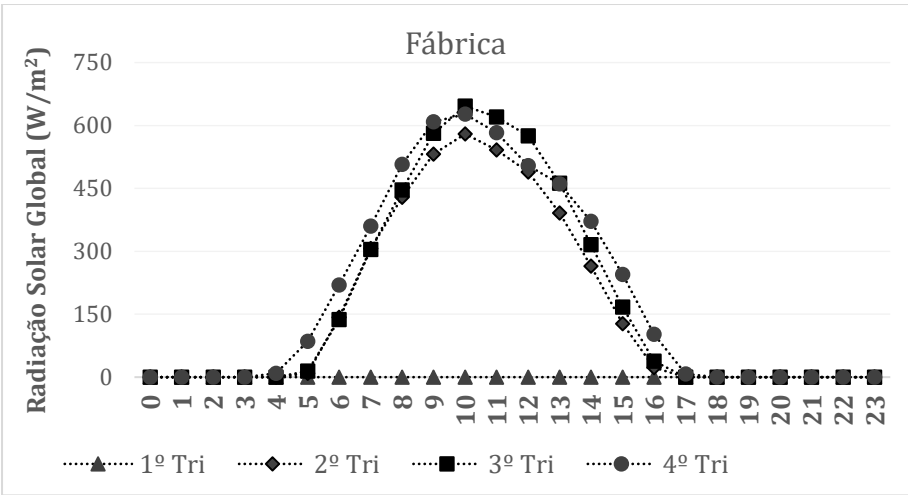
Precipitação Pluviométrica



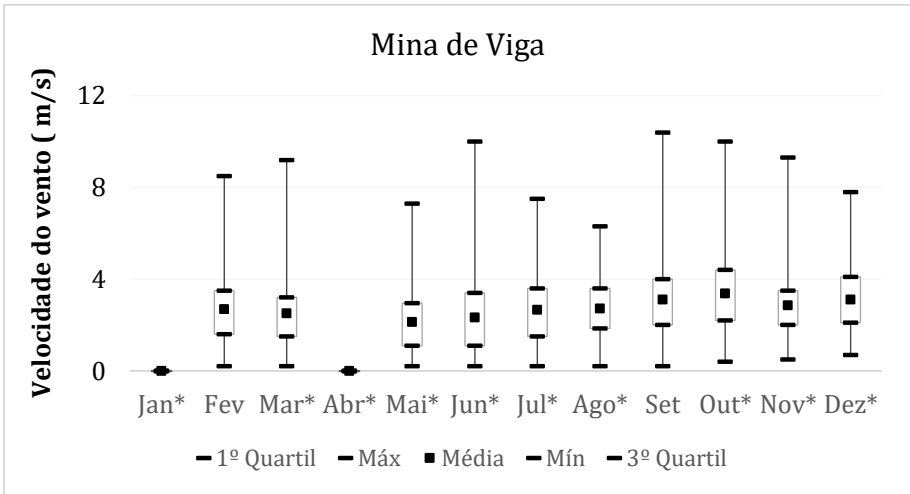
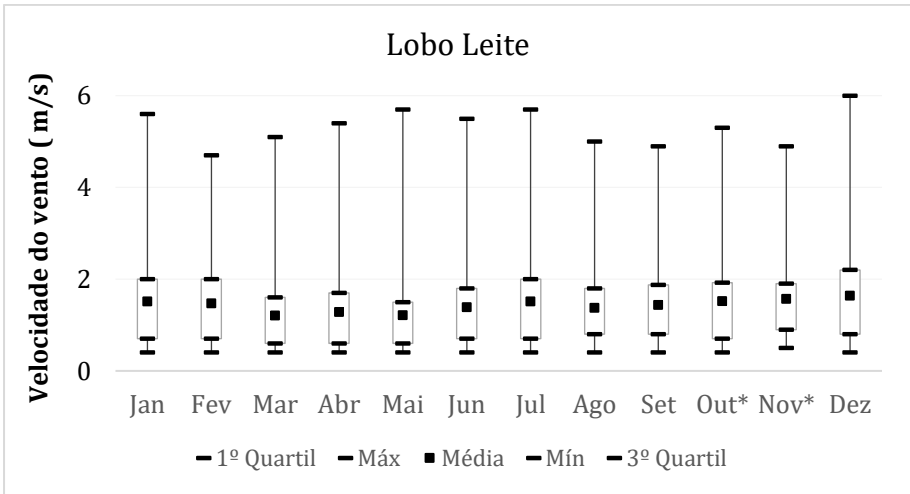
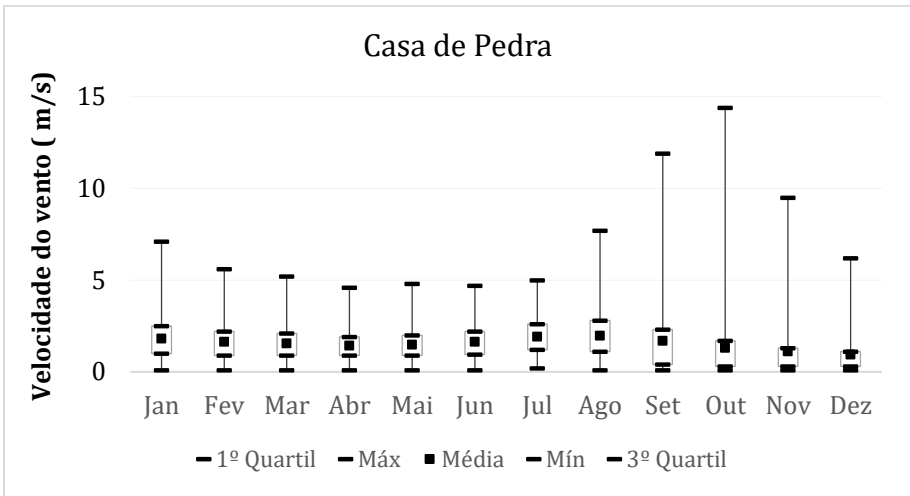
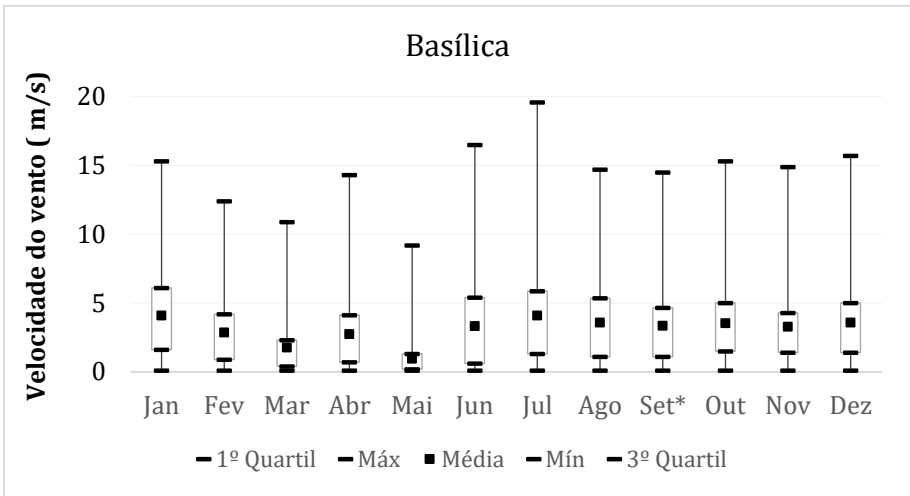


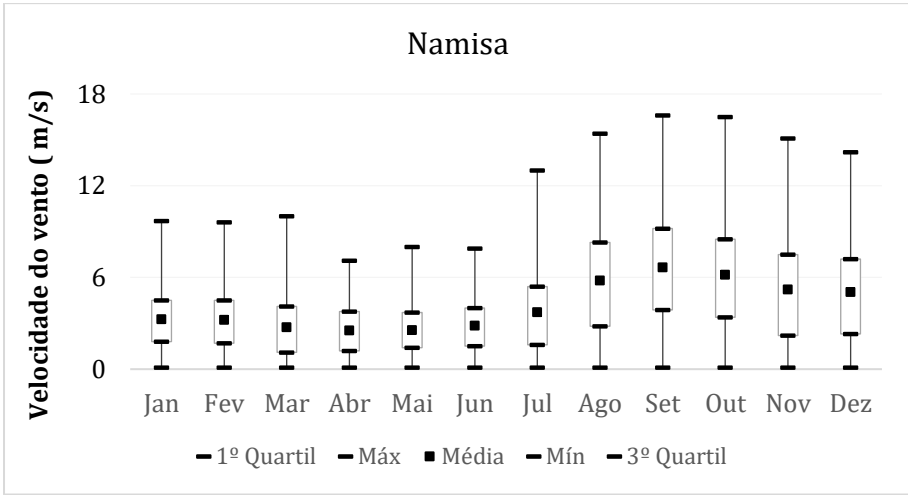
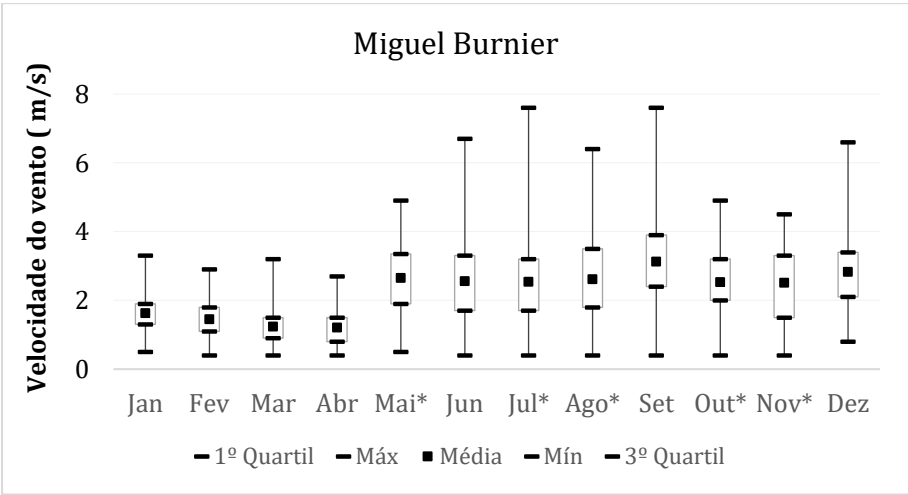
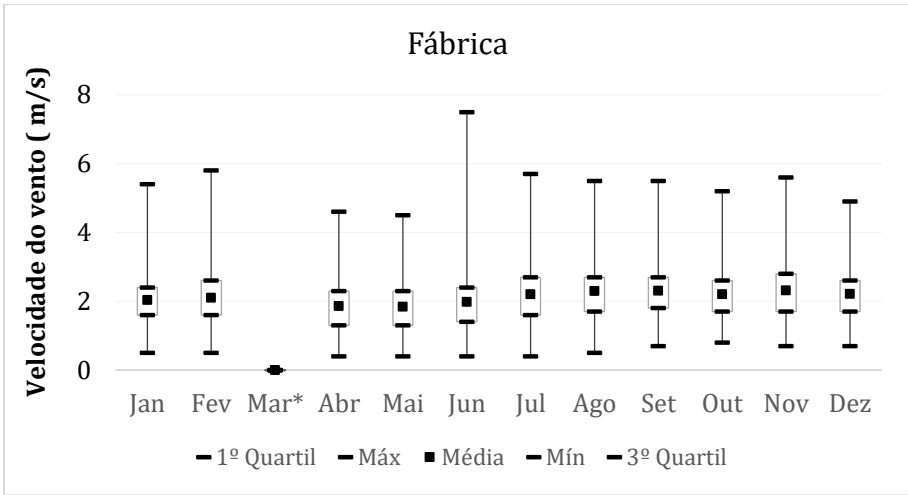
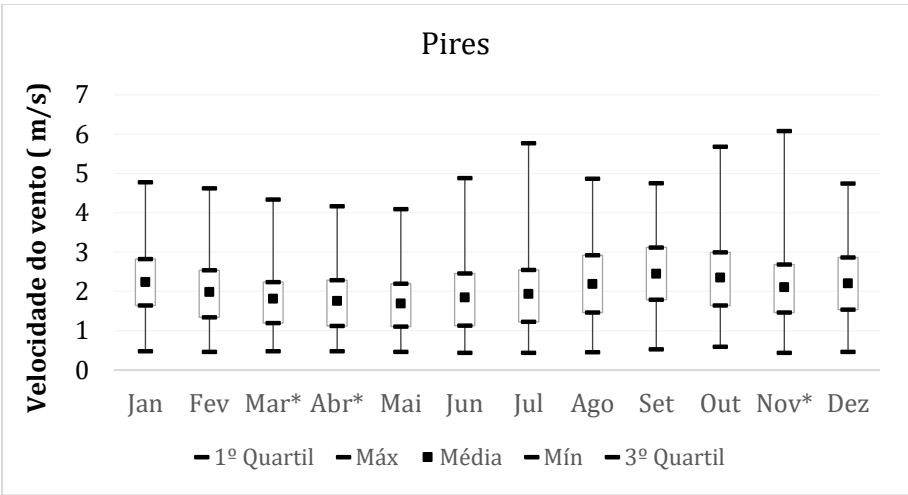
Radiação Solar



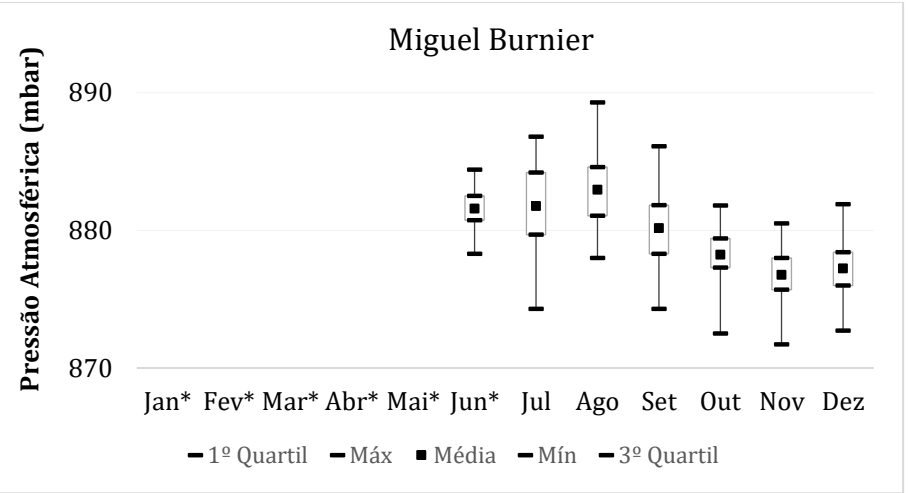
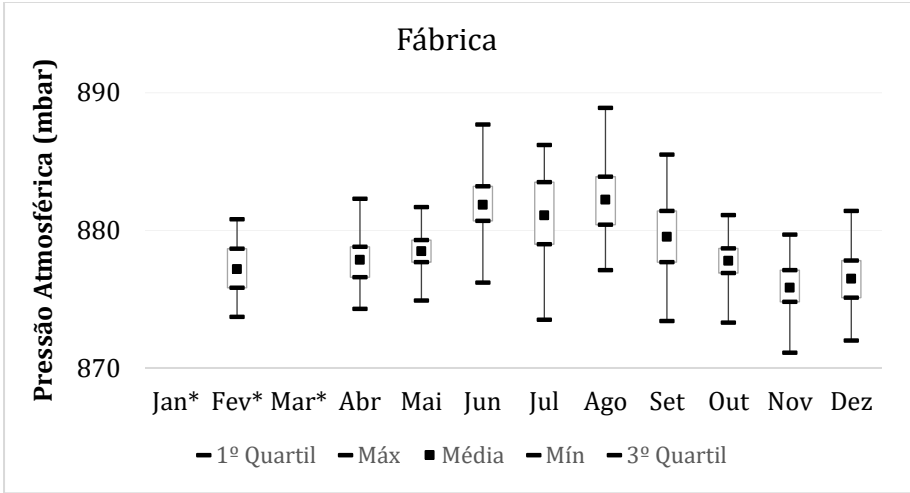
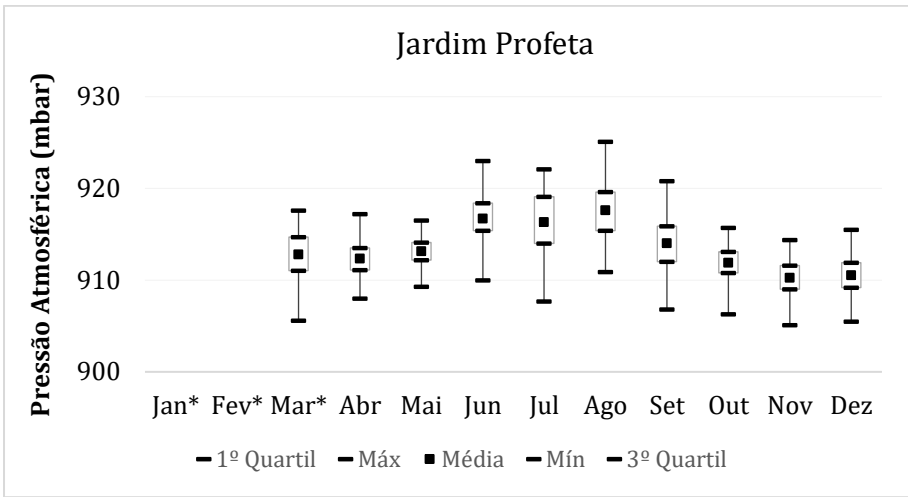
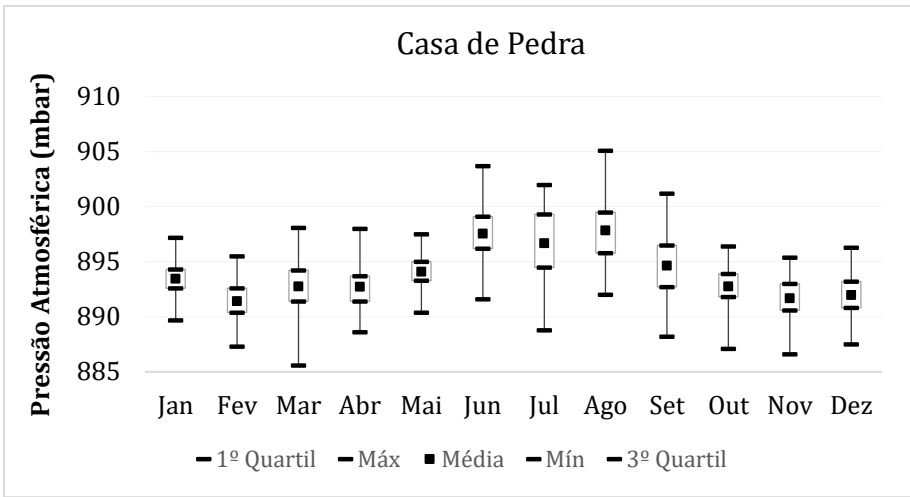


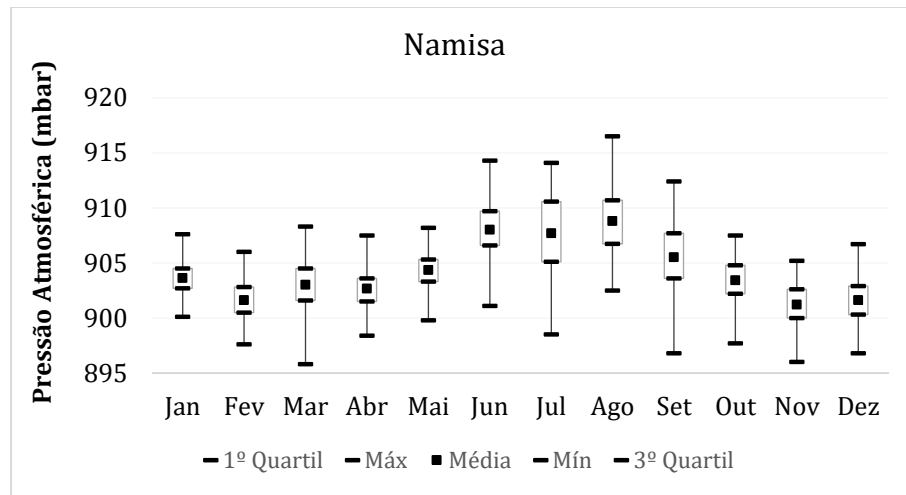
Intensidade do vento





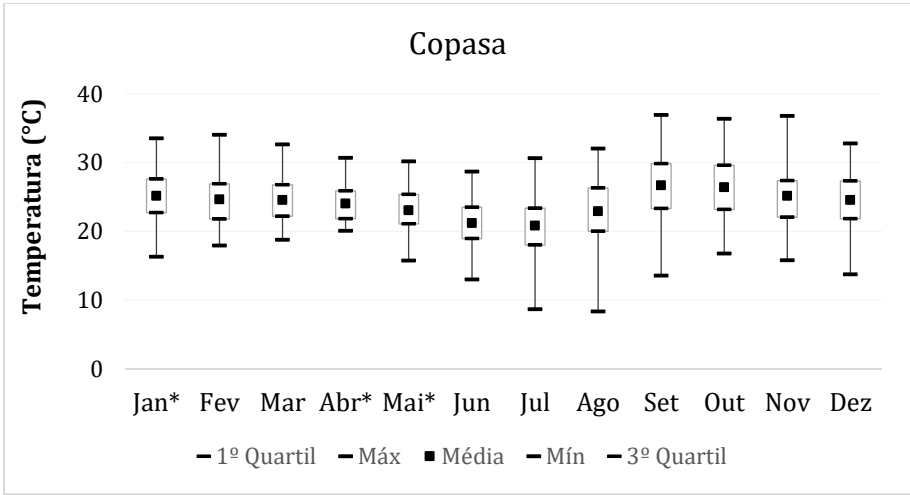
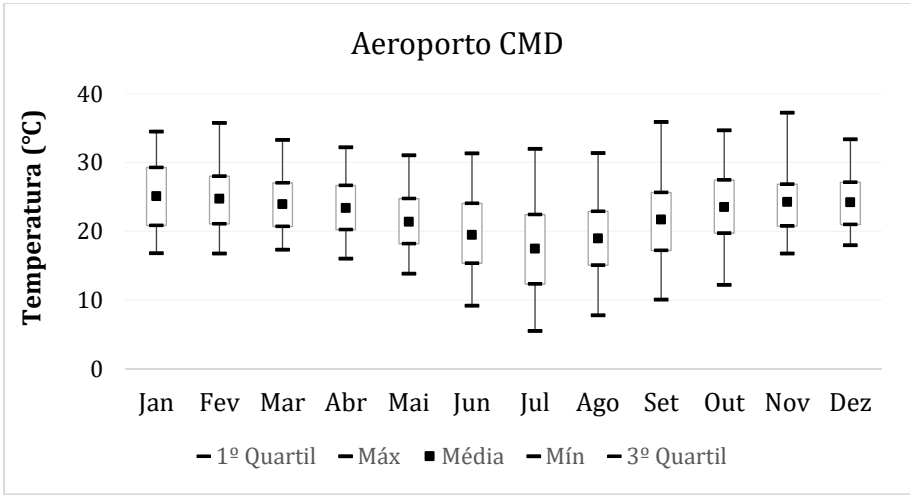
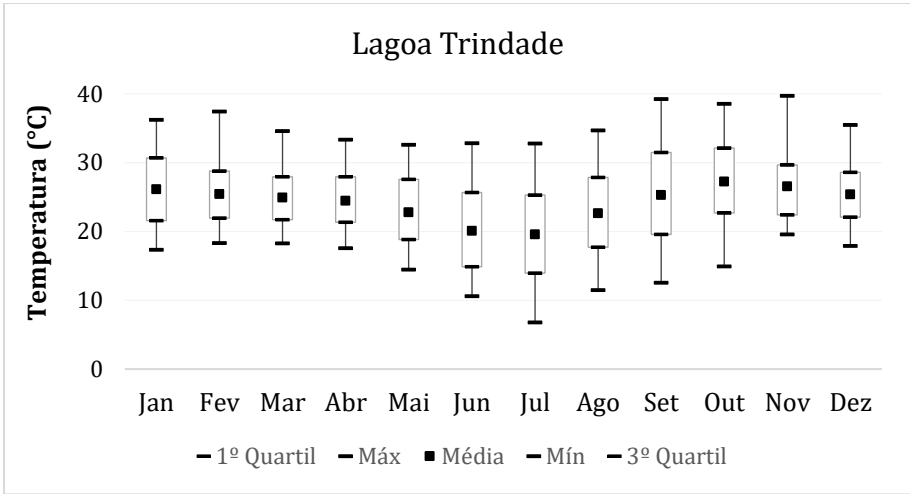
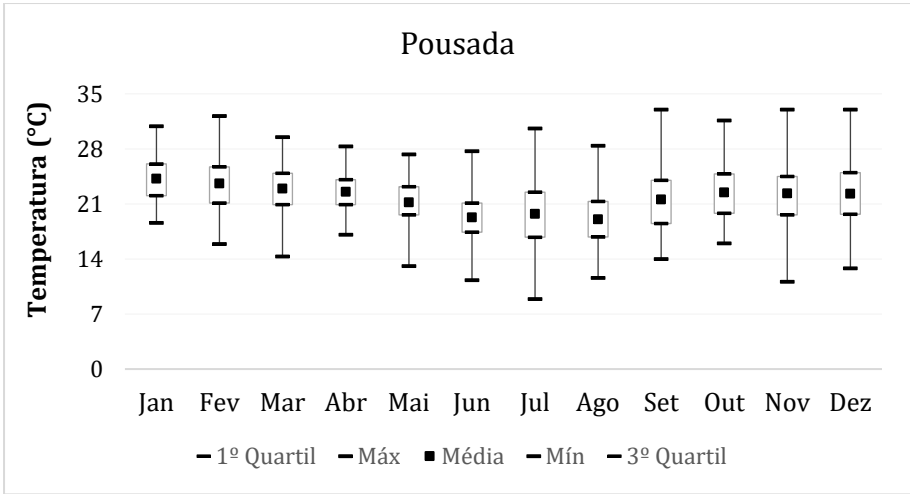
Pressão Atmosférica

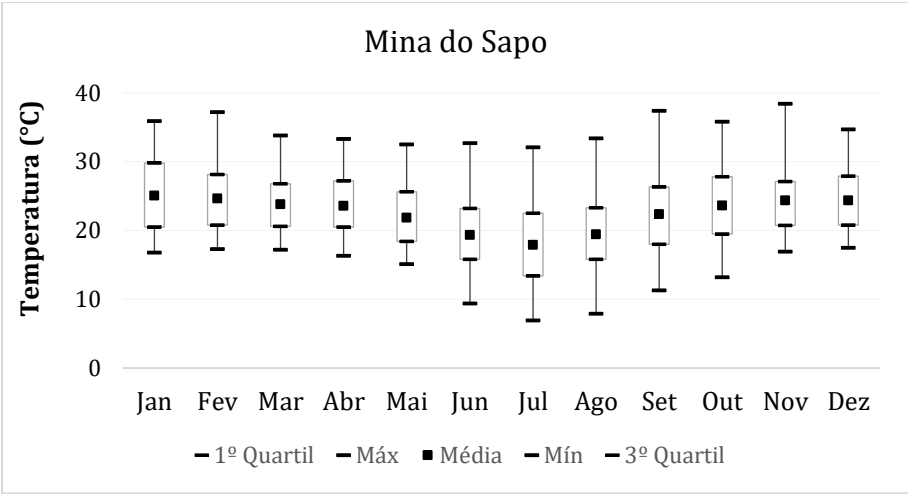
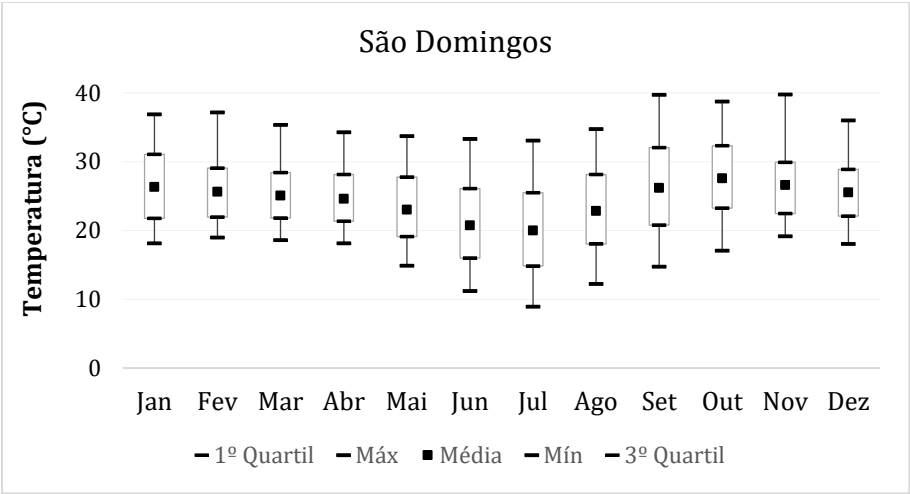




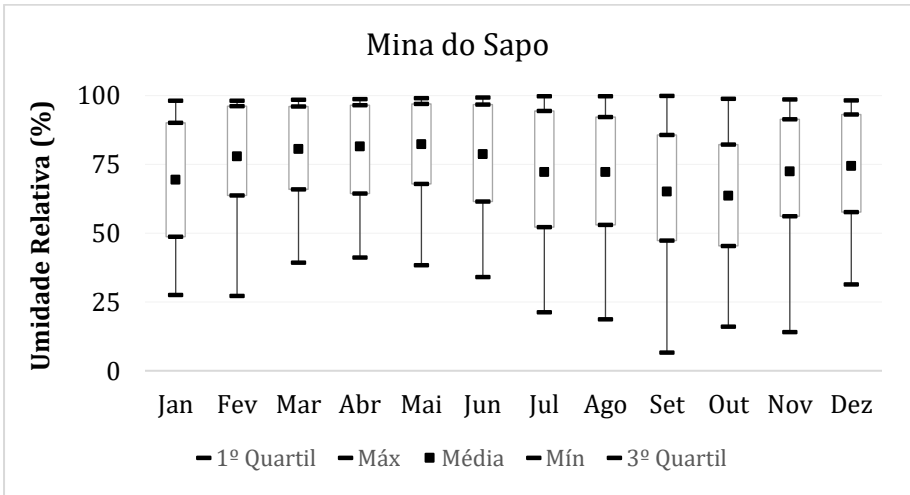
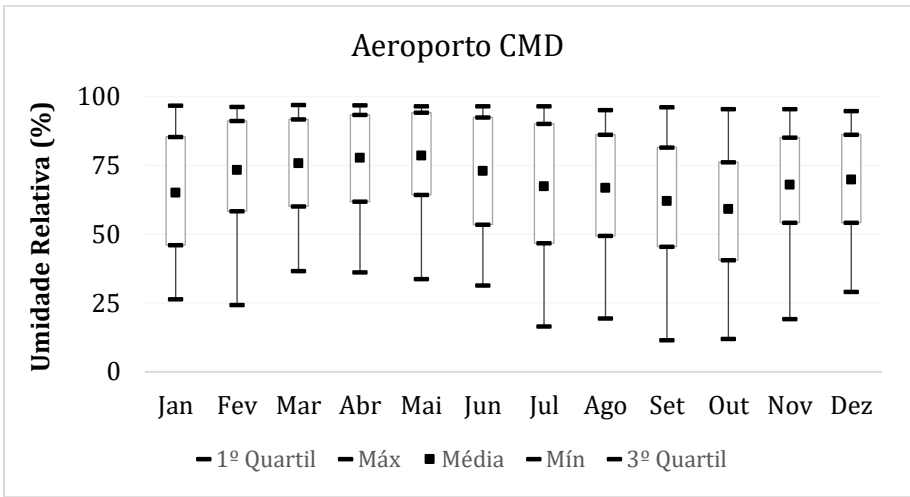
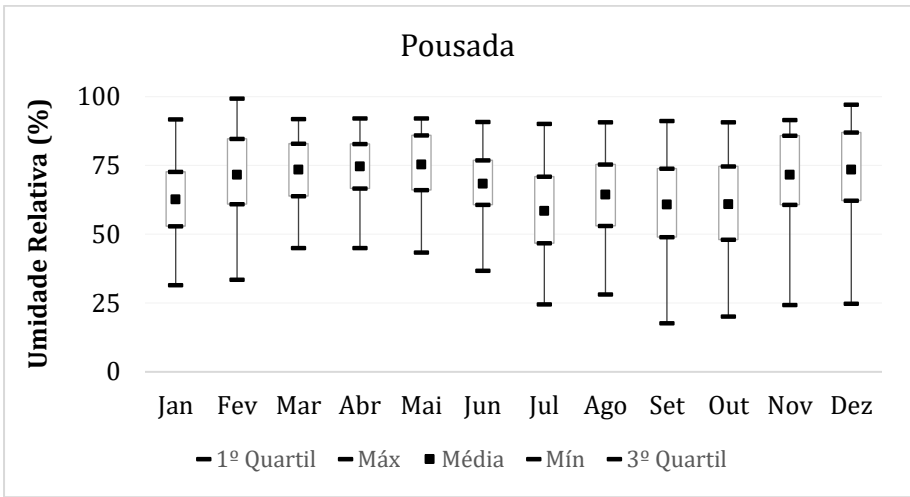
APÊNDICE E

Temperatura

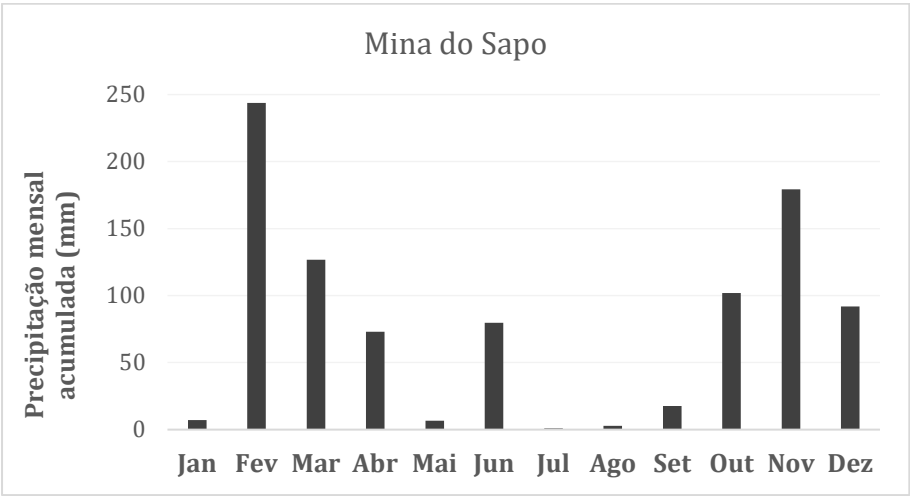
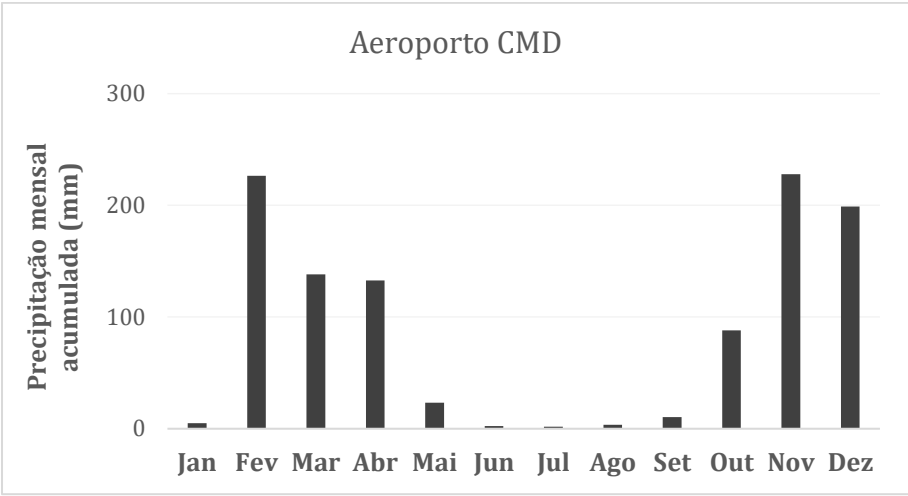
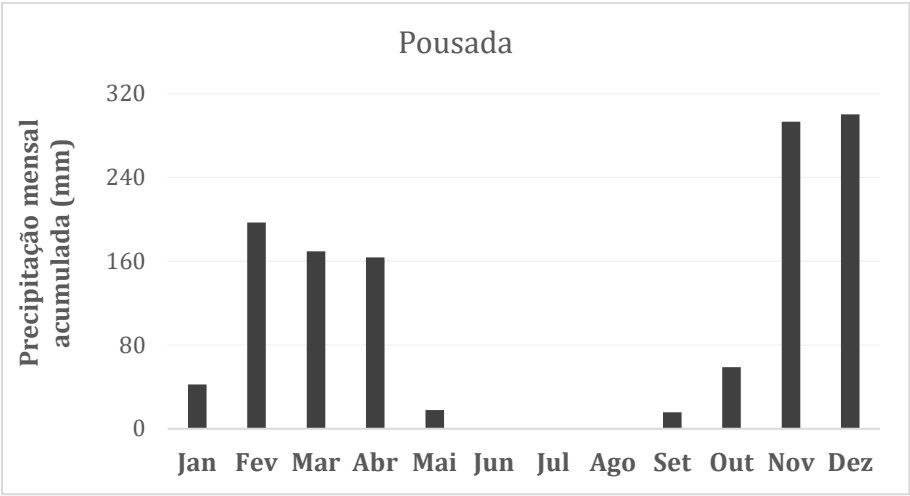




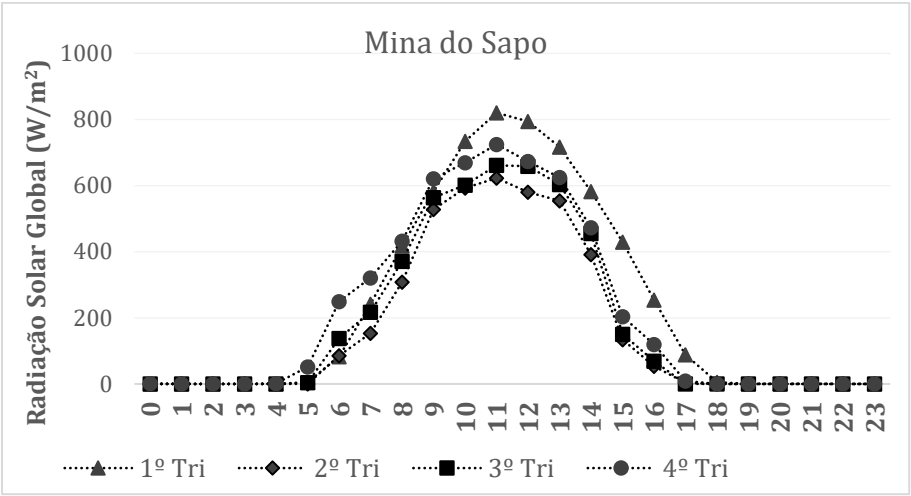
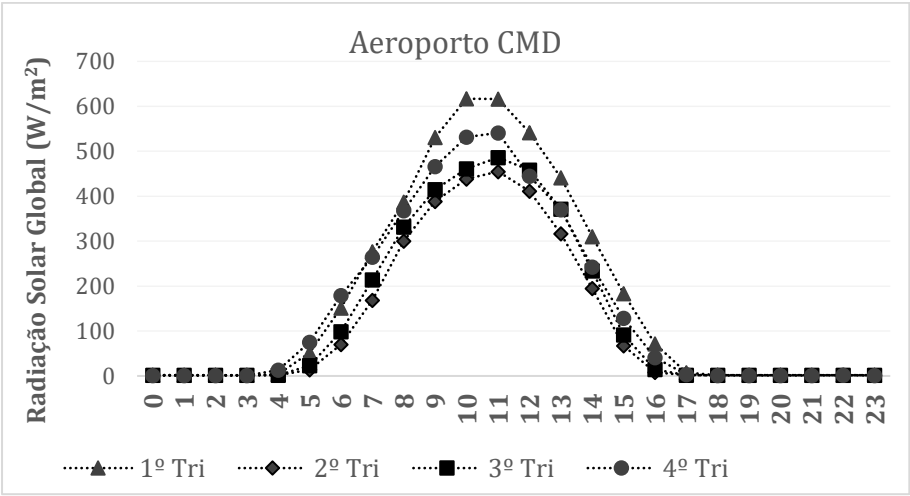
Umidade Relativa



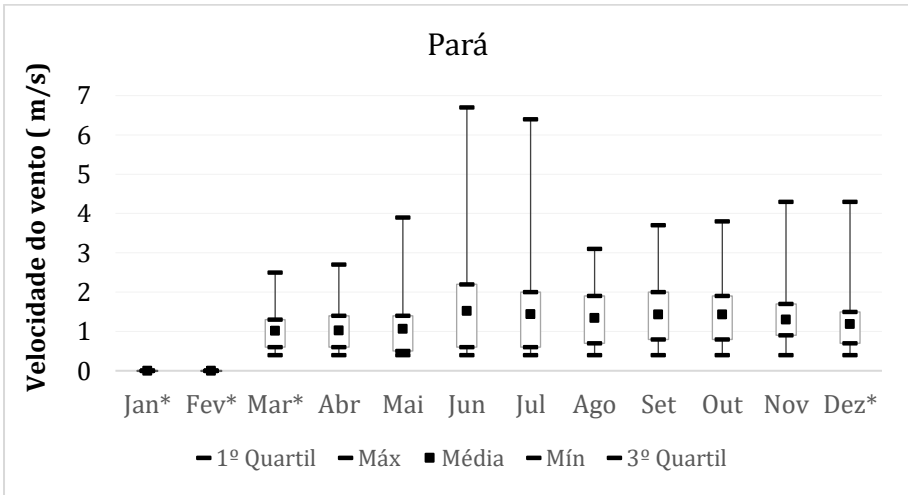
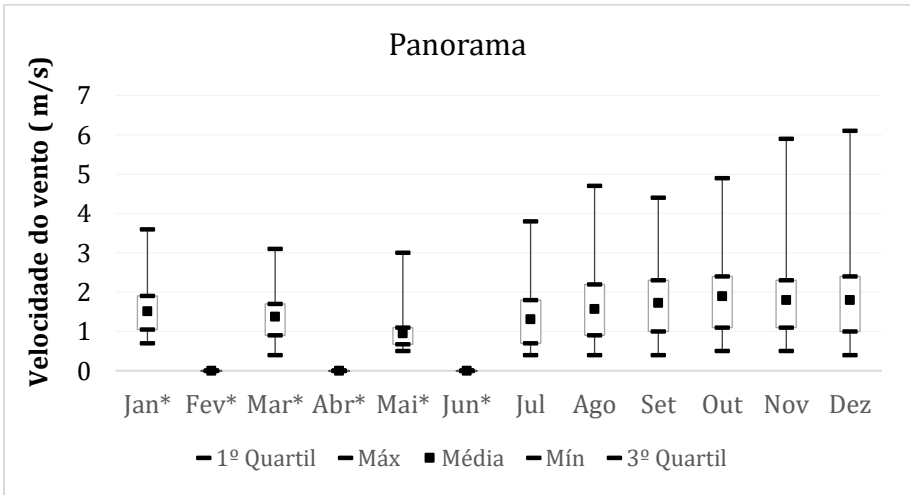
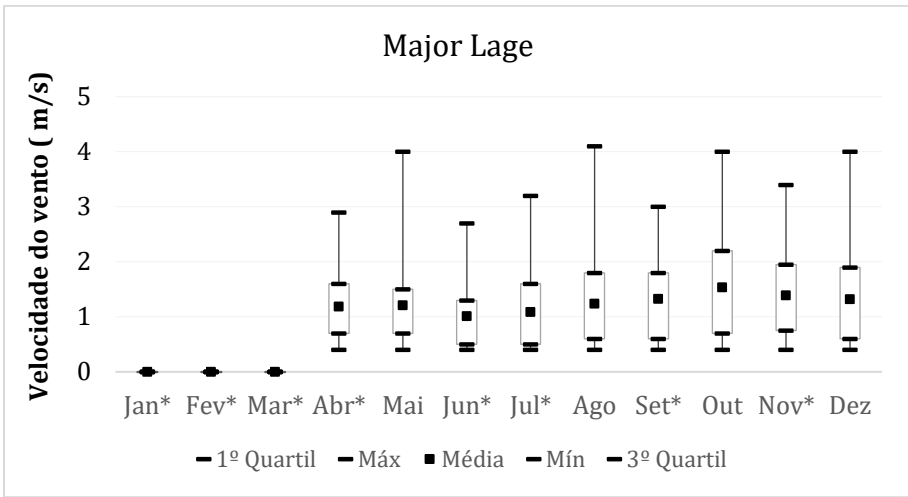
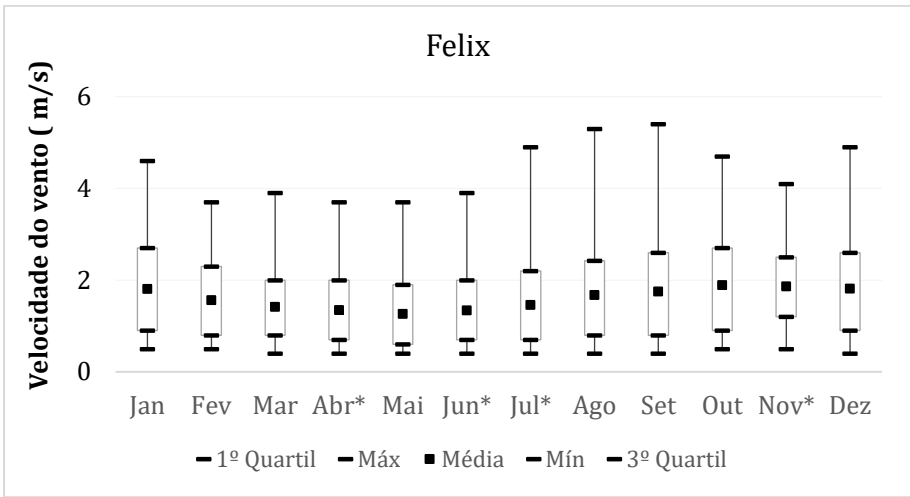
Precipitação Pluviométrica

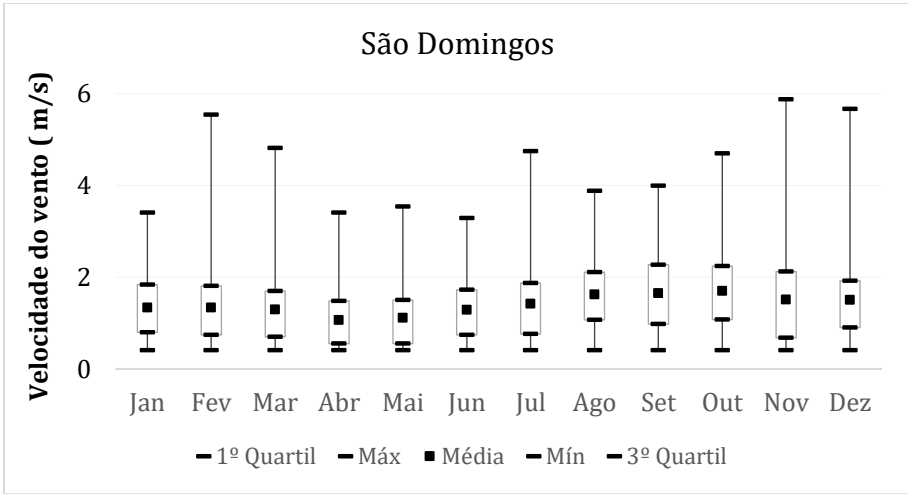
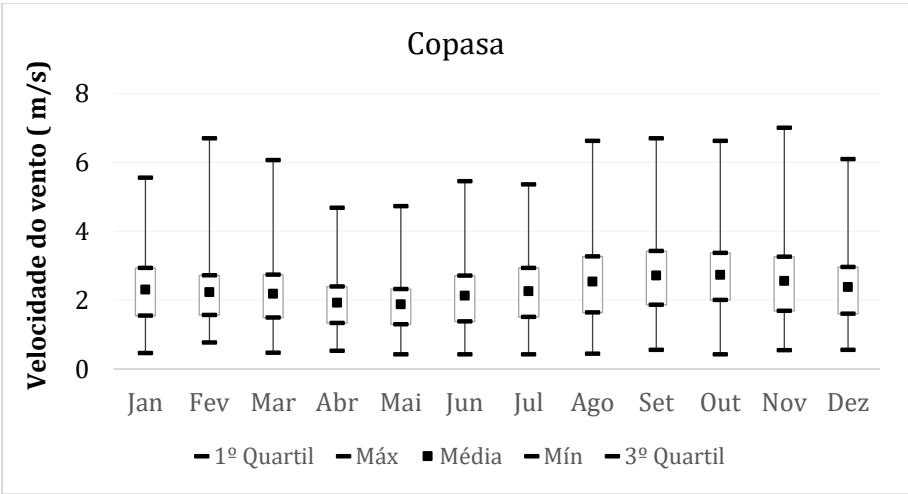
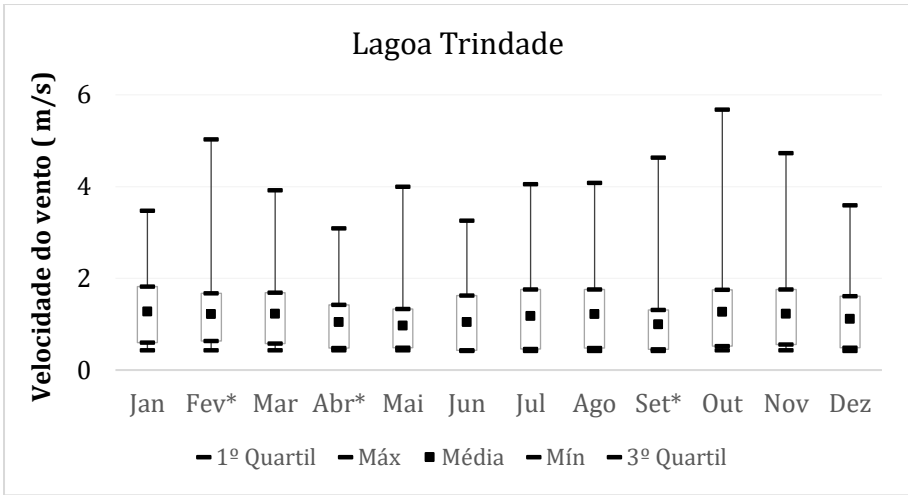
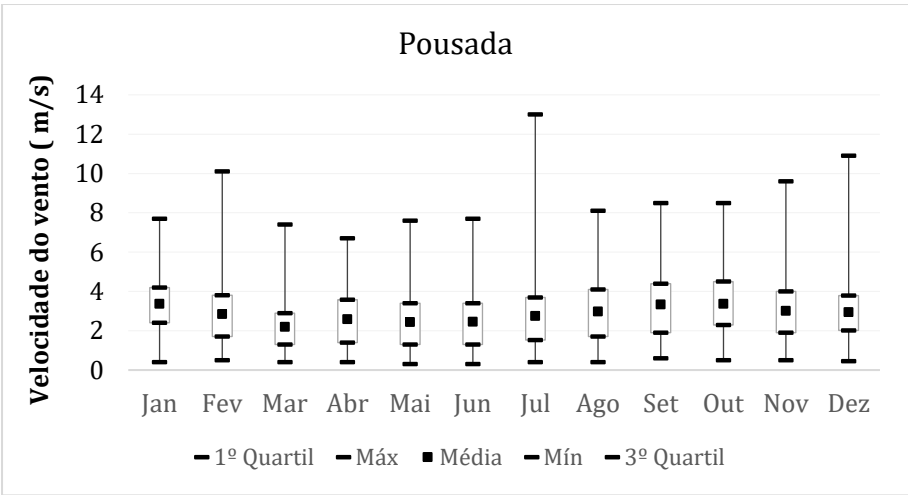


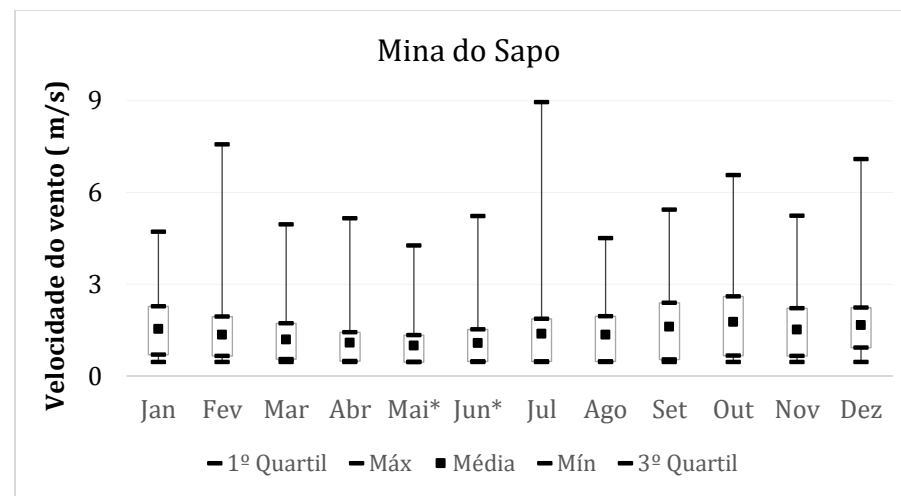
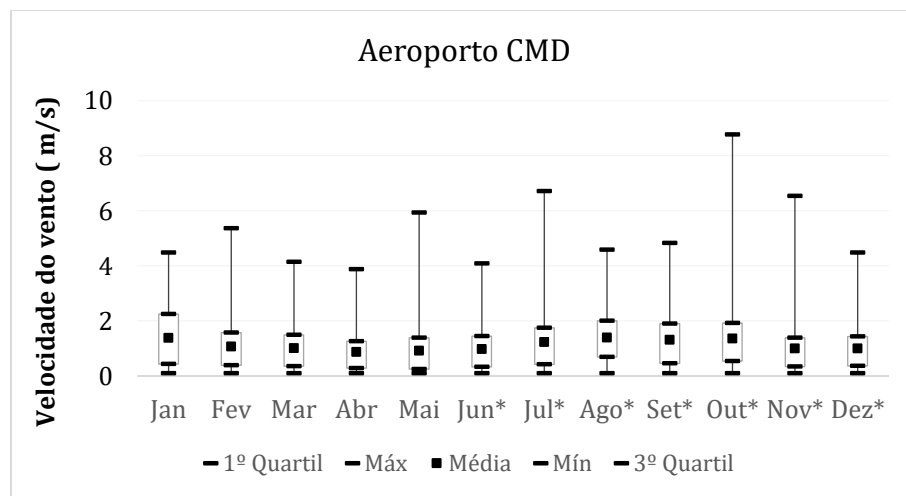
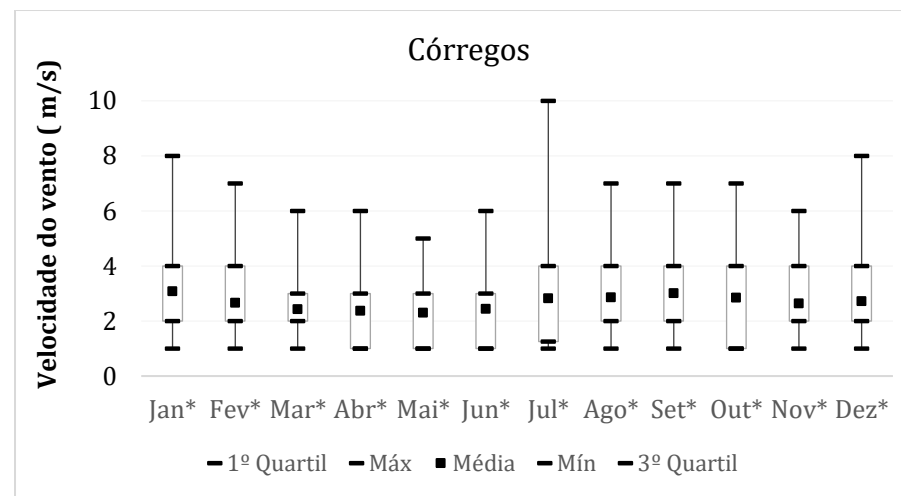
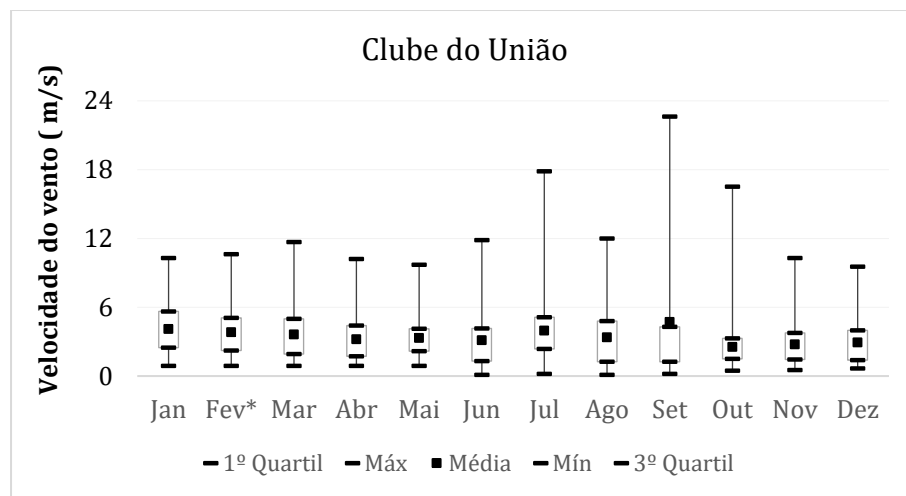
Radiação Solar



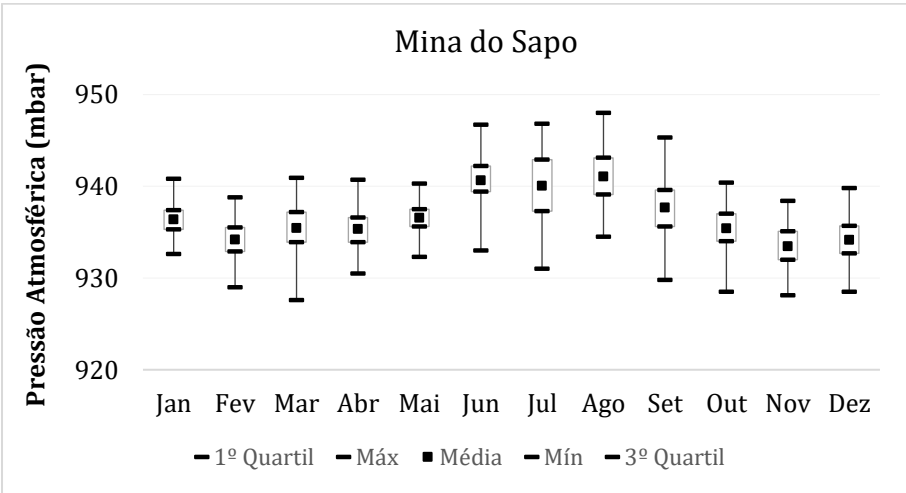
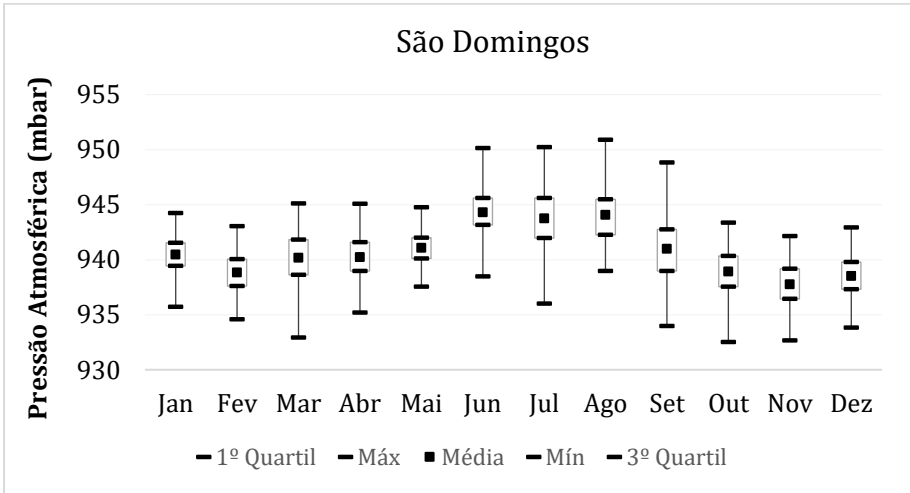
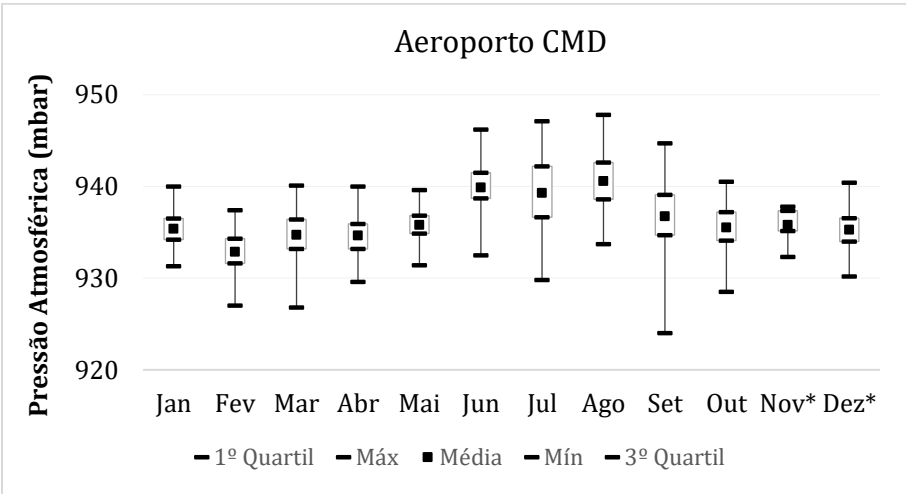
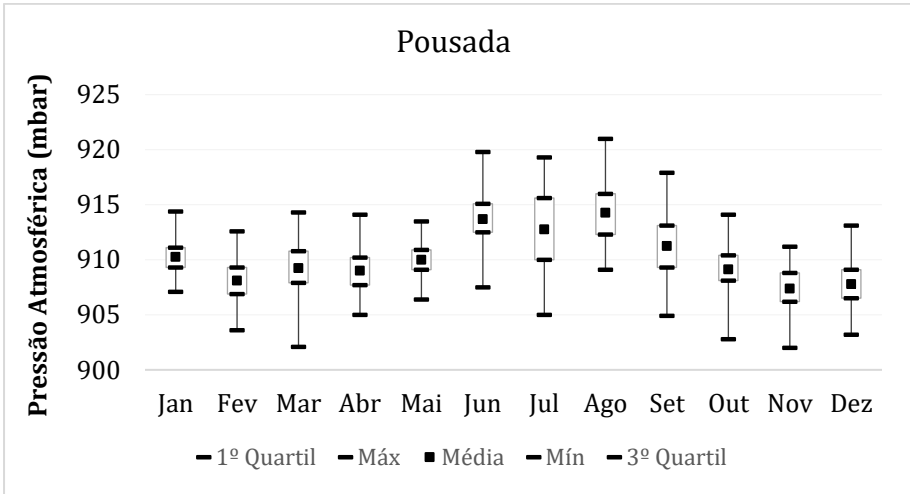
Velocidade do vento







Pressão Atmosférica





SÃO JOSÉ DA LAPA - MG

MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.