

Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte

ANO BASE
2014



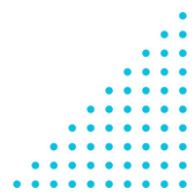
Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental
Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

**Monitoramento da qualidade do ar na
Região Metropolitana de Belo Horizonte
Ano Base 2014**

Relatório Técnico

FEAM-GESAR-RT-05/2023

Março
2023



**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS
GERAIS**

Governador

Romeu Zema Neto

Secretária

Marília Carvalho de Melo

Fundação Estadual do Meio Ambiente

Presidente

Renato Teixeira Brandão

**Diretoria de Gestão da Qualidade e
Monitoramento Ambiental – DGQA**

Diretora

Alice Libânia Santana Dias

**Gerência de Monitoramento da
Qualidade do Ar e Emissões – GESAR**
Gerente

Priscila Cristina Pizano de Souza Koch

**Equipe Técnica Responsável Pela
Elaboração**

Afonso Henrique Ribeiro – Analista
Ambiental

Deborah Pereira Santos – Bolsista em
Engenharia Ambiental

Flávio Daniel Ferreira - Analista Ambiental

Gabriela Batista Agostinho - Estagiária em
Geografia

Jussara dos Santos Martins – Bolsista em
Geografia

Lucas Guimarães Viana – Analista
Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista
Ambiental

Thaysa Karolyne Aguiar Ferreira -
Estagiária em Engenharia Ambiental

**Equipe Técnica Responsável Pela
Revisão**

Isadora Tomé Silva - Estagiária em
Engenharia Ambiental

Leidiane Santana Santos - Analista
Ambiental

Priscila Cristina Pizano de Souza Koch –
Gerente

Robson Fernando Justino – Analista
Ambiental

Sueli Batista Ferreira - Analista Ambiental

Equipe Técnica FEAM/GESAR

Amanda Karine Chaves Ribeiro – Analista
Ambiental

Antônio Alves dos Reis - Analista
Ambiental

Daniel dos Santos Gonçalves – Gestor
Ambiental

Isadora Tomé Silva - Estagiária em
Engenharia Ambiental

Ivo Nunes Luiz - Estagiário de Geografia

Leidiane Santana Santos - Analista
Ambiental

Ricardo Silva Queiroz - Estagiário em
Engenharia Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista
Ambiental

Rúbia Cecília Francisco – Analista
Ambiental

Sueli Batista Ferreira - Analista Ambiental

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

F981m Fundação Estadual de Meio Ambiente.
Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana
de Belo Horizonte: ano base de 2014 / Fundação Estadual de Meio
Ambiente. --- Belo Horizonte: Feam, 2023.
88 p.: il.

Relatório técnico.
FEAM-GESAR- RT 05/2023.

1. Qualidade do ar - monitoramento. 2. Poluentes atmosféricos -
medição. 3. Parâmetros de qualidade do ar. 4. Belo Horizonte,
Região Metropolitana. I. Título.

CDU: 614.7: 504.6 (815.1)

APRESENTAÇÃO

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 03 de 28 de junho de 1990 determina em seu Art. 4º, que cabe aos estados o monitoramento da qualidade do ar. Nesse sentido, Minas Gerais cumpre com o seu papel ao executar esse monitoramento e ao divulgar à população, por meio de informações sistematizadas, o diagnóstico da qualidade do ar, tentando transformar a linguagem técnica em um padrão menos formal para ser acessível a qualquer cidadão.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam é uma das entidades vinculadas do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA, regido pela Lei Estadual nº 21.972 de 2016 e possui como uma de suas competências desenvolver e implementar as políticas públicas relativas à qualidade do ar.

Nesse sentido, a FEAM, por meio de sua Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões é a unidade responsável por coordenar a operação das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar instaladas em todo o estado de Minas Gerais. Em 2014, eram 31 estações de monitoramento integradas ao Centro Supervisório, enviando os dados de monitoramento de forma on-line e em tempo real. As mesmas estão instaladas nos municípios de Belo Horizonte, Betim, Contagem, Coronel Fabriciano, Ibirité, Ipatinga, Itabira, Paracatu, São José da Lapa e Timóteo.

Este relatório tem por objetivo principal apresentar os resultados do monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) do ano de 2014, bem como os resultados das medições dos parâmetros meteorológicos.

Ao divulgar para população informações sobre a qualidade do ar, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) atende aos preceitos da Lei Federal nº 12.527/11 e do Decreto Estadual nº 45.969/12, que tratam do acesso à informação no âmbito da administração pública.



LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Poluentes, origens e principais fontes	11
Tabela 2: Concentrações médias instituídas para os padrões primários e secundários de qualidade do ar.	15
Tabela 3: Índices de qualidade do ar e níveis de episódios críticos de poluição do ar.	18
Tabela 4: Índices de qualidade do ar e efeitos à saúde.	20
Tabela 5: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde.	21
Tabela 6: Localização, parâmetros e poluentes monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar da RMBH – MG	31
Tabela 7: Métodos de referência para amostragem de poluentes atmosféricos.....	32
Tabela 8: Escala psicrométrica para umidade relativa do ar	43
Tabela 9: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para radiação solar global (W/m^2) obtida para a RMBH em 2014.	45
Tabela 10: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para a pressão atmosférica (mmHg) obtida para a RMBH, em 2014.....	46
Tabela 11: Distribuição diária dos índices de qualidade do ar para a RMBH - 2014	78



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte – MG.....	24
Figura 2: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Delegacia Amazonas, em Belo Horizonte – MG.....	25
Figura 3: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Avenida do Contorno, em Belo Horizonte – MG	26
Figura 4: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar CAMG, em Belo Horizonte – MG.....	26
Figura 5: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Piratininga, em Ibirité – MG.....	27
Figura 6: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Cascata, em Ibirité – MG	27
Figura 7: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Administrativo, em Betim – MG	28
Figura 8: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Alterosa, em Betim – MG.....	29
Figura 9: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Petrovale, em Betim – MG.....	29
Figura 10: Distribuição da direção e velocidade dos ventos para as estações da RMBH durante o ano de 2014.....	35
Figura 11: Distribuição da temperatura média, mínima e máxima mensal para a RMBH – 2014	37
Figura 12: Distribuição da umidade relativa do ar mensal para a RMBH – 2014.....	40
Figura 13: Distribuição da precipitação acumulada para a RMBH em 2014.	48
Figura 14: Distribuição da concentração média anual de partículas inaláveis (PM ₁₀) para as estações da RMBH.	51
Figura 15: Exposição a PM ₁₀ em cada município da RMBH estudado em 2014.	51
Figura 16: Distribuição da concentração média diária de partículas inaláveis (PM ₁₀) para as estações da RMBH em 2014.	53
Figura 17: Distribuição da concentração média diária de partículas respiráveis (PM _{2,5}) para a estação Cidade Administrativa em 2014.....	56
Figura 18: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO ₂) para as estações da RMBH em 2014	57
Figura 19: Distribuição da concentração média de 8 horas de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2014	61
Figura 20: Distribuição da concentração média diária de Ozônio (O ₃) para as estações da RMBH em 2014	64
Figura 21: Distribuição da concentração média diária de dióxido de nitrogênio (NO ₂) para as estações da RMBH em 2014.	69
Figura 22: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos totais (HCT) para as estações da RMBH em 2014.....	73
Figura 23: Distribuição da concentração média diária de metano (CH ₄) para as estações da RMBH em 2014.	74
Figura 24: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos não-metanos (HCNM) para as estações da RMBH em 2014.....	75
Figura 25: Percentual de dias enquadrados em cada classe de qualidade do ar para as estações automáticas da RMBH para o ano de 2014.	76

LISTA DE SIGLAS

APAE - Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
CAMG – Cidade Administrativa de Minas Gerais
CO - Monóxido de Carbono
COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CH₄ - Hidrocarboneto Simples ou Metano
FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente
GESAR - Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões
HCT - Hidrocarbonetos Totais
HCNM - Hidrocarbonetos não - metano
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA - Índice de Qualidade do Ar
m/s – Metro por segundo
mm - milímetro
mmHg - Milímetro de mercúrio
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NDIR - Infravermelho não - dispersivo
NO_x - Óxidos de Nitrogênio
NO₂ - Dióxido de Nitrogênio
O₃ – Ozônio
OMS – Organização Mundial da Saúde
PIB - Produto Interno Bruto
PM_{2,5} - Partículas Respiráveis
PM₁₀ ou PI - Partículas Inaláveis
PPB - Partes por Bilhão
PPM - Partes por Milhão
PRONAR - Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PSI - Pollutant Standards Index
PTS - Partículas Totais em Suspensão
REGAP - Refinaria Gabriel Passos
RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e desenvolvimento Sustentável
SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente
SO₂ - Dióxido de Enxofre
USEPA - United States Environmental Protection Agency
UV - Radiação Ultravioleta
VOC's - Compostos Orgânicos Voláteis
W/m² - Watts por metro quadrado
ZAR-2 - Zona de Adensamento Restrito
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZE – Zona de Grandes Equipamentos
ZPAM – Zona de Preservação Ambiental
°C – Graus Celsius
% - Porcentagem
µg/m³ - Micrograma por Metro Cúbico



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR	9
2.1 Padrões de Qualidade do Ar	13
2.2 Índice de Qualidade do Ar e definição de episódios críticos de poluição atmosférica	16
3. QUALIDADE DO AR E EFEITOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE.....	19
4.1 Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar	23
4.2 Métodos de medição.....	30
5. RESULTADOS	34
5.1 Parâmetros Meteorológicos	34
5.1.1 Velocidade e direção dos ventos.....	34
5.1.2 Temperatura do ar	36
5.1.3 Umidade relativa do ar	39
Abaixo de 12%.....	43
Emergência	43
5.1.4 Radiação solar global.....	44
5.1.5 Pressão atmosférica	46
5.1.6 Precipitação	47
5.2 CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	49
5.2.1 Partículas Inaláveis (PM ₁₀)	49
5.2.2 Partículas Respiráveis (PM _{2,5}).....	56
5.2.3 Dióxido de enxofre (SO ₂)	57
5.2.4 Monóxido de Carbono (CO)	60
5.2.5 Ozônio (O ₃)	64
5.2.6 Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	69
5.2.7 Hidrocarbonetos totais, metanos e não-metanos	73
5.3 CLASSES DE QUALIDADE DO AR.....	76
6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	80
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

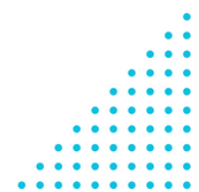


1. INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) foi estabelecida em 8 de junho de 1973 pela Lei Complementar Federal nº 14. No período de sua criação, a RMBH contava com quatorze municípios, incluindo a capital mineira. Atualmente, além de Belo Horizonte, integram a RMBH outros 33 municípios, conforme determinado pela Lei Complementar Estadual nº 89 de 12 de janeiro de 2006, sendo eles: Baldim, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas e Vespasiano. A mesma Lei Complementar Estadual nº 89/2006 estabelece o Colar Metropolitano, composto pelo conjunto de municípios adjacentes aos municípios da região metropolitana atingidos pelo processo de metropolização, compreendendo Barão de Cocais, Belo Vale, Bom Jesus do Amparo, Bonfim, Fortuna de Minas, Funilândia, Inhaúma, Itabirito, Itaúna, Moeda, Pará de Minas, Prudente de Moraes, Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo, São José da Varginha e Sete Lagoas.

A sede da RMBH é a capital Belo Horizonte com sua população inserida totalmente em área urbana. A RMBH possui aproximadamente 4.883.970 habitantes, concentrando 24,92% do total da população mineira e ocupa uma área de 9472,6 km², equivalente a 1,6% da área de todo o estado de Minas Gerais. Os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Betim apresentam, respectivamente, 2.375.151; 602.415 e 378.089 habitantes, tendo destaque no aspecto populacional, produto interno bruto (PIB) e também na densidade demográfica do estado (IBGE, 2014).

O clima da capital Belo Horizonte é classificado como tropical de altitude, devido à sua altitude média de 900 metros acima do nível do mar, sendo caracterizado por verão chuvoso com temperaturas elevadas e inverno seco com baixas temperaturas, além de baixo índice de precipitação. A RMBH como um todo sofre influências de uma variedade de fenômenos atmosféricos característicos de latitudes médias e tropicais,



onde tais fenômenos dão a esta região características de um clima de transição trópicos - extra trópicos.

O relevo ondulado, segundo Prudente *et al.*, 2006, formado por mar de morros pode interferir diretamente na dinâmica de alguns fenômenos, como, por exemplo, distribuição das chuvas, variação da temperatura, velocidade e direção dos ventos. O comportamento do vento na Região Metropolitana de Belo Horizonte mostra-se relevante devido aos gases e materiais particulados que são liberados diariamente, ficando suspensos na atmosfera. De acordo com a direção e intensidade do vento, esse material particulado pode ser transportado ou confinado em algumas regiões, podendo implicar diretamente na qualidade de vida da população situada na região.

As condições meteorológicas desempenham um significativo papel na qualidade do ar, associados à topografia da região, ao uso e ocupação do solo e aos poluentes atmosféricos presentes em determinada localidade, mostrando que a qualidade do ar é dependente de diversos fatores que devem ser sempre conectados entre si.

Nas próximas seções serão apresentadas as legislações ambientais nacionais e estaduais empregadas em Minas Gerais para a definição de parâmetros, padrões, bem como os critérios utilizados para a caracterização de episódios críticos de poluição do ar.

2. PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR

A Resolução CONAMA nº 03/1990 estabelece que um poluente atmosférico consiste em qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, ou que possam tornar o ar:

- Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- Inconveniente ao bem-estar público;
- Danoso aos materiais, à flora e à fauna;
- Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.



Os poluentes atmosféricos podem ser formados e liberados a partir de processos naturais, como atividade vulcânica, incêndios, fenômenos biológicos e geoquímicos e do mesmo modo por atividades antrópicas, por meio de processos industriais, minerários, queimas, dentre outros. Alguns poluentes podem ser transportados e formados ao longo de grandes distâncias, afetando assim amplas áreas. Além disto, determinados poluentes podem permanecer na atmosfera por longos períodos e, deste modo, podem se acumular na natureza afetando a qualidade da água e do solo, impactando a biodiversidade local, afetando a cadeia alimentar e consequentemente a vida humana e animal (EEA Report, 2015).

A identificação, quantificação e monitoramento dos principais poluentes presentes em uma determinada região mostra-se necessário para que medidas mitigadoras e corretivas possam ser tomadas, visando evitar danos à saúde da população e ao meio ambiente. Sendo, portanto, uma complexa questão que impõe múltiplos desafios em termos de controle e mitigação.

Quanto à sua origem, os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários. O primeiro compreende todo poluente emitido para a atmosfera diretamente das fontes de emissão, enquanto que o segundo é proveniente de reações químicas entre componentes presentes na atmosfera e poluentes. As principais fontes de poluição atmosférica podem ser classificadas em fontes estacionárias (chaminés), difusas (pilhas e áreas desnudas) ou móveis (tráfego de veículos). Essas informações estão apresentadas na Tabela 1.

A classificação da qualidade do ar está restrita a um grupo de poluentes determinados como indicadores da qualidade do ar, em razão de sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. Estes poluentes são: material particulado (partículas totais em suspensão - PTS; partículas inaláveis - PM₁₀ e partículas respiráveis - PM_{2,5}), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂).



Tabela 1: Poluentes, origens e principais fontes

Poluente	Origem	Fontes
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Primário e secundário	Fixas e móveis
Partículas Inaláveis (PM10)	Primário e secundário	Fixas e móveis
Partículas Respiráveis (PM2,5)	Primário e secundário	Fixas e móveis
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Primário	Fixas e móveis
Monóxido de Carbono (CO)	Primário	Fixas e móveis
Ozônio (O ₃)	Secundário	-
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Primário	Móveis

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/1990.

As partículas totais em suspensão, partículas inaláveis e partículas respiráveis consistem em uma complexa mistura de partículas sólidas e líquidas que apresentam características químicas diversas, sendo que para a sua caracterização leva-se em consideração as propriedades físicas do material. Dessa forma, compreende-se que as partículas totais em suspensão são aquelas que apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior à 50 µm, enquanto que as partículas inaláveis apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior à 10 µm. Já as partículas respiráveis consistem no material mais fino mensurado pelas estações, cujo diâmetro aerodinâmico deve ser igual ou inferior à 2,5 µm. O tamanho das partículas está diretamente associado à sua potencialidade de penetração no trato respiratório e possibilidade de causar efeitos à saúde humana, especialmente doenças respiratórias. A emissão desses poluentes é proveniente de fontes naturais, como a ressuspensão de sedimentos da superfície e ocorrência de eventos naturais extremos. Pode também ser derivada de atividades antrópicas, como emissões veiculares e processos industriais, além de queimadas, sendo que, durante a atuação de determinados sistemas atmosféricos e em situações de inversão térmica, a dispersão desses poluentes pode ser comprometida, ocasionando redução da visibilidade, danos à vegetação, problemas respiratórios e outras patologias.



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

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro e incolor resultante de processos de combustão, pode ser emitido por fontes naturais e/ou antropogênicas. Em ambientes urbanizados as principais emissões desse poluente são derivadas de veículos automotores, especialmente em áreas de intensa circulação de veículos. Pode causar diversos efeitos à saúde humana e, no caso de exposição à alta concentração, pode levar ao óbito.

O ozônio (O_3) é um poluente secundário formado por processos fotoquímicos, a partir de reações químicas entre os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (VOCs), na presença de luz solar (United States Environmental Protection Agency - USEPA, 2003). As medições realizadas referem-se à concentração de ozônio troposférico, e é válido salientar que o impacto ambiental proveniente da concentração de ozônio em uma área depende da sua altitude. Sendo que este não deve ser confundido com a concentração de ozônio estratosférico que não é considerado um poluente atmosférico (HARRIS, N. R. P. *et al.*, 1997). O ozônio troposférico apresenta-se como um poluente tóxico capaz de trazer prejuízos para a saúde humana e danos à vegetação, além de ser o responsável pela formação do smog fotoquímico. A palavra smog é uma combinação das palavras em inglês smoke (fumaça) e fog (neblina). O smog é um fenômeno que aparece nos grandes centros urbanos, identificado por uma grande massa de ar estagnado em conjunto com vários gases (reação de hidrocarbonetos com gases presentes na atmosfera, O_3 , NO e NO_2), sendo o ozônio o principal componente do smog fotoquímico. O termo fotoquímico é usado porque a luz desempenha um papel fundamental para ativar as reações. Já o ozônio estratosférico consiste no elemento maioritário da camada estratosférica terrestre e desempenha a função de proteção contra a radiação ultravioleta.



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

Além dos poluentes apresentados na Tabela 1, pode-se citar também os hidrocarbonetos, que consistem em compostos químicos constituídos por carbono e hidrogênio, sendo que podem se apresentar na forma de gases, partículas finas ou gotas. São subdivididos em três categorias principais: hidrocarbonetos totais (HCT), hidrocarbonetos simples ou metano (CH_4) e hidrocarbonetos não metano (HCNM), esse último compreende os hidrocarbonetos totais com exceção do metano. Esses compostos são provenientes de processos naturais e industriais e atuam como precursores para a formação do ozônio troposférico e como potencial agente do efeito estufa (MMA, s.d.).

2.1 Padrões de Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos para os principais poluentes, sendo definido legalmente um limite máximo permitido para a concentração de cada poluente no ar atmosférico, com a finalidade de garantir a proteção à saúde, à segurança e ao bem estar da população, além de minimizar possíveis danos à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram fixados em nível federal pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).



A Resolução CONAMA nº 03/1990 determina os padrões de qualidade do ar primários e secundários, previstos no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), que podem ser verificados na Resolução CONAMA nº 05 de 15 de Junho de 1989, para as quais foram considerados e conceituados esses padrões da seguinte forma:

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

No estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) estabeleceu os padrões de qualidade do ar na Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 26 de maio de 1981.

Os poluentes monitorados pelas estações automáticas dispostas na RMBH e regulamentados pela Resolução CONAMA nº 03/1990 consistem em partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio (Tabela 2).

Esta Resolução do CONAMA também determina que a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera, em um curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à sua dispersão, caracteriza um “Episódio Crítico de Poluição do Ar”. Esses episódios podem ser classificados como nível de Atenção, Alerta ou Emergência e são determinados pelas concentrações de poluentes demonstrados na Tabela 3.



Tabela 2: Concentrações médias instituídas para os padrões primários e secundários de qualidade do ar.

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR						
	Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas Inaláveis (PI)	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Monóxido de Carbono (CO)	Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Ozônio (O ₃)
Padrão Primário	Concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar. Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.	Concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média de 8 (oito) horas, de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano. Concentração média de 1 (uma) hora, de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.	Concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média de 1 (uma) hora, de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
	Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.		Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.		Concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.	
Padrão Secundário	Concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.		Concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.		Concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.	
	Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.		Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.		Concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.	

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/1990.



Observa-se que para as partículas totais em suspensão, utiliza-se a média geométrica anual para a obtenção dos valores de concentração de poluentes, enquanto que para o dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre é aplicada a média aritmética anual. Para as partículas inaláveis, monóxido de carbono e ozônio, são utilizados para cada poluente o mesmo valor tanto para o padrão primário quanto para o padrão secundário.

2.2 Índice de Qualidade do Ar e definição de episódios críticos de poluição atmosférica

Os índices de qualidade do ar (Pollutant Standards Index - PSI) foram desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency - USEPA). O estado de Minas Gerais utiliza o Índice de Qualidade do Ar (IQA) adotado de acordo com as proposições realizadas pela USEPA. O IQA permite que a população interessada consulte diariamente a classificação da qualidade do ar por meio da seguinte escala: boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica.

O índice de qualidade do ar consiste na conversão de um valor numérico de concentração de determinado poluente para um valor adimensional, compreendido na escala de 0 a 500. A partir disso, é atribuído ao índice obtido uma qualificação expressa por uma cor que caracteriza o IQA, de forma que seja facilmente compreendido pela população. A qualidade do ar de uma área monitorada é definida pelo pior índice registrado dentre os poluentes mensurados. Para o cálculo do índice, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$índice = índice_{inicial} + \left(\frac{Índice_{final} - Índice_{inicial}}{Conc_{final} - Conc_{inicial}} \right) \times (Conc_{medida} - Conc_{inicial})$$

Sendo que:

Índice – Índice de qualidade do ar desejado;

Conc. medida – Concentração medida

Conc. inicial – Concentração inicial da faixa na qual encontra-se a concentração medida;

Conc. final – Concentração final da faixa na qual encontra-se a concentração medida;



Índice inicial – Valor do índice correspondente a Conc. inicial;

Índice final – Valor do índice correspondente à Conc. final;

Para cada poluente obtém-se um índice a partir das concentrações aferidas, sendo considerado o índice mais elevado para a caracterização da qualidade do ar de uma determinada área. Este é utilizado na divulgação para a população permitindo que esta tenha uma informação precisa e de fácil compreensão (Tabela 3).



Tabela 3: Índices de qualidade do ar e níveis de episódios críticos de poluição do ar.

ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR								
Qualidade	Índice	Níveis de Episódios Críticos de Poluição do Ar	PTS Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO Média de 8 horas (ppm)	NO ₂ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50		0 - 80	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	51 - 100		81 - 240	51 - 150	81 - 160	4,6 - 9	101 - 320	81 - 365
Inadequada	101 - 200	Atenção	241 - 375	151 - 250	161 - 400	9,1 - 15	321 - 1130	366 - 800
Má	201 - 300	Alerta	376 - 625	251 - 420	401 - 800	15,1 - 30	1131 - 2260	801 - 1600
Péssima	301 - 400	Emergência	626 - 875	421 - 500	801 - 1000	30,1 - 40	2260 - 3000	1601 - 2100
Crítica	401 - 500		876 - 1000	501 - 600	1001 - 1200	40,1 - 50	3001 - 3750	2101 - 2620

Fonte: Resolução Conama nº 03/1990.



3. QUALIDADE DO AR E EFEITOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

Determinadas concentrações de poluentes no ar atmosférico podem atuar de forma tóxica à saúde humana, aumentando as chances de contração de doenças e, em casos extremos, podem levar ao óbito. Os grupos populacionais que se situam em áreas que apresentam alta concentração de poluentes atmosféricos são mais susceptíveis a apresentar sintomas de doenças cardiorrespiratórias, câncer, mortes prematuras e intensificação de sintomas em grupos sensíveis, como crianças, idosos e indivíduos que já apresentam predisposição à determinada patologia.

A USEPA apresenta os principais efeitos à saúde que determinadas concentrações de poluentes podem ocasionar (Tabela 4), e as medidas preventivas que podem ser tomadas pela população, considerando os poluentes elencados na Resolução CONAMA nº 03/1990 (Tabela 5). A partir da caracterização diária da qualidade do ar é possível alertar a população em caso de episódios críticos de poluição do ar, com níveis de atenção, alerta e emergência possibilitando a tomada de ações preventivas voltadas principalmente aos grupos populacionais sensíveis.



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

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

Fonte: USEPA, 2013.

Tabela 5: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde.

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

Fonte: USEPA, 2013.



A poluição atmosférica também promove efeitos adversos para o ambiente, ocasionando danos à vegetação e às outras formas de vida. Concentrações elevadas de determinados poluentes, como o ozônio, são capazes de impactar no crescimento e desenvolvimento da vegetação, reduzindo sua capacidade de captação de dióxido de carbono da atmosfera, afetando todo o ecossistema local (USEPA, 2012). Segundo a Agência de Meio Ambiente Europeia (EEA, 2015), os poluentes atmosféricos que trazem maiores prejuízos à natureza são ozônio (O_3), amônia (NH_3) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). O NO_x , SO_2 e NH_3 tornam o solo e a água mais ácidos, causando impactos diretamente na biodiversidade local. Mesmo que compostos de NO_x e NH_3 sejam nutrientes para plantas, e estimulem seu crescimento o excesso destes podem causar eutrofização de lagos e rios fazendo com que a população de algas aumente e com isso, menos oxigênio fique disponível para a fauna e flora aquática, impactando toda a diversidade existente naquele meio.

4. REDE AUTOMÁTICA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DA RMBH

A rede automática de monitoramento da RMBH é constituída por nove estações (Figura 1). As estações foram adquiridas, instaladas e operadas por diversos empreendimentos que durante o processo de licenciamento ambiental tiveram como condicionante executar o monitoramento da qualidade do ar de forma contínua devido a também contribuírem com a emissão de poluentes que impactam na qualidade do ar no seu entorno.

Os poluentes monitorados são partículas inaláveis (PM_{10}), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos totais, metanos e não - metanos, além de parâmetros meteorológicos, como velocidade e direção dos ventos, pressão atmosférica, radiação solar global, temperatura e umidade relativa do ar.

Nas próximas seções serão apresentadas a localização e caracterização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG e os métodos de medição empregados para a mensuração da concentração de poluentes.



4.1 Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar

A Figura 1 apresenta o mapa de localização das 9 estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar dispostas na RMBH, no ano de 2014, que além de Belo Horizonte, inclui as estações instaladas em Betim e Ibirité.

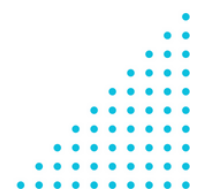
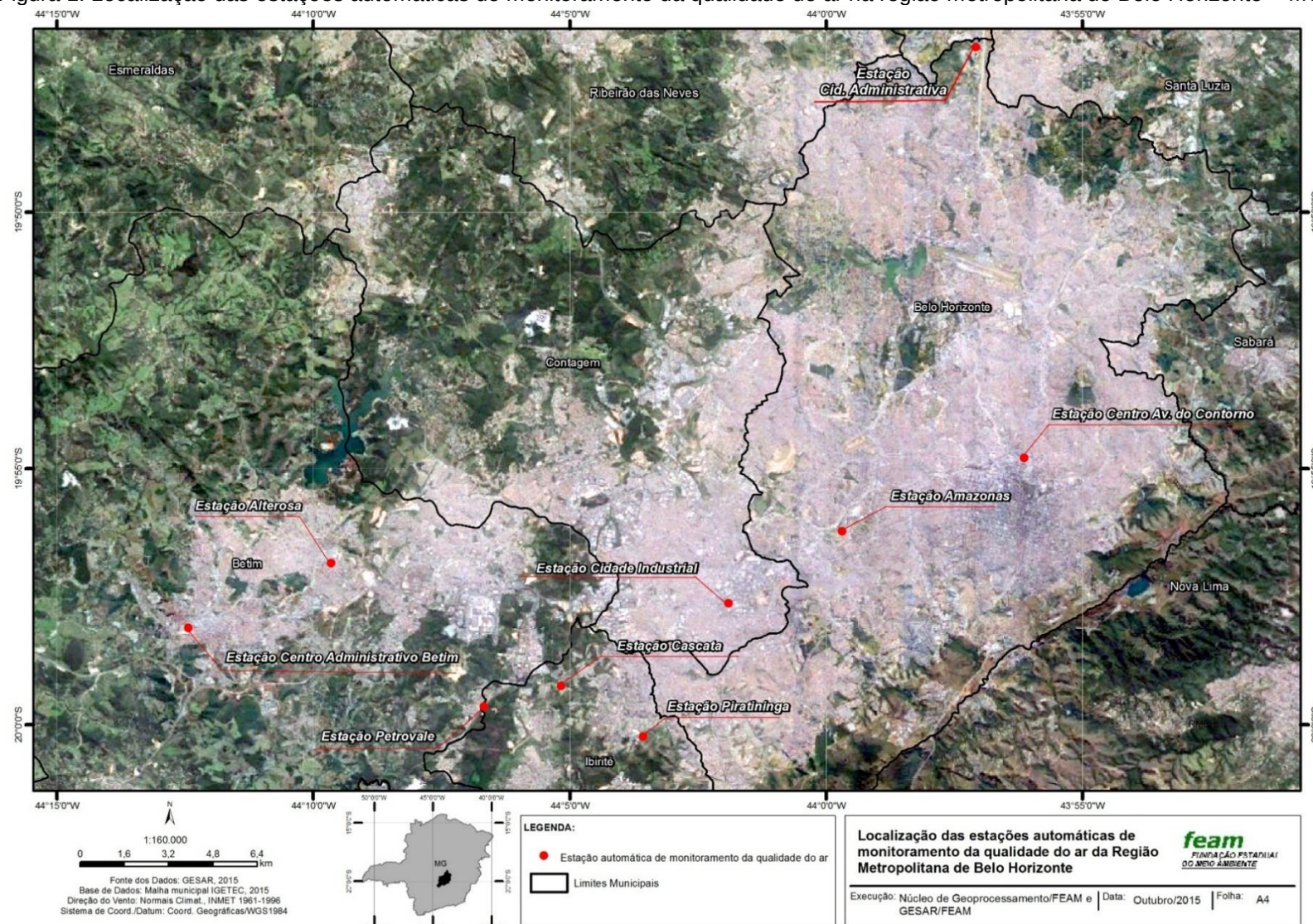


Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte – MG.



O município de Belo Horizonte apresenta um total de 2.375.151 habitantes em uma área de 331.401 km² (IBGE, 2010). Belo Horizonte conta com três estações de monitoramento da qualidade do ar:

1. Estação Delegacia Amazonas – localizada entre a rua José Maria Lacerda e a Avenida General Davi Sarnoff, próxima à uma via arterial, em uma Zona de Adensamento Restrito - ZAR-2 (BELO HORIZONTE, 1996). Essa região caracteriza-se por intenso fluxo de veículos automóveis e ônibus, além da linha de trem ferroviário, sendo exposta predominantemente à poluição de origem veicular (Figura 2).

Figura 2: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Delegacia Amazonas, em Belo Horizonte – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

2. Estação Centro Avenida do Contorno – antiga estação Praça Rui Barbosa – foi instalada entre as ruas Varginha e Januária, área situada na Zona Hipercentral, a aproximadamente 300 metros de seu antigo local, região caracterizada por intenso fluxo de automóveis e ônibus, além da linha de trem ferroviário (Figura 3).

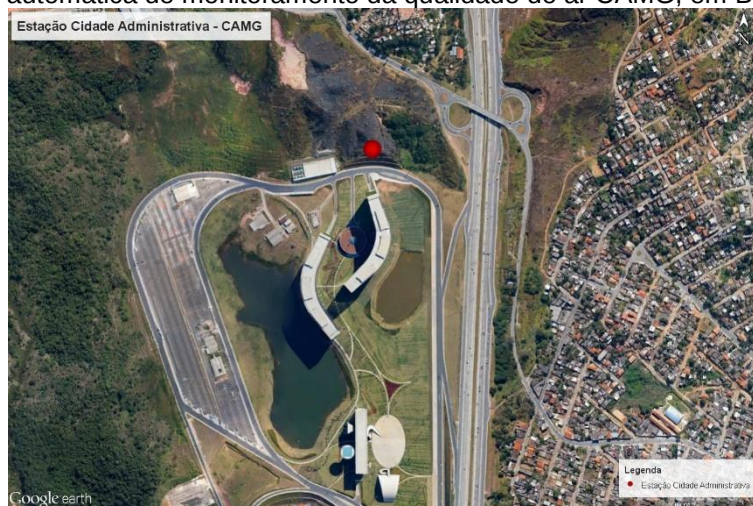
Figura 3: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Avenida do Contorno, em Belo Horizonte – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

3. Estação CAMG – instalada na Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves, localizada às margens da MG 010 (Linha Verde), porção norte de Belo Horizonte. De acordo com as propostas presentes nas Leis nº 7.165/96 e 7.166/96, essa área é classificada como uma Zona de Grandes Equipamentos - ZE, e próxima a uma Zona de Preservação Ambiental Municipal - ZPAM. A área no entorno dessa estação recebe um intenso fluxo veicular diário (Figura 4).

Figura 4: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar CAMG, em Belo Horizonte – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

O município de Ibitaré situa-se no vetor oeste da RMBH e conta com aproximadamente 158.954 habitantes, tem uma extensão territorial de 72,60km² (IBGE, 2010). O



município apresenta duas estações de monitoramento de qualidade do ar, estação Piratininga e Cascata.

- 1- Estação Piratininga: localizada em um terreno pertencente à Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais - APAE, na Rodovia Renato Azeredo, número 831. (Figura 5).

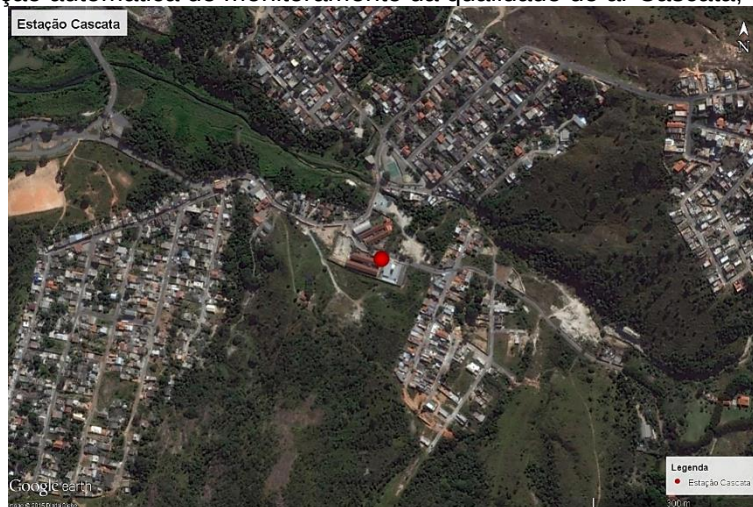
Figura 5: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Piratininga, em Ibirité – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

- 2- Estação Cascata – localizada nas proximidades da Refinaria Gabriel Passos - REGAP, na Escola Estadual José Rodrigues Betim, Rua Padre Eustáquio, número 881. A estação foi realocada nas dependências internas da escola. (Figura 6).

Figura 6: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Cascata, em Ibirité – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

Betim localiza-se no vetor oeste da RMBH e apresenta uma população de aproximadamente 378.089 habitantes em uma área de 342,80km² (IBGE, 2010). O município conta com três estações de monitoramento da qualidade do ar: Estação Centro Administrativo Betim, Alterosa e Petrovale.

- 1- Estação Centro Administrativo Betim: localizada entre a Avenida Edméia Matos Lazaroti e a Rua Pará de Minas, onde atualmente funciona a prefeitura de Betim (Figura 7).

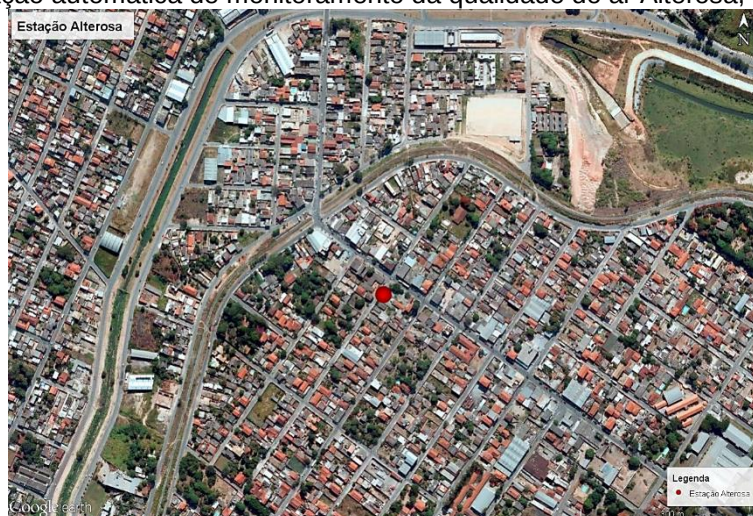
Figura 7: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Administrativo, em Betim – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

- 2- Estação Alterosa: Localizada na Avenida Campo de Ourique, em área pertencente à administração Regional da Prefeitura Municipal de Betim. A área apresenta fluxo moderado de veículos, além de um porto seco e indústrias no entorno (Figura 8).

Figura 8: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Alterosa, em Betim – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

- 3- Estação Petrovale: localizada nas proximidades da Refinaria Gabriel Passos - REGAP, dentro da Escola Municipal Valério Palhares, na Rua Argentina, número 64. Esta estação está inserida em uma área residencial, próximo a uma extensa área vegetada (Figura 9).

Figura 9: Estação automática de monitoramento da qualidade do ar Petrovale, em Betim – MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

A estação Cidade Industrial foi instalada no ano de 2013 no município de Contagem, contudo, por necessidades de ajustes na operação da estação, só começou a apresentar os dados de monitoramento a partir de 2014, durante os meses de abril a outubro, com muitas lacunas de dados neste intervalo de tempo, não sendo incluída neste relatório.

4.2 Métodos de medição

As estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar são constituídas de cabines climatizadas nas quais estão instalados o monitor de PM₁₀ e PM_{2,5} e os analisadores de SO₂, CO, O₃, NO_x, os sensores meteorológicos, o sistema de aquisição e transmissão dos dados – *datalogger* com acesso à internet e demais acessórios necessários à operação e ao funcionamento do sistema. Os resultados são transmitidos via internet à Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (GESAR) da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).

Um computador instalado na FEAM dotado de *softwares* específicos permite a obtenção dos dados gerados ou a recuperação de dados armazenados no *datalogger* instalado em cada estação. O programa *Scanair* é empregado no gerenciamento da aquisição, no armazenamento e no processamento dos dados originados do *datalogger* e dos analisadores. Esse sistema permite a obtenção dos dados das concentração dos poluentes PM₁₀, SO₂, CO, O₃, NO₂ e de monitoramento dos parâmetros meteorológicos, na forma de gráficos e tabelas, por meio de médias de 15 em 15 minutos, horárias, diárias, mensais e anuais. Os poluentes e parâmetros monitorados são apresentados a seguir (Tabela 6: Localização, parâmetros e poluentes monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar da RMBH – MG).



Tabela 6: Localização, parâmetros e poluentes monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar da RMBH – MG

Município	Estação	Coordenadas Geográficas		Datum	Parâmetros Monitorados											Data da Instalação	
		Latitude (x)	Longitude (y)		PTS	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂	NO _x	NO	H	M		
Belo Horizonte	Amazonas	19°56'14.90"S	43°59'41.50"W	WGS84	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✖	✔	Fevereiro/2002
	CAMG	19°46'46.91"S	43°57'4.75"W		✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	Setembro/2012
	Centro Avenida do Contorno	19°54'48.2"S	43°56'08.87"W		✖	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	2012
Betim	Centro Administrativo Betim	19°58'7.98"S	44°12'26.00"W		✖	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	Outubro/2002
	Alterosa	19°56'51.18"S	44° 9'39.06"W		✖	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	Abril/1995
	Petrovale	19°59'39.93"S	44° 6'40.05"W		✖	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	Outubro/2002
Ibirité	Piratininga	20° 0'14.27"S	44° 3'34.89"W		✖	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	Agosto/2004
	Cascata	19°59'15.31"S	44° 5'10.73"W		✖	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	Janeiro/2003
✔ Parâmetro Monitorado																	
✖ Parâmetro Não - Monitorado																	

Fonte: GESAR/FEAM, 2015.

Entre os poluentes monitorados, H refere-se aos hidrocarbonetos e dentre os parâmetros, M se refere aos parâmetros meteorológicos, como direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar.



A Resolução CONAMA nº 03/1990 estabelece o método específico de amostragem a ser utilizado para a mensuração de cada poluente no ar atmosférico (Tabela 7). A condição de referência a ser utilizada é temperatura de 25°C e pressão atmosférica de 760 milímetros da coluna de mercúrio ou 1 atm.

Tabela 7: Métodos de referência para amostragem de poluentes atmosféricos

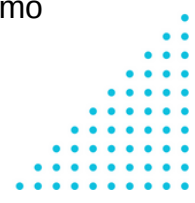
Poluente	Método de medição
Partículas Totais em Suspensão	Amostrador de Grandes Volumes ou método equivalente
Partículas Inaláveis	Separação Inercial / Filtração ou método equivalente
Dióxido de Enxofre	Pararasilina ou método equivalente
Monóxido de Carbono	Infravermelho não-dispersivo ou método equivalente
Ozônio	Quimioluminescência ou método equivalente
Dióxido de Nitrogênio	Quimioluminescência ou método equivalente

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/1990.

O método empregado para medir a concentração de PM₁₀ no ar atmosférico é o da radiação beta, por meio de um monitor (modelo MP101M), que emprega Carbono 14 (C₁₄) como fonte de radiação de baixa energia e mede a concentração a cada hora. A concentração média diária de PM₁₀ (média de 24 horas em µg/m³) é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo considerado na análise apresenta dados válidos.

Para determinar a concentração de SO₂ no ar atmosférico emprega-se o método da fluorescência por radiação ultravioleta (UV), cujo princípio baseia-se na excitação da molécula de SO₂ por raio ultravioleta. O analisador (modelo AF21M) funciona em regime contínuo, medindo a concentração de SO₂ de forma instantânea. As concentrações de SO₂ em partes por bilhão (ppb) são apresentadas como média de 15 minutos. A concentração média diária de SO₂ (média de 24 horas convertida para µg/m³) é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo analisado apresenta dados válidos.

O método empregado para medir a concentração de CO no ar atmosférico é o infravermelho não dispersivo (NDIR). O analisador (modelo CO11M) funciona como



monitor contínuo de detecção da absorção de CO na faixa de luz infravermelha. As concentrações de CO em partes por milhão (ppm) são apresentadas como média de 15 minutos. A concentração média de 8 horas (média móvel) de CO em ppm é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo analisado apresenta dados válidos, sendo o maior valor utilizado como concentração do dia.

O princípio de funcionamento do analisador contínuo de ozônio (modelo O341M) é fotométrico e mede a absorção de luz ultravioleta pelo ozônio. As concentrações de O₃, medidas em partes por bilhão (ppb) apresentam resultados válidos. A máxima horária é utilizada como concentração do dia após a conversão da unidade de ppb para µg/m³.

O analisador, modelo AC31M, é projetado para analisar as concentrações de NO e NO_x através da emissão de luz (quimioluminescência) originada pela oxidação do NO na presença de ozônio. A concentração de NO₂ é calculada pela diferença entre as concentrações de NO_x e NO, expressa em ppb e apresentada como média de 15 minutos. A concentração média horária é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo apresenta dados válidos, os quais são posteriormente convertidos para a unidade µg/m³. A maior média é considerada como concentração do dia.

O analisador de hidrocarbonetos utiliza o princípio de detecção por ionização de chama que apresenta dois estágios: quebra de compostos orgânicos na zona central da chama e formação dos radicais de hidrocarbonetos e ionização química dos radicais em contato com oxigênio. Em seguida, o eletrômetro do analisador mede a corrente gerada pela ionização dos átomos de carbono na chama alimentada por uma mistura de hidrogênio e ar. Para distinguir entre hidrocarbonetos totais e não metanos, o analisador possui um forno conversor para oxidar todos os hidrocarbonetos não metanos.



5. RESULTADOS

Nas próximas seções serão apresentados os resultados obtidos a partir do monitoramento das estações automáticas para o ano de 2014. Eles se referem aos parâmetros meteorológicos, à concentração diária, mensal e anual de poluentes atmosféricos e às classes de qualidade do ar.

5.1 Parâmetros Meteorológicos

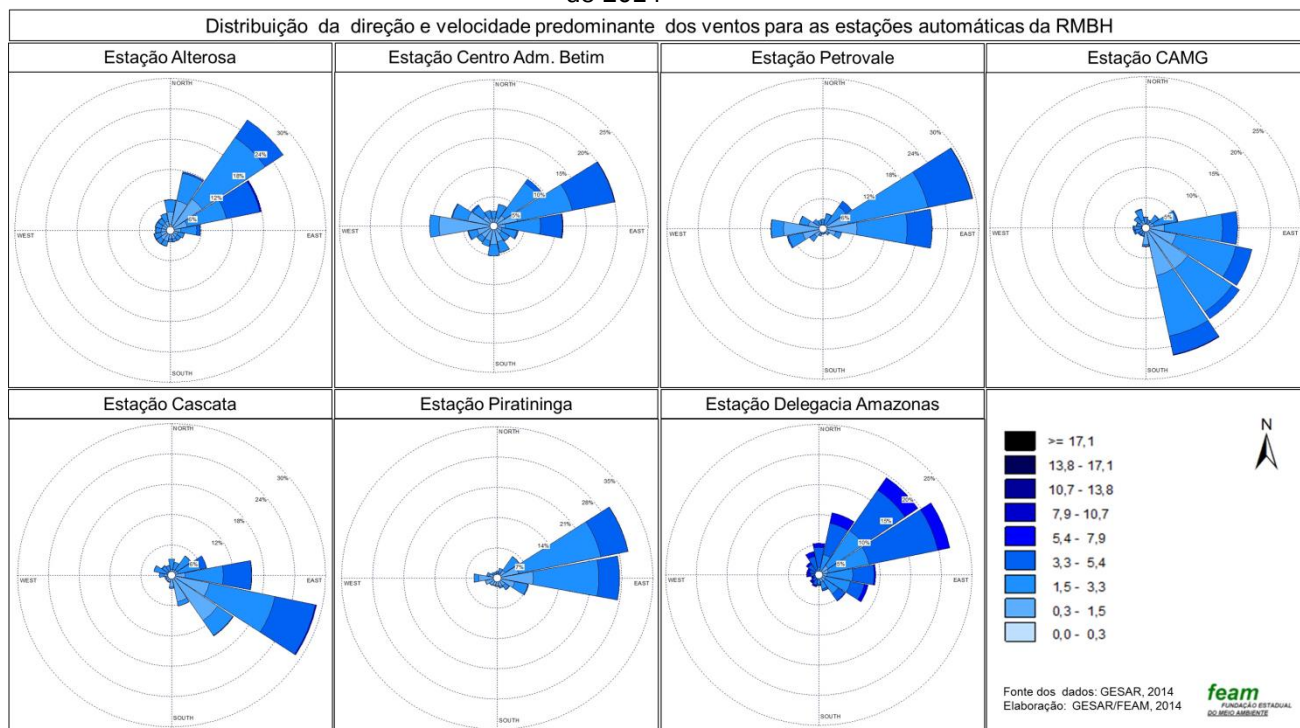
Nas próximas seções serão discutidos os parâmetros meteorológicos mensurados pelas estações automáticas, compreendendo: velocidade e direção dos ventos, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação pluviométrica, mensurados durante o ano de 2014. As estações que registraram estes parâmetros com regularidade foram: Alterosa, Amazonas, Cascata, Petrovale, Centro Administrativo de Betim, Piratininga e CAMG. As demais estações, Av. do Contorno e Cidade Industrial, não registraram dados meteorológicos regularmente, não tendo sido possível por isso, analisá-los.

5.1.1 Velocidade e direção dos ventos

A velocidade e direção dos ventos foram monitoradas diariamente pelas estações automáticas para a obtenção de dados de quinze em quinze minutos, destinados ao cálculo das médias aritméticas horárias, fornecendo valores em metros por segundo (m/s) e em graus (°), respectivamente. Os equipamentos empregados para a mensuração da direção e velocidade dos ventos consistem em um cata-vento e um anemômetro de conchas. Os equipamentos foram instalados a uma distância de aproximadamente 10 metros do solo, de forma que os parâmetros foram medidos sem a interferência direta de obstruções presentes em superfície.

Para a elaboração das rosas de velocidade e direção dos ventos foi utilizado o programa WRPLOT View, 2011, versão 7.0.0, disponibilizado no sítio eletrônico da empresa Lakes Environmental. Os intervalos de velocidade dos ventos foram adaptados a partir da escala de Beaufort (WMO, 2012), compreendendo nove classes com valores em m/s, onde foi possível observar a distribuição anual da direção e velocidade dos ventos para as estações da RMBH (Figura 10).

Figura 10: Distribuição da direção e velocidade dos ventos para as estações da RMBH durante o ano de 2014



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

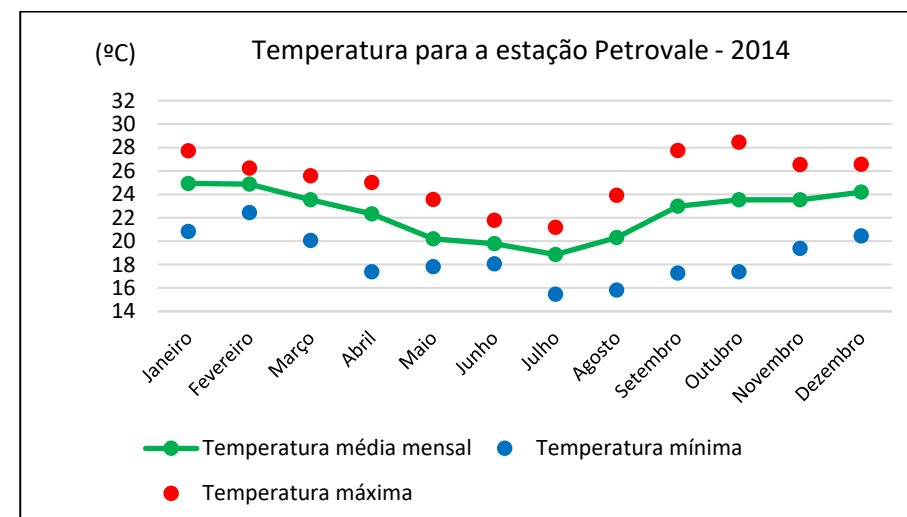
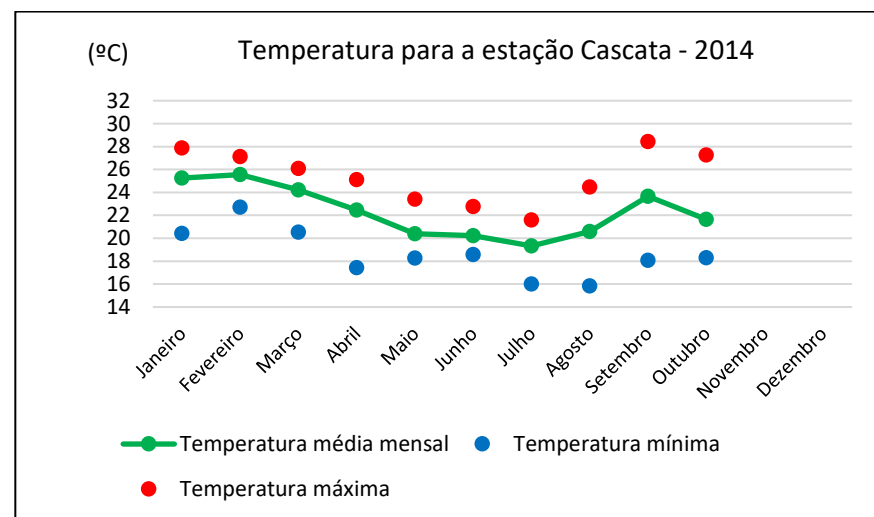
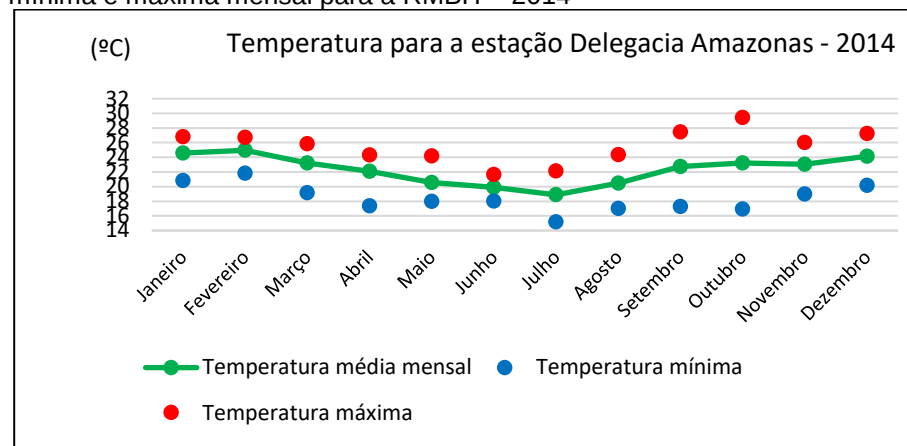
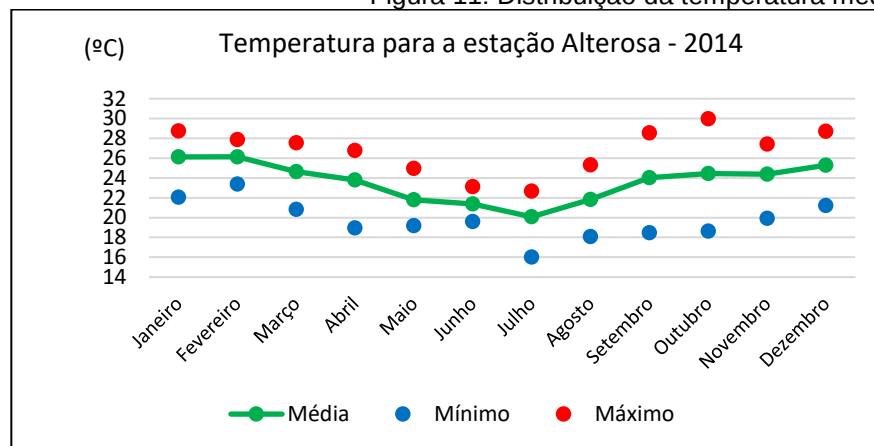
Em relação a direção dos ventos, parte significativa das estações automáticas de monitoramento de qualidade do ar apresentaram a componente preferencial do vento de Leste e Nordeste, uma vez que o estado de Minas Gerais está sujeito predominantemente à atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), cuja atuação resulta na ocorrência de ventos preferencialmente do quadrante Leste e Nordeste. Sobreposto a esse mecanismo há a atuação de perturbações atmosféricas ocasionadas pelo sistema de baixa pressão do chaco e de incursões de massas polares - frentes frias (CEMIG, 2010). Contudo, a estação CAMG e Cascata apresentaram a direção preferencial dos ventos de Leste e Sudeste, que pode estar relacionado aos fatores de escala local, como rugosidades do relevo, edificações e intensa verticalização nas áreas próximas às estações de medição, atuando na formação de corredores preferenciais de direção dos ventos. Ainda em relação à velocidade dos ventos, em todas as estações, na maioria do tempo ela esteve distribuída nas faixas que compreendem os valores de 3,3 e 5,4 m/s.

5.1.2 Temperatura do ar

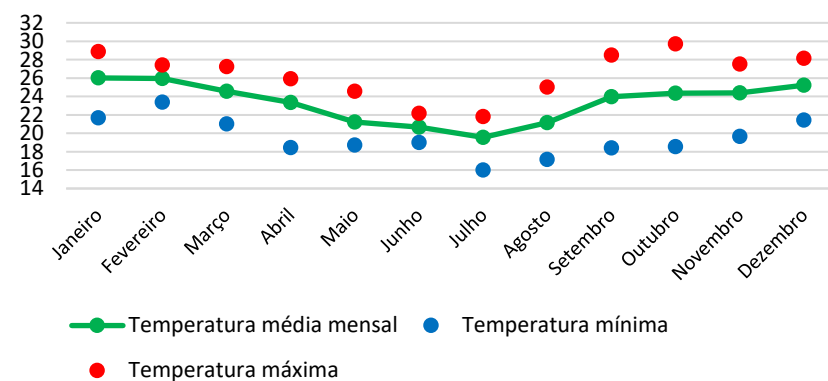
A temperatura do ar foi monitorada diariamente pelas estações automáticas para a obtenção de dados de quinze em quinze minutos e posterior cálculo das médias aritméticas horárias, fornecendo também valores de temperatura máxima e mínima diárias. O equipamento utilizado para a mensuração da temperatura do ar consiste em um termômetro que fornece valores em graus Celsius (°C). A Figura 11 apresenta os gráficos com a distribuição das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais para o ano de 2014.



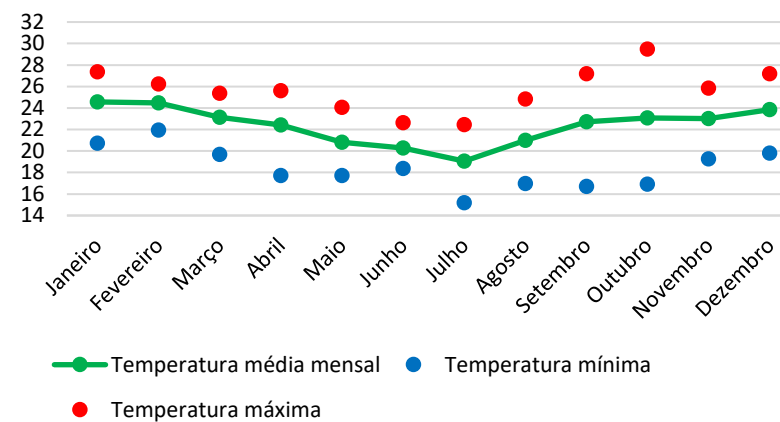
Figura 11: Distribuição da temperatura média, mínima e máxima mensal para a RMBH – 2014



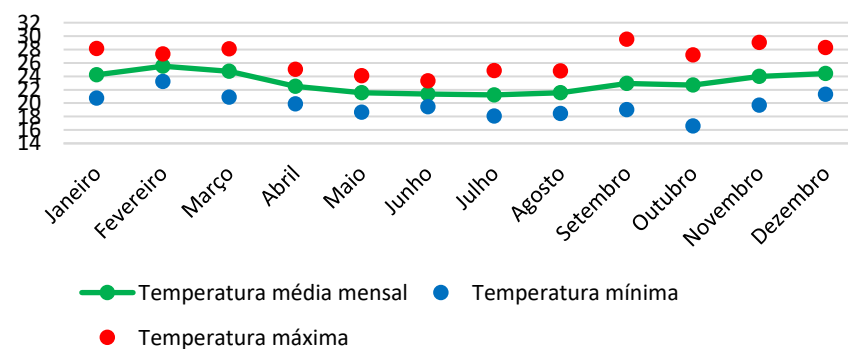
(°C) Temperatura para a estação Centro Administrativo Betim - 2014



(°C) Temperatura para a estação Piratininga - 2014



(°C) Temperatura para a estação Cidade Administrativa de MG - 2014



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

Por meio dos gráficos expostos na Figura 11, foi observado que para a maioria das estações, os dias mais frios ocorreram em julho, durante o inverno seco vivenciado na RMBH em 2014. Com a diminuição da temperatura, tem-se uma menor dissolução de poluentes na atmosfera, o que faz com que a qualidade do ar, neste período, seja negativamente comprometida. As menores temperaturas foram registradas pelas estações Amazonas e Piratininga, que obtiveram valores próximos a 15°C. Além disso, nesse mesmo período do ano é comum a ocorrência de outros fenômenos, como por exemplo a inversão térmica, que também compromete negativamente a qualidade do ar.

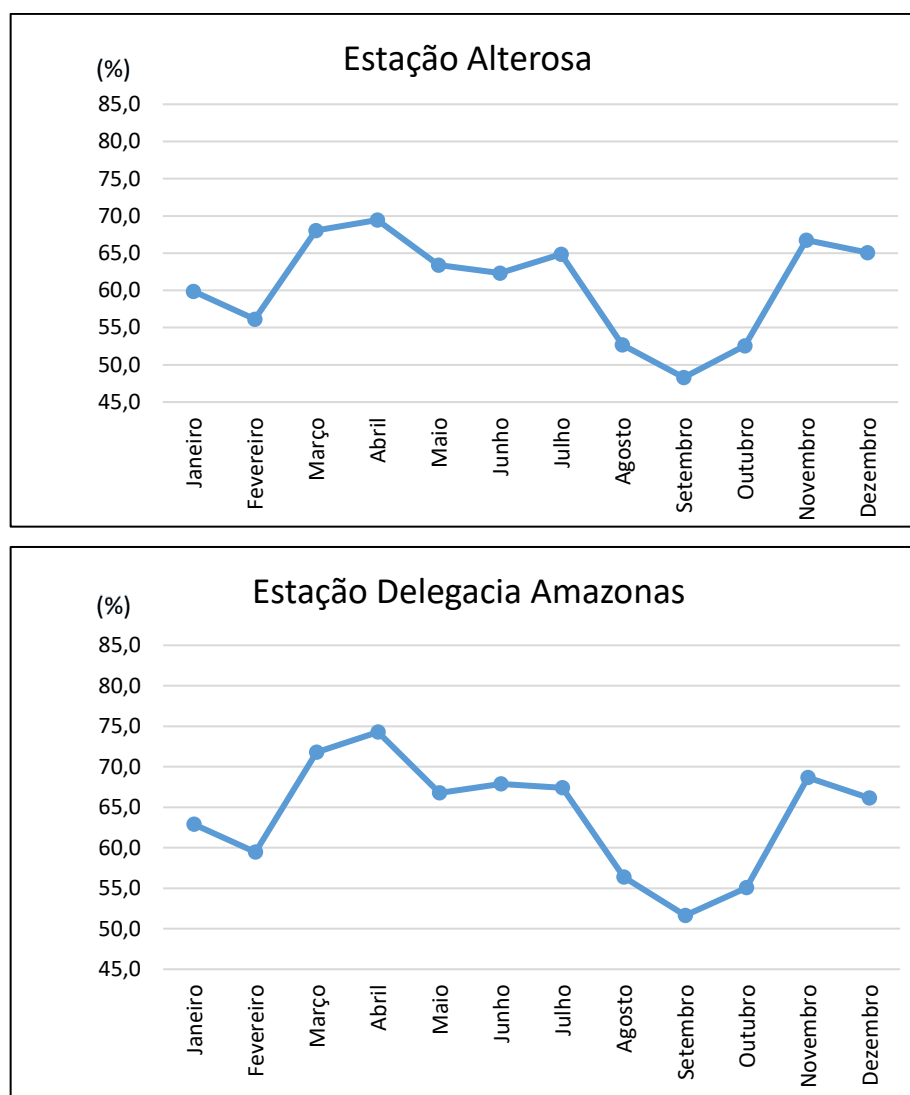
As maiores temperaturas foram registradas, majoritariamente, em outubro. As estações Alterosa, Amazonas, Centro Administrativo de Betim e Piratininga registraram as maiores temperaturas, apresentando valores de máxima próximos de 30°C. Conforme será visto na próxima seção, este foi também um período seco, sendo, portanto, propício ao aumento dos focos de queimada que comprometeram a qualidade ambiental como um todo da região.

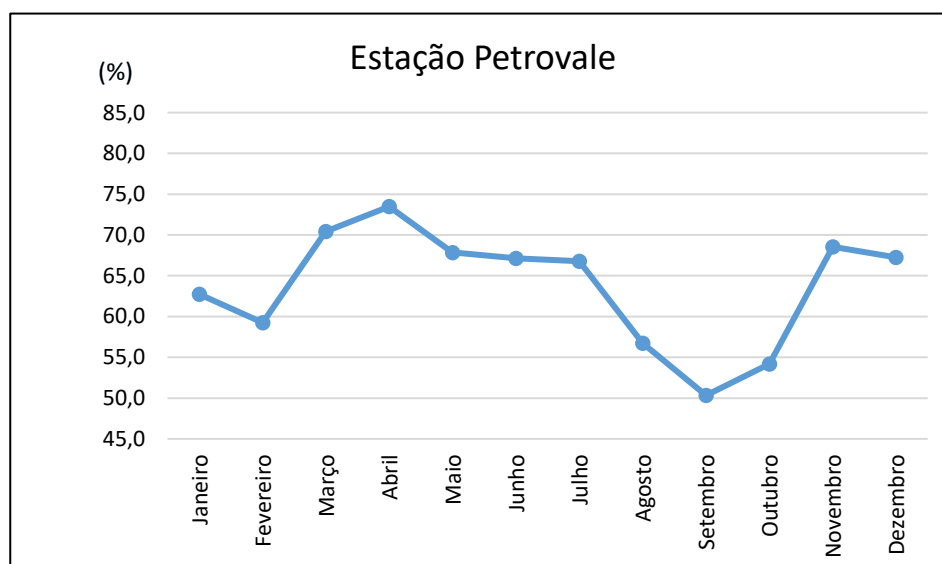
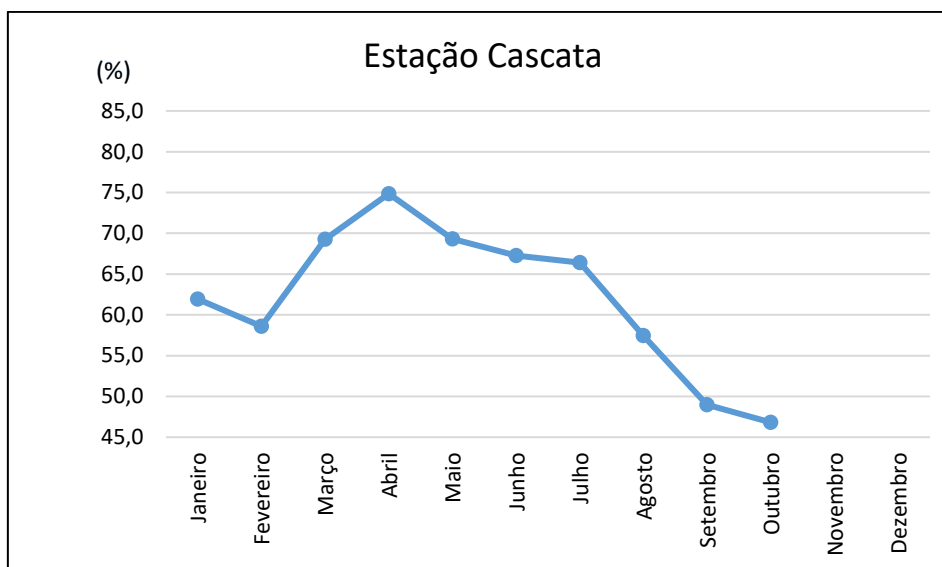
Ressalta-se ainda que a estação Cascata registrou dados de temperatura do ar até o mês de outubro de 2014, apresentando 23,84% de dados omissos. As demais estações não apresentaram grande percentual de omissão de dados, como a estação Alterosa que teve 3,29% dos seus dados omissos, a estação Amazonas 1,91% e a estação Piratininga que durante 2014 apresentou 0,55% de dados omissos. Já as estações Centro Administrativo de Betim e Petrovale não tiveram omissões de dados em 2014.

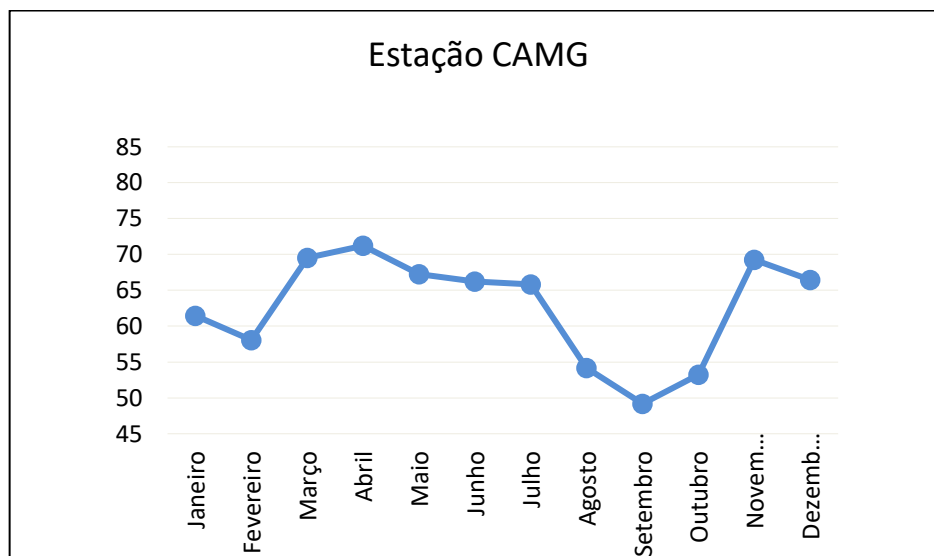
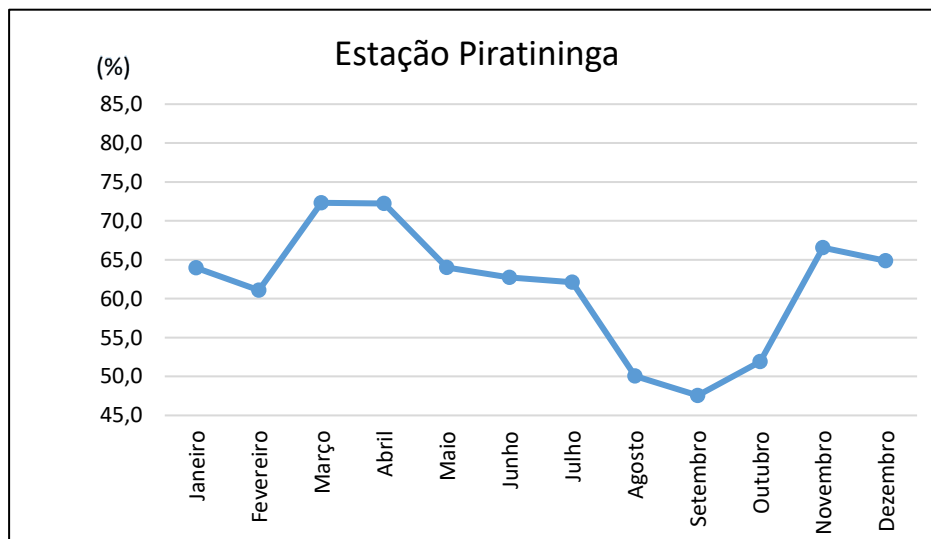
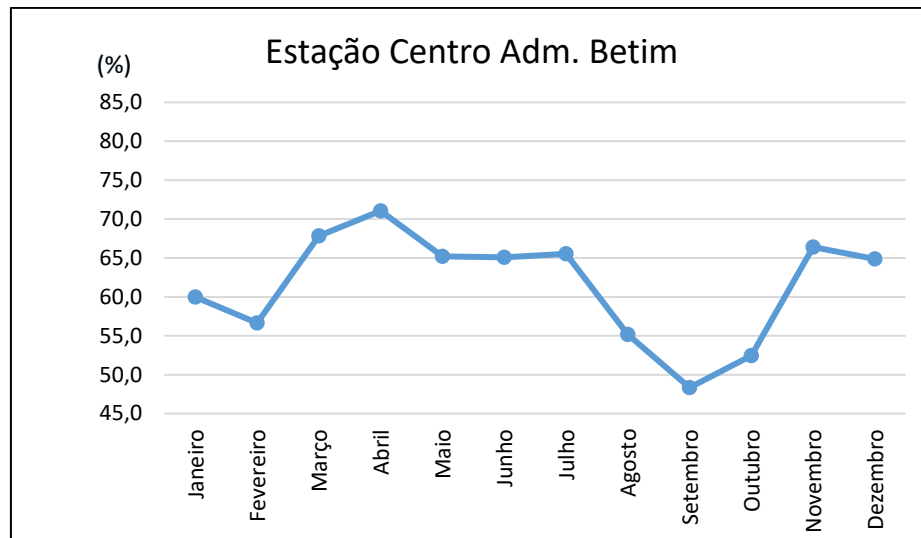
5.1.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar foi monitorada diariamente pelas estações automáticas para a obtenção de dados de quinze em quinze minutos e posterior cálculo das médias aritméticas horárias (Figura 12). O equipamento utilizado para a mensuração da umidade relativa do ar consiste em um psicrômetro que oferece de modo indireto os valores em percentagem (%) de umidade relativa. Esses valores são obtidos a partir de dois termômetros idênticos, denominados bulbo seco e bulbo úmido, o segundo diferencia-se por estar envolvido em gaze ou material similar, sendo mantido constantemente umedecido.

Figura 12: Distribuição da umidade relativa do ar mensal para a RMBH – 2014







Fonte: GESAR/FEAM, 2016

O ano de 2014 foi caracterizado por longos períodos de seca, sendo o ano mais crítico do século (ANA, 2015). Por meio dos gráficos dispostos na Figura 12, observa-se que a decrescência dos valores de umidades registradas pelas estações começaram a ser apontadas em julho alcançando os menores valores em setembro e outubro. As estações Alterosa, Amazonas e Centro Administrativo de Betim obtiveram registros de condições emergenciais para a umidade relativa do ar (Tabela 8), com valores inferiores a 12%, sendo que a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabele que índices inferiores à 60% são inadequados para a saúde humana (CGE, s.d.).

As estações que registraram estado emergencial, conforme supracitado, a fizeram em meados de outubro. No dia 12/10/2014, a estação Alterosa registrou umidade relativa do ar igual a 11,2% às 14:00 horas, enquanto a estação Centro Administrativo de Betim obteve umidade relativa do ar de 11,8% às 15:00 horas. Já no dia 14/10/2014 a estação Amazonas registrou umidade igual a 11%, obtida às 15:00 e 16:00 horas. A baixa umidade facilita a propagação e a continuidade de focos de queimada e nesses dias foram registradas queimadas na Serra do Rola Moça e na Serra do Cipó. A Tabela 8 corresponde à escala psicrométrica a qual classifica os estados de criticidade para a umidade relativa do ar.

Tabela 8: Escala psicrométrica para umidade relativa do ar

Escala Psicrométrica	
Umidade Relativa do Ar	Classificação
Entre 21 e 30%	Atenção
Entre 12 e 20%	Alerta
Abaixo de 12%	Emergência

Fonte: Centro de Gerenciamento de Emergências.

Houve ainda registros de condições de atenção e alerta em todas as estações, sendo que estes ocorreram majoritariamente entre agosto e outubro de 2014. Quanto à omissão de dados, as estações Alterosa apresentou 3,01%, Amazonas 1,91%, Cascata 23,84% e Piratininga 0,55%. As estações Centro Administrativo de Betim e Petrovale não apresentaram dados omissos.

5.1.4 Radiação solar global

A radiação solar global foi monitorada diariamente pelas estações automáticas para a obtenção de dados de quinze em quinze minutos e posterior cálculo das médias aritméticas horárias, diárias e mensais. O equipamento empregado para a mensuração de radiação solar consiste em um radiômetro solar, que mede a radiância espectral solar direta em incidência normal (fotômetro solar), sendo os valores fornecidos em watts por metro quadrado (W/m^2). A Tabela 9 apresenta os valores médios, máximos e mínimos obtidos para o ano de 2014.

Ao observar a Tabela 9 nota-se que os maiores valores registrados de incidência de radiação solar foram no início do ano, nos meses de janeiro a março e no final de 2014, a partir de setembro até dezembro.

Já nos últimos meses de 2014, as altas temperaturas associadas ao tempo seco permite inferir que houve reduzida formação de nebulosidade neste período, o que aumenta a incidência de radiação solar na superfície do planeta. Uma das consequências deste excesso de radiação que chega à Terra é a maior formação de ozônio troposférico, um poluente atmosférico que em altas concentrações pode comprometer a saúde humana e a qualidade ambiental.

No geral, houve poucas omissões de dados registradas pelas estações componentes da Tabela 10. Apenas a estação Cascata que no mês de outubro não apresentou 75% dos dados de monitoramento do parâmetro radiação solar, sendo assim, estes não são representativos. Já nos meses de novembro e dezembro, a estação não obteve de dados para este parâmetro. Dessa forma, a estação Cascata totalizou 23,84% de omissão de dados durante todo o ano de 2014. Já a estação Alterosa apresentou 3,56% de omissão de dados, a Amazonas 1,91%, enquanto a estação Piratininga teve 0,55% de dados omissos. Já as estações Centro Administrativo de Betim e Petrovale não apresentaram dados omissos.

Tabela 9: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para radiação solar global (W/m²) obtida para a RMBH em 2014.

Média, máxima e mínima mensal obtida para a radiação solar global (W/m ²)																					
	Alterosa			Delegacia Amazonas			Cascata			Petrovale			Centro Adm. Betim			Piratinga			CAMG		
	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.
Janeiro	219,8	395,7	479,7	235,34	358,29	490,49	183,62	404,05	490,26	192,10	378,14	479,67	197,82	396,88	478,42	199,90	391,53	485,29	36,0	162,6	298,6
Fevereiro	228,3	374,1	469,8	251,66	363,81	478,79	179,92	385,12	468,37	185,49	363,21	473,84	206,83	376,03	470,21	170,92	366,91	457,67	129,9	236,7	308,1
Março	82,7	278,9	400,0	142,17	306,91	429,15	100,72	286,97	385,84	96,95	267,70	381,47	103,55	298,03	427,50	98,67	274,62	400,61	73,7	171,5	244,9
Abril	110,5	249,9	360,6	101,16	290,97	395,80	104,22	235,58	364,05	99,62	244,94	368,83	94,62	262,80	383,69	105,22	254,17	365,29	62,7	158,2	219,8
Maio	110,9	232,4	293,8	168,36	310,53	383,47	111,66	264,07	303,59	110,57	239,08	299,93	112,06	248,43	311,62	114,24	246,96	302,14	51,5	166,6	216,7
Junho	131,4	212,7	250,7	189,09	292,68	351,79	147,55	243,58	282,09	141,16	220,20	265,02	117,11	230,06	275,63	158,94	232,41	269,89	94,2	147,2	170,6
Julho	38,2	195,2	255,8	50,89	263,95	352,09	40,58	232,42	315,77	38,86	206,53	295,08	42,01	214,09	304,92	40,22	224,53	299,44	94,5	166,8	211,9
Agosto	123,5	276,7	330,5	163,62	336,64	387,05	146,28	312,67	372,21	143,51	286,31	346,29	133,43	294,88	358,37	154,24	294,64	354,91	105,7	199,8	253,4
Setembro	151,8	329,1	397,4	167,30	336,63	410,10	145,37	350,66	417,97	145,86	336,83	412,25	154,05	346,39	419,00	151,98	336,80	409,44	47,9	212,2	265,6
Outubro	49,3	334,9	414,7	63,50	333,33	418,51	277,84*	424,13*	444,92*	50,73	336,91	433,71	53,63	345,68	434,07	52,68	336,17	429,35	60,8	198,9	362,2
Novembro	87,0	289,7	442,0	117,81	316,19	439,13	-	-	-	89,02	293,10	452,33	93,49	321,84	473,77	93,78	295,41	435,73	74,7	212,1	319,6
Dezembro	100,0	329,2	465,5	127,59	342,66	487,59	-	-	-	79,09	306,07	451,59	99,78	340,46	478,91	85,10	292,53	442,09	65,2	164,7	260,2

Os valores sinalizados com um asterisco (*) não foram representativos para o mês, enquanto que os períodos marcados com hífen (-) não foram medidos pelas estações.

Fonte: GESAR/FEAM, 2016.



5.1.5 Pressão atmosférica

Os valores de pressão atmosférica foram monitorados pelas estações automáticas para a obtenção de dados de quinze em quinze minutos e posterior cálculo das médias horárias e mensais. O equipamento empregado para as medições consiste em um barômetro de mercúrio, que fornece os dados de pressão atmosférica em milímetro de mercúrio (mmHg). A Tabela 10 apresenta a distribuição dos valores médios, máximos e mínimos de pressão atmosférica obtidos para as estações da RMBH que registraram este parâmetro durante o ano de 2014.

Tabela 10: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para a pressão atmosférica (mmHg) obtida para a RMBH, em 2014.

Valores médios, máximos e mínimos mensais obtidos para pressão atmosférica (mmHg)						
	Amazonas			CAMG		
	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.
Janeiro	996,06	997,52	998,73	920,2	922,2	924,1
Fevereiro	995,64	997,04	998,11	919,4	922,3	924,2
Março	996,11	997,30	998,48	920,3	922,4	924,3
Abril	996,39	997,51	999,56	920,5	922,4	924,3
Maio	996,06	998,13	999,49	921,8	922,4	924,3
Junho	995,96	999,15	1000,95	924,3	922,4	924,3
Julho	998,01	1000,30	1002,00	926,3	922,4	924,3
Agosto	997,03	999,05	1001,86	924,2	922,5	924,4
Setembro	996,39	998,09	1000,65	922,1	922,5	924,4
Outubro	995,92	997,78	1000,36	921,4	922,5	924,4
Novembro	994,23	996,30	998,09	918,9	922,5	924,5
Dezembro	994,49	996,33	998,42	919,7	922,5	924,5

Fonte: GESAR/FEAM, 2016

Apenas as estações Amazonas e CAMG registraram dados de monitoramento para pressão atmosférica. As demais estações não monitoraram este parâmetro. A estação Amazonas apresentou 1,91% de omissão de dados, enquanto a estação CAMG apresentou 5,8 %.



5.1.6 Precipitação

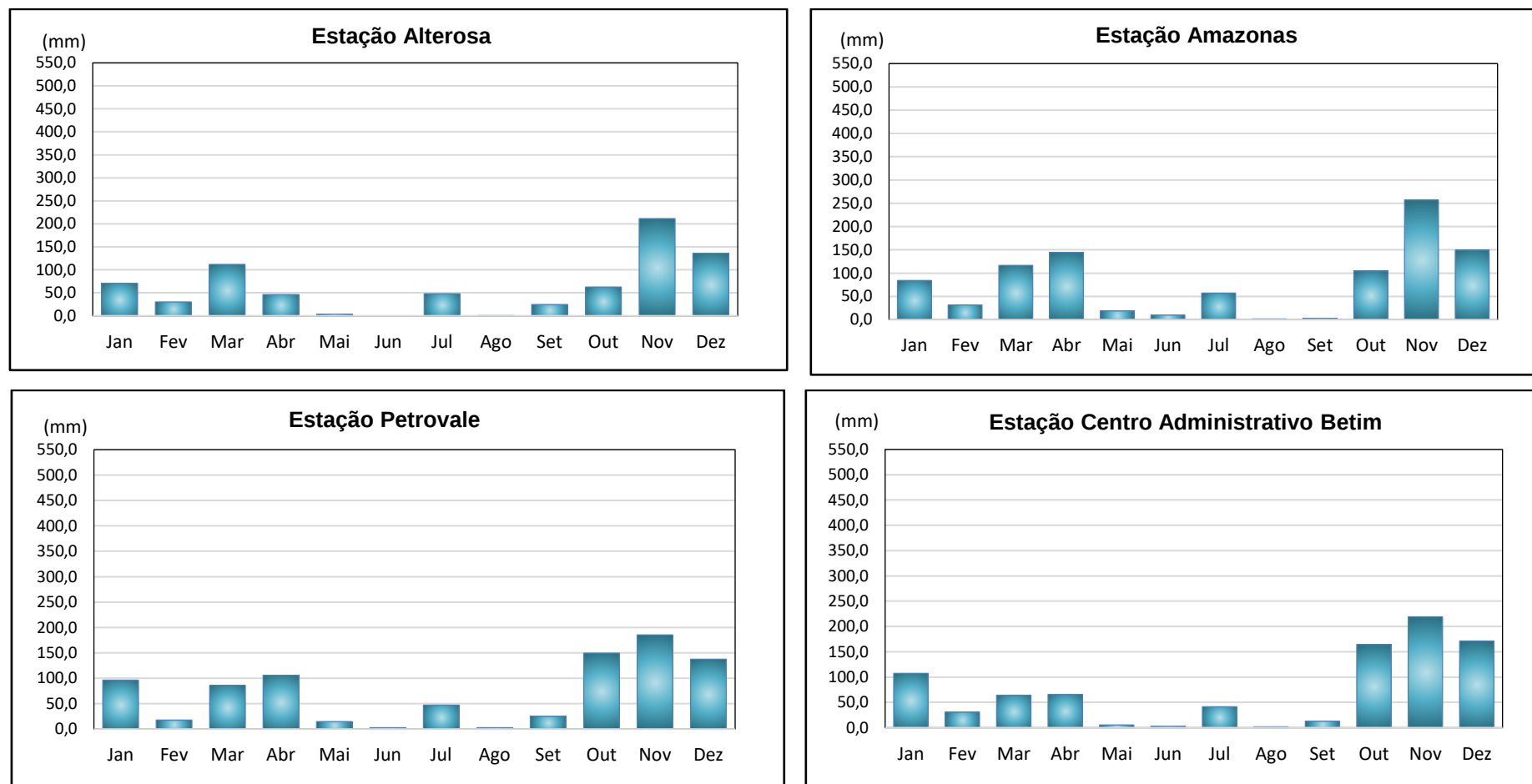
Os valores de precipitação foram obtidos pelas estações automáticas por meio de dados medidos de 15 em 15 minutos e posterior soma dos valores obtidos para a caracterização da precipitação acumulada diária, mensal e anual. Os valores foram adquiridos utilizando um pluviômetro que fornece dados em milímetros (mm) de chuva, sendo que cada 1 mm representa 1 litro de água de chuva por metro quadrado de superfície. Dessa forma, foi possível obter a distribuição das médias mensais, como pode ser observado na Figura 13.

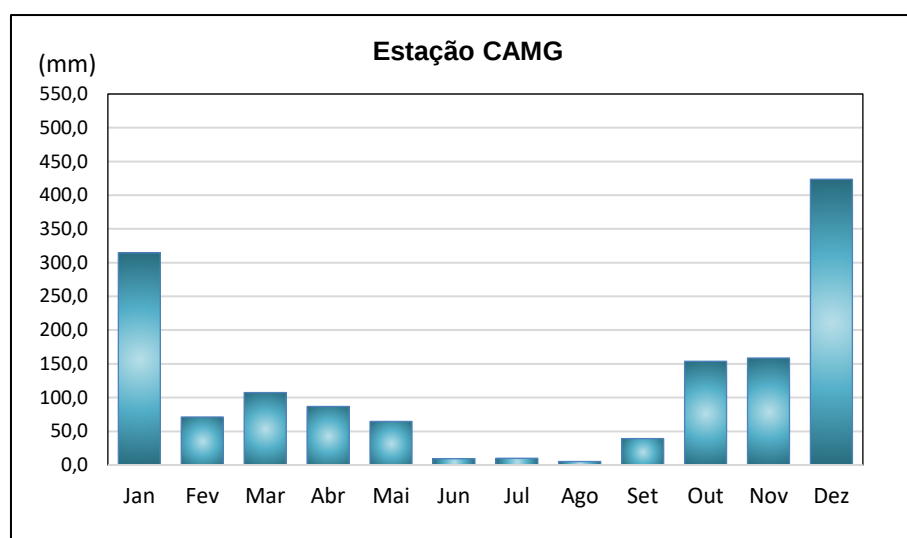
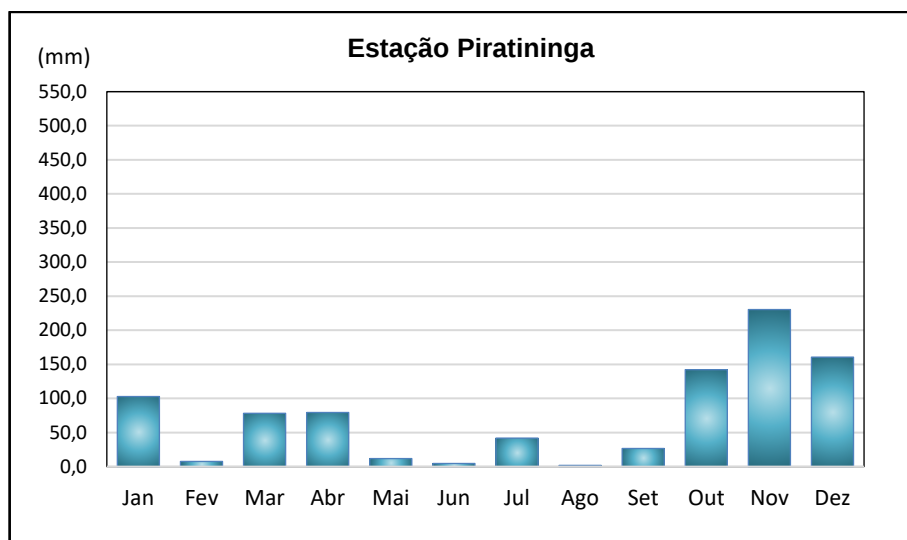
Chama a atenção o fato que o primeiro trimestre de 2014 teve índices pluviométricos, de forma geral, inferiores às médias climatológicas esperadas para toda a Região Sudeste do Brasil. Uma explicação para este acontecimento é a ausência de episódios bem configurados da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) durante fevereiro, devido à presença incomum de vórtices ciclônicos na média e alta troposfera, contribuindo para a escassez de chuva especialmente nas regiões Sudeste e Centro Oeste do país (CETESB, 2015).

Nos gráficos a seguir, as barras em azul representam a precipitação acumulada mensal em milímetros (mm) para as seis estações automáticas da RMBH que efetuaram as medições no ano de 2014. Não houve registros de precipitação na estação Cascata para este ano.



Figura 13: Distribuição da precipitação acumulada para a RMBH em 2014.





Fonte: GESAR/FEAM, 2016

5.2 CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Nos tópicos abaixo serão apresentadas as concentrações de partículas inaláveis (PM_{10}), partículas respiráveis ($PM_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2), hidrocarbonetos totais (HCT), metanos (CH_4) e hidrocarbonetos não-metanos (HCNM).

5.2.1 Partículas Inaláveis (PM_{10})

Das estações que realizaram o monitoramento da qualidade do ar registrando os dados de concentração de PM_{10} na RMBH, duas estações estão situadas no município

de Belo Horizonte (estações Centro Av. do Contorno e CAMG), três em Betim (estações Alterosa, Centro Adm. de Betim e Petrovale) e duas estações em Ibirité (Cascata e Piratininga).

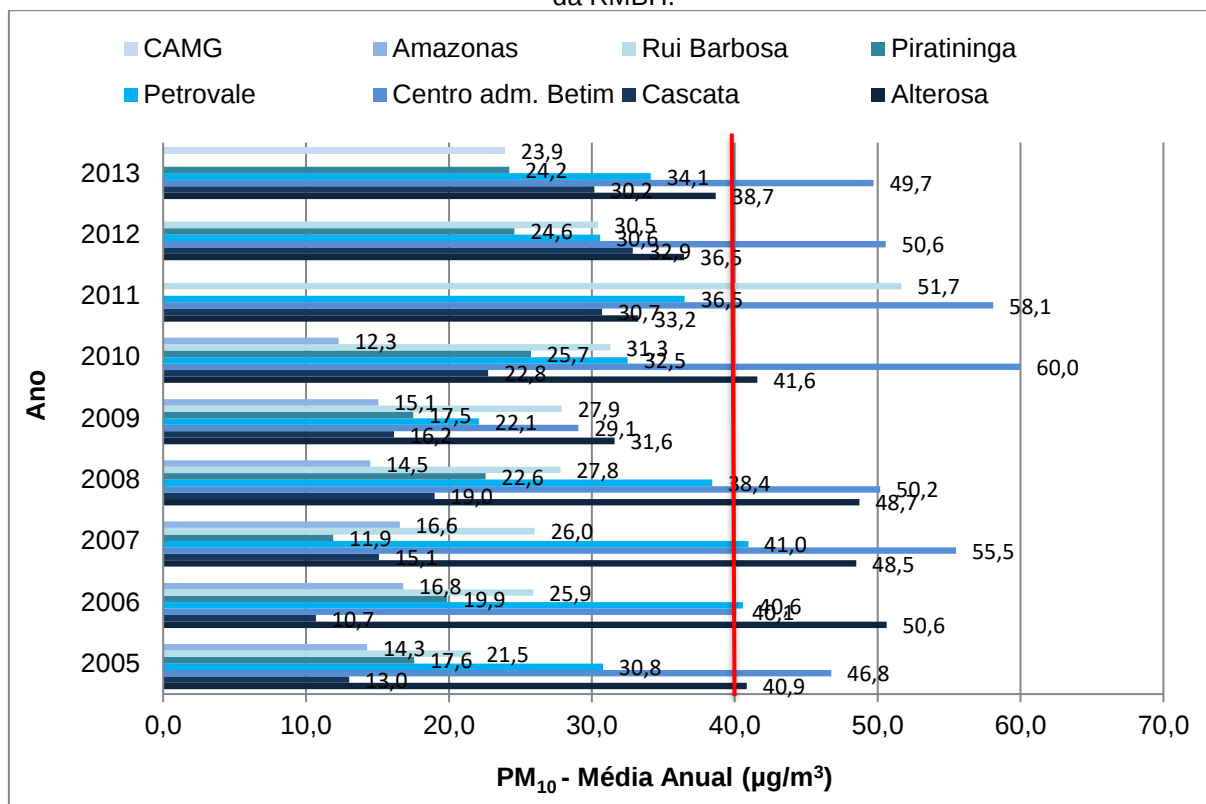
As médias anuais obtidas para partículas inaláveis desde o ano de 2005 podem ser observadas na Figura 14. Observa-se que a estação CAMG foi instalada em setembro de 2012, apresentando dados representativos somente para o anos de 2013 e 2014. Durante o ano de 2011, a estação Piratininga não apresentou os dados de medição, enquanto que entre os anos de 2011 e 2013 a estação Amazonas não apresentou as medições deste poluente. A estação Centro Av. do Contorno não apresentou os dados para o ano de 2013.

A Resolução CONAMA nº 03/1990 determina para as partículas inaláveis que a concentração média aritmética anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (lê-se: cinquenta microgramas por metro cúbico) de ar não deve ser ultrapassada. A estação Centro Administrativo Betim foi a que registrou o maior número de ultrapassagens, sendo cinco no total, referentes aos anos de 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012 (Figura 14).

Para o ano de 2014 não se observa nenhuma ultrapassagem do valor médio de concentração estabelecido em legislação para PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). As maiores médias anuais de PM_{10} foram registradas pelas estações Centro Administrativo de Betim ($49,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Piratininga ($45,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

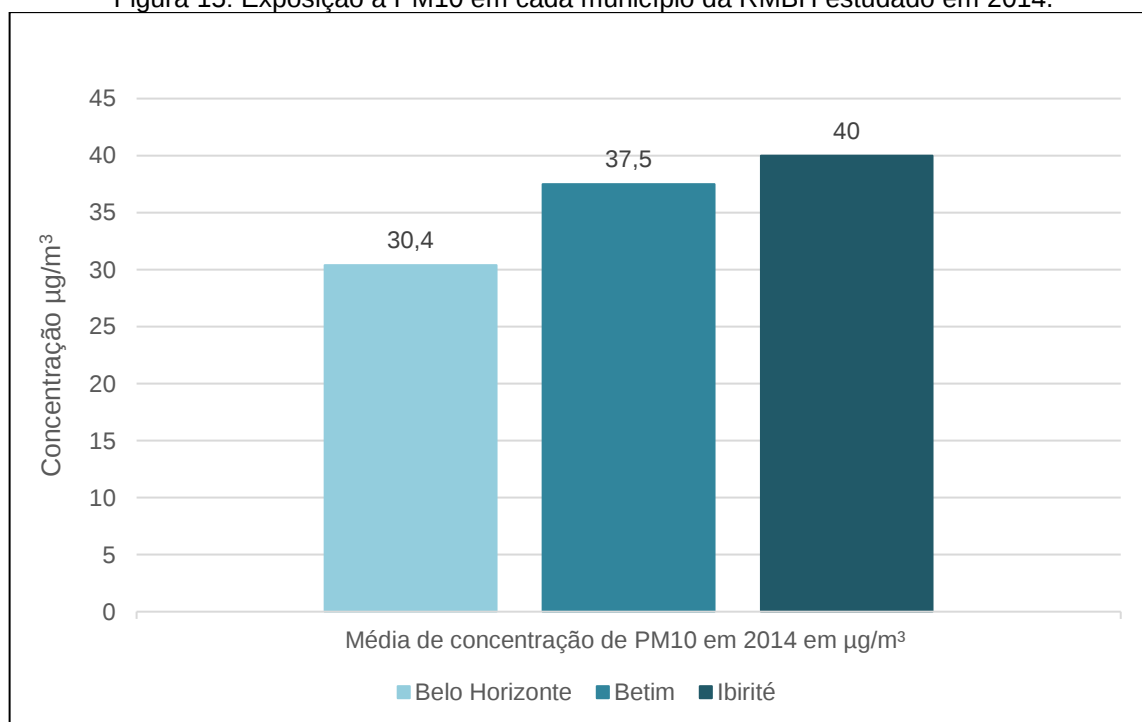
Fazendo uma análise territorial, levando em consideração as médias anuais registradas por cada uma das estações em cada um desses municípios obteve-se os resultados apresentados na Figura 15, na qual percebe-se que Ibirité é o município que possui maior exposição ao poluente PM_{10} .

Figura 14:: Distribuição da concentração média anual de partículas inaláveis (PM10) para as estações da RMBH.



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

Figura 15: Exposição a PM10 em cada município da RMBH estudado em 2014.



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

Ressalta-se que não foi possível realizar essa análise também para o município de Contagem, visto que a estação Amazonas, a única na cidade presente na rede automática de monitoramento, não apresentou dados de concentração de PM_{10} no ano de 2014.

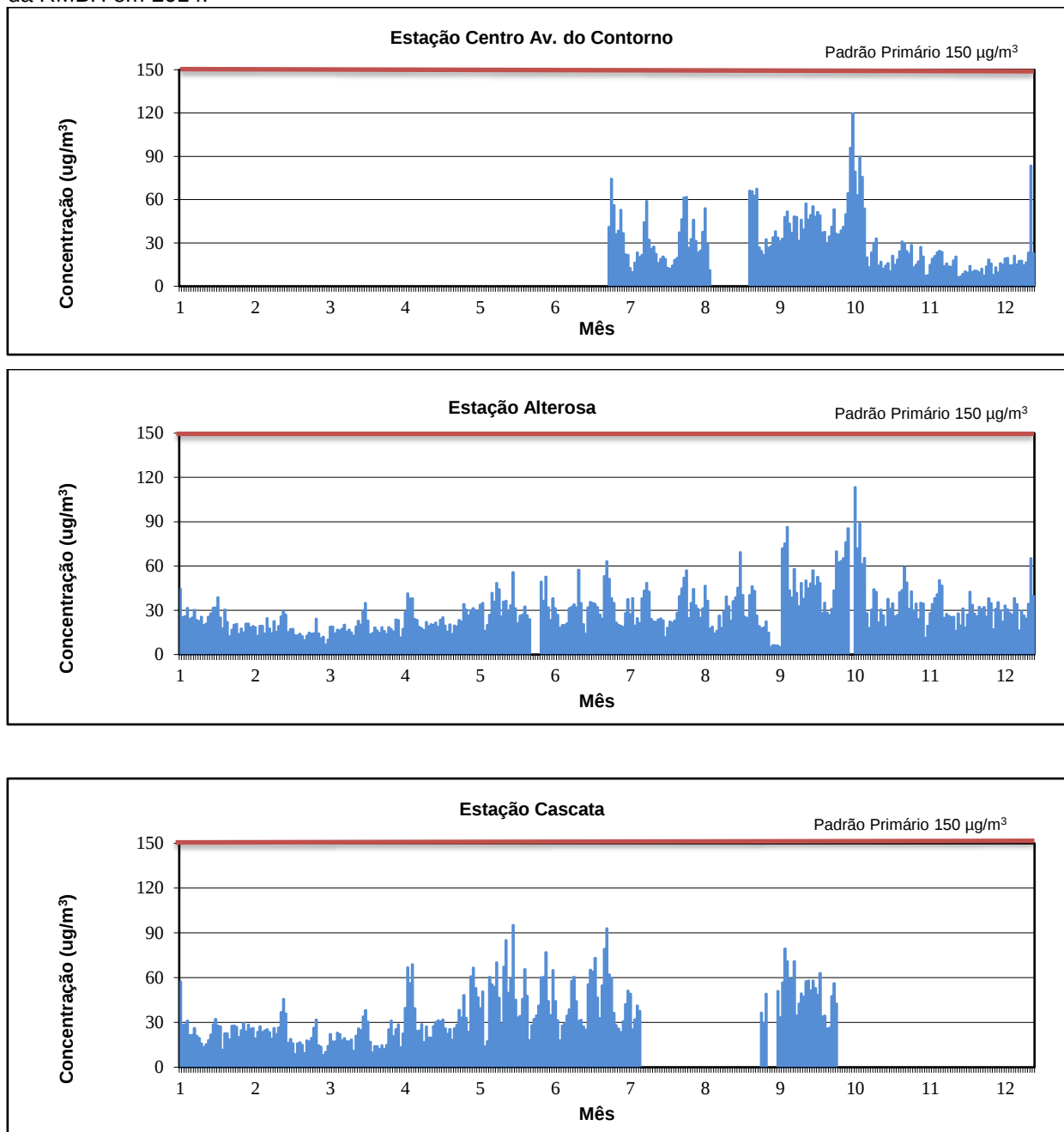
Dos três municípios explicitadas no gráfico da Figura 15, Belo Horizonte é o que possui maior população (2.386.151, IBGE - Dados de 2010) e maior frota de veículos (1.664.487, IBGE – Dados de 2014), porém, é a que tem menor exposição a PM_{10} . Isto deve-se tanto às condições climáticas, ao relevo da região e possivelmente também a menor quantidade de fontes de emissão desse poluente. Como a direção preferencial do vento é no quadrante leste e nordeste, em Belo Horizonte, os ventos fazem com que os poluentes emitidos na cidade sejam dispersados para áreas ao redor. Além disso, as serras que cercam a cidade favorecem a entrada dos ventos, criando “corredores” para a passagem de vento em grande parte da cidade.

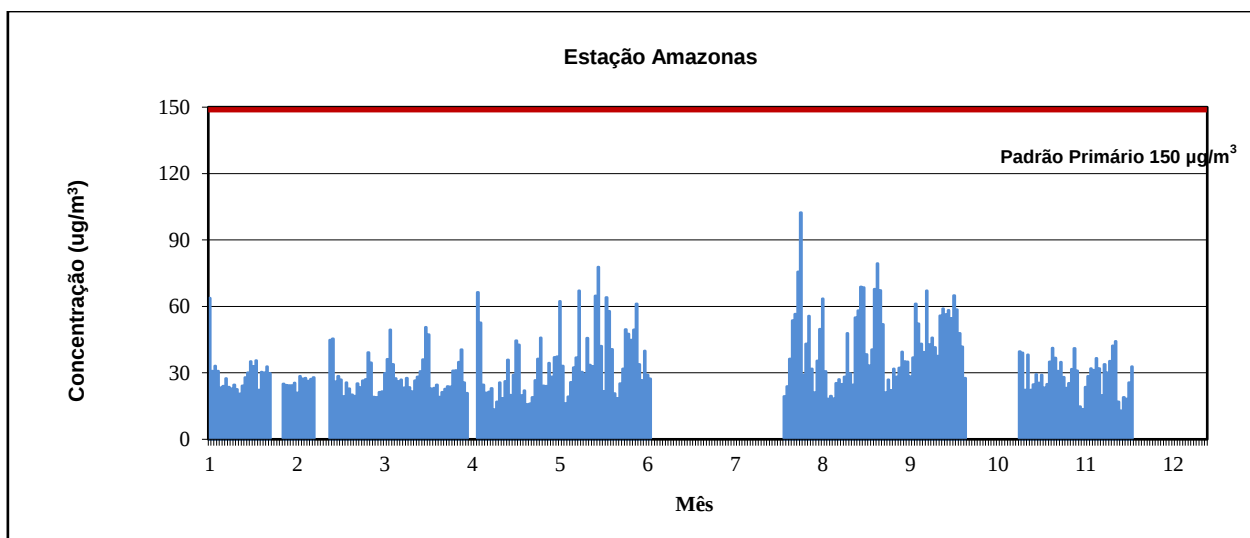
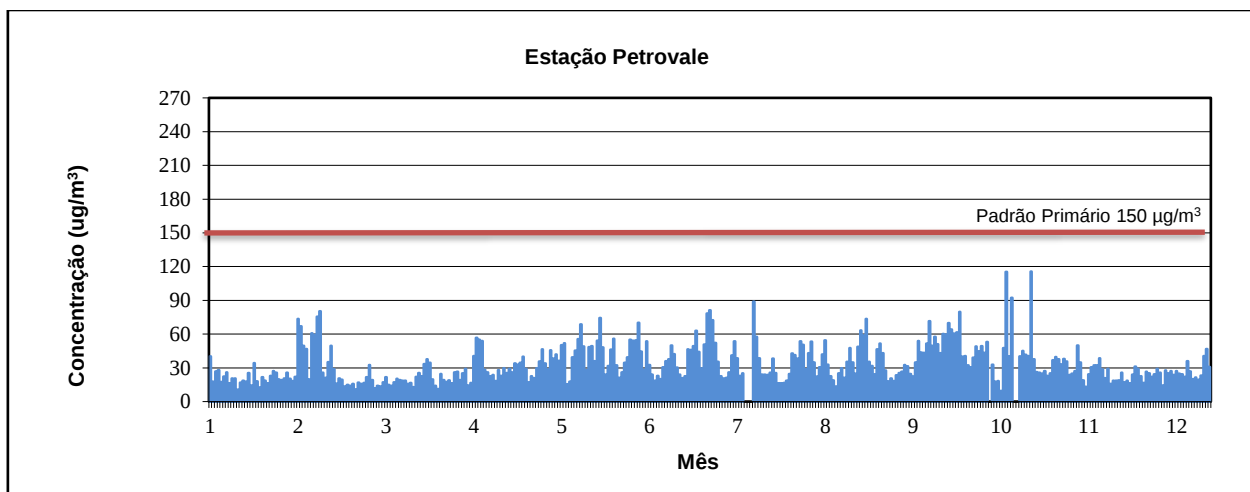
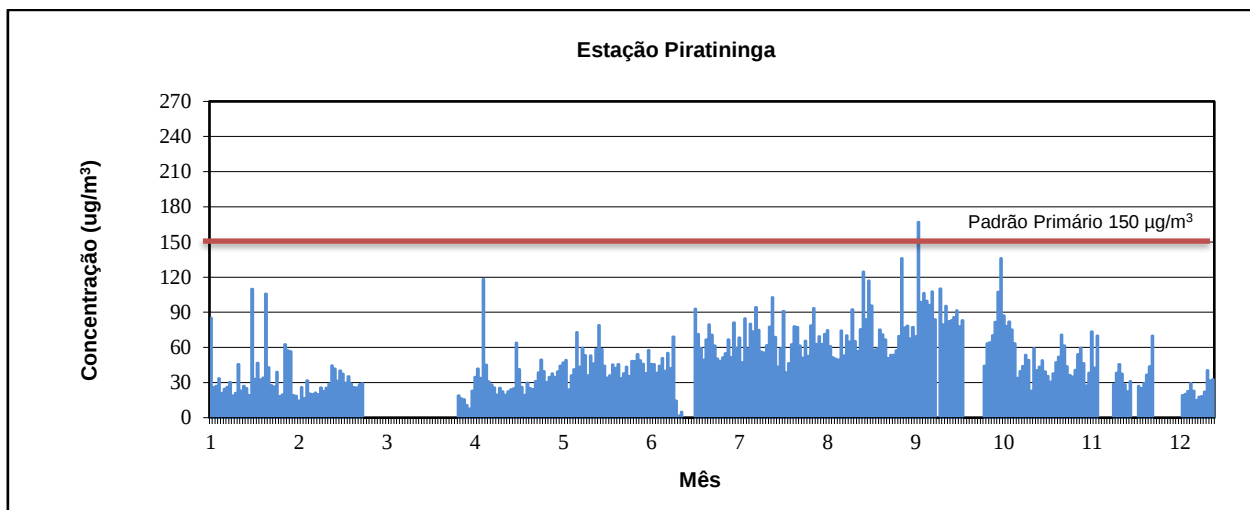
Ademais, Belo Horizonte não possui distritos industriais tais quais Betim possui e assim sendo, este município tem sua população mais exposta aos efeitos de diversos poluentes, inclusive o PM_{10} . O mesmo acontece no município de Ibirité, que é o que mais se expõe a este poluente, pois, os ventos que passam por Belo Horizonte e carregam os poluentes emitidos neste município são dispersados em toda região ao redor, carregando também os poluentes emitidos em Betim, comprometendo ainda mais a qualidade do ar no município de Ibirité, que recebe maior carga poluidora.

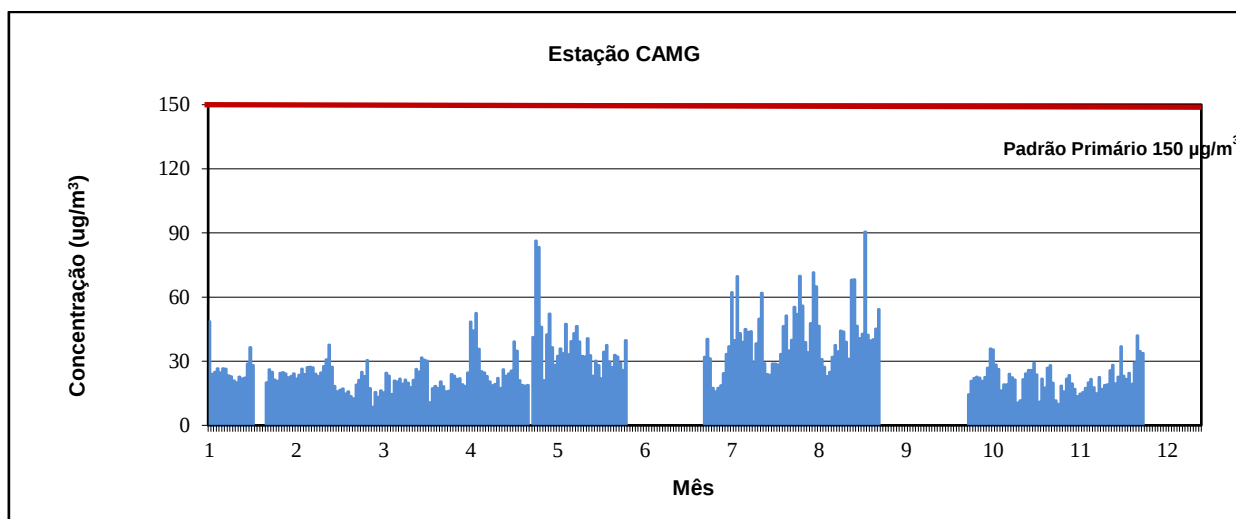
Em se tratando de padrão diário, de acordo com a Resolução CONAMA nº 03/1990, a concentração média permitida para esse poluente é de $150 \mu g/m^3$ para 24 horas, que não deve ser excedida por mais de uma vez ao ano.

Os gráficos abaixo (Figura 16) apresentam a concentração diária de partículas inaláveis para as seis estações da RMBH que realizaram o monitoramento desse poluente ao longo do ano de 2014.

Figura 16: Distribuição da concentração média diária de partículas inaláveis (PM₁₀) para as estações da RMBH em 2014.







Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

Considerando os gráficos acima, observa-se que as estações Centro Administrativo Betim e Piratininga registraram ultrapassagens dos níveis de medições determinados pela legislação como padrão primário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). As estações Centro da Av. do Contorno, Alterosa e Petrovale registraram altas concentrações deste poluente, majoritariamente em outubro, devido, basicamente, às condições meteorológicas deste mês, tais como baixa umidade relativa do ar associadas às altas temperaturas registrada no mesmo período. Devido a este estado de criticidade climatológica, a maior concentração de partículas em suspensão foi proporcionada em grande parte por queimadas registradas nesse período.

Em 2014, todas as estações apresentaram falhas no registro de dados de concentração de partículas inaláveis, sendo que algumas tiveram maiores omissões de dados do que outras. A estação Centro Av. do Contorno não registrou dados de PM_{10} durante todo o primeiro semestre de 2014, apresentando ainda falhas em agosto. Já a estação Cascata apresentou dados regularmente até o início do mês de julho, porém não registrou os dados de PM_{10} até o mês de setembro. A partir de outubro, nota-se mais omissões de dados até o fim do ano. Dessa forma, estas estações não atingiram o mínimo de representatividade anual de 75%.

A estação Piratininga não registrou as concentrações deste poluente entre o fim de fevereiro e quase todo mês de março de 2014, tendo ainda omissões pontuais ao longo do ano. Já as estações Alterosa e Petrovale, apresentaram os dados de PM_{10}

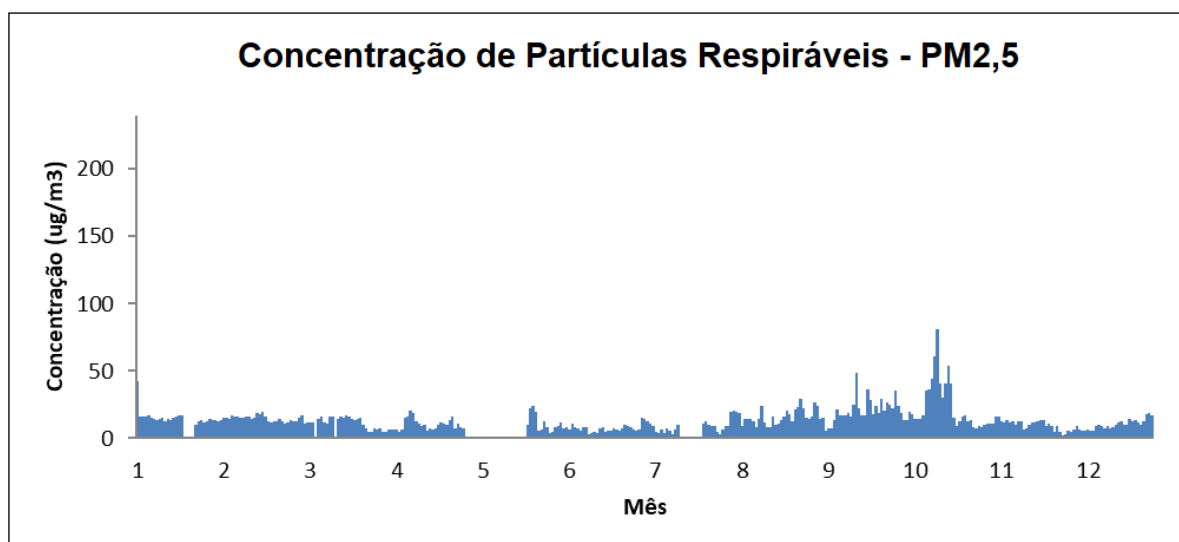
com maior regularidade, ocorrendo ausência de dados pontualmente ao longo do ano estudado.

As concentrações diárias de PM_{10} apresentaram-se elevadas durante o período seco de 2014, compreendido entre os meses de agosto a outubro, em que se observa a maior incidência de picos de concentração ao longo destes meses. Atipicamente, é possível observar o registro de altas concentrações de PM_{10} nos meses de janeiro e fevereiro em algumas estações. Isto deve-se aos baixos índices pluviométricos registrados neste período em 2014, fato que também dificultou a dissolução deste poluente na atmosfera.

5.2.2 Partículas Respiráveis ($PM_{2,5}$)

Para a RMBH somente a estação Cidade Administrativa (CAMG) realizou o monitoramento para a obtenção das concentrações de partículas respiráveis ($PM_{2,5}$) para o ano de 2014, como pode ser observado na Figura 17. A Resolução CONAMA nº 03/1990 não determina padrões de qualidade do ar para $PM_{2,5}$.

Figura 17: Distribuição da concentração média diária de partículas respiráveis ($PM_{2,5}$) para a estação Cidade Adimistrativa em 2014.



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

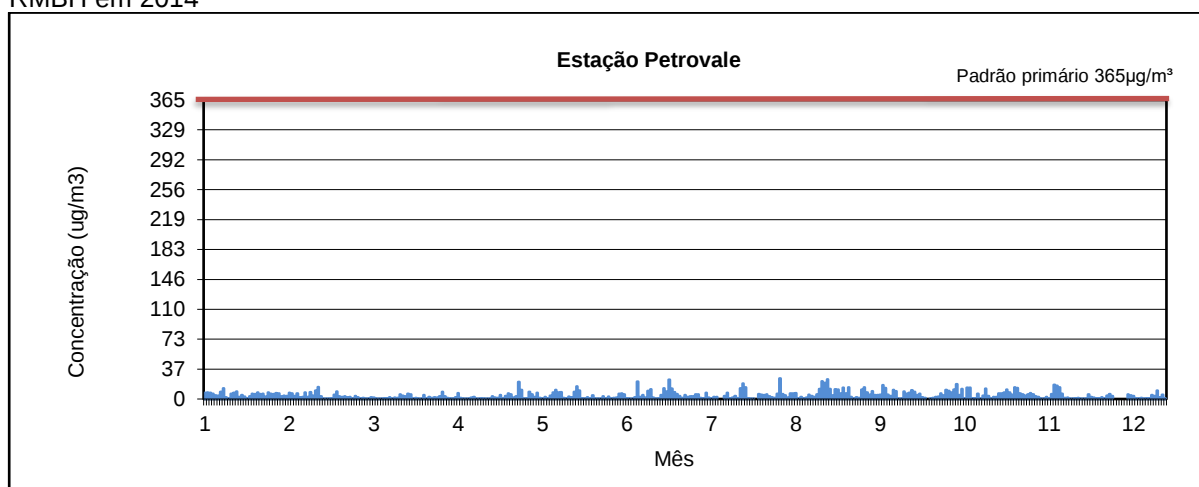
5.2.3 Dióxido de enxofre (SO₂)

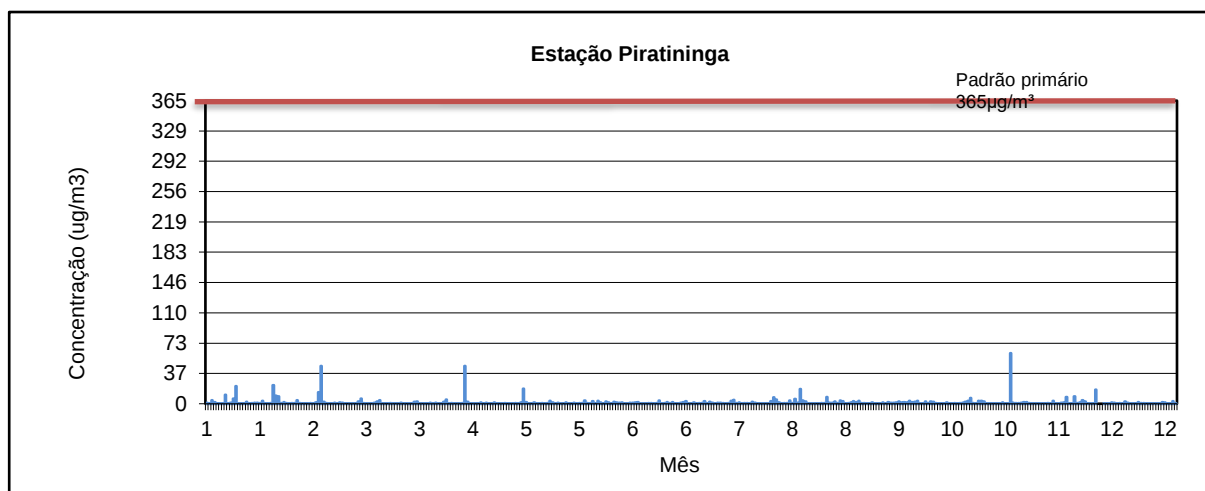
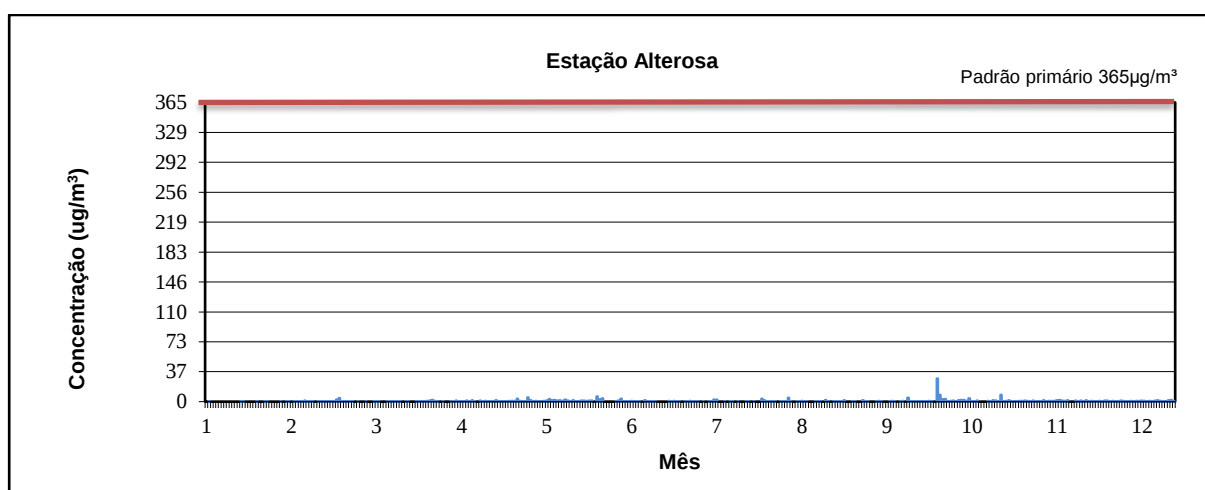
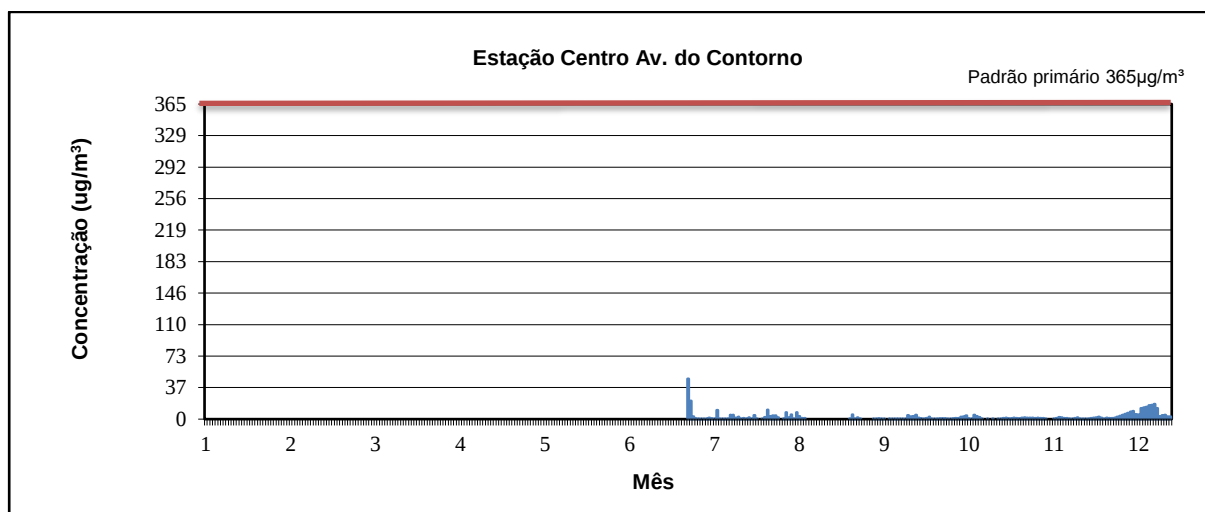
A Resolução CONAMA nº 03/1990 estabelece a concentração máxima permitida para SO₂ no ar atmosférico, definindo o padrão primário com o limite diário máximo de 365µg/m³ de SO₂, sendo que esse valor não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano. Os gráficos dispostos na Figura 18 expõem os valores médios totais registrados para o ano de 2014.

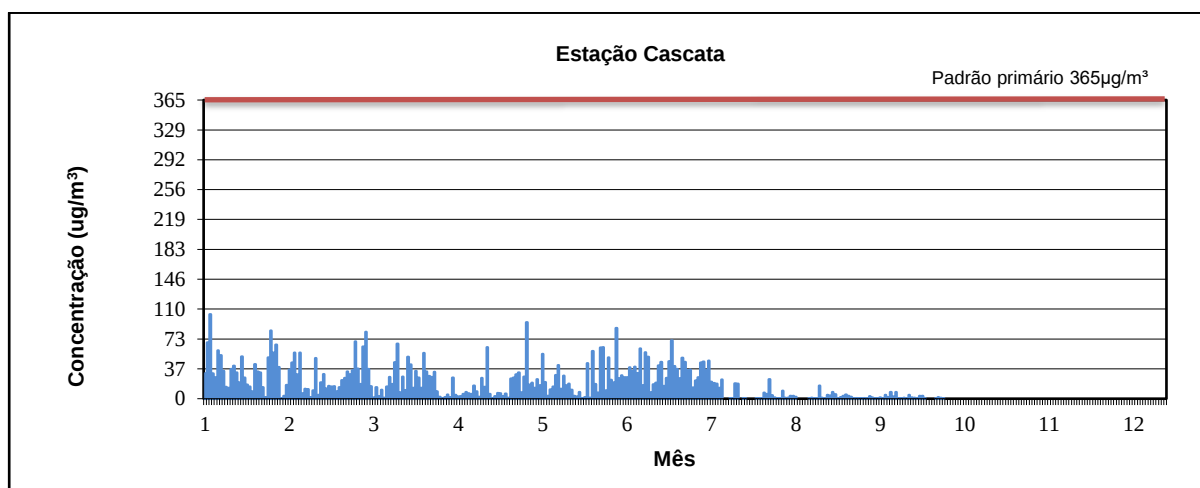
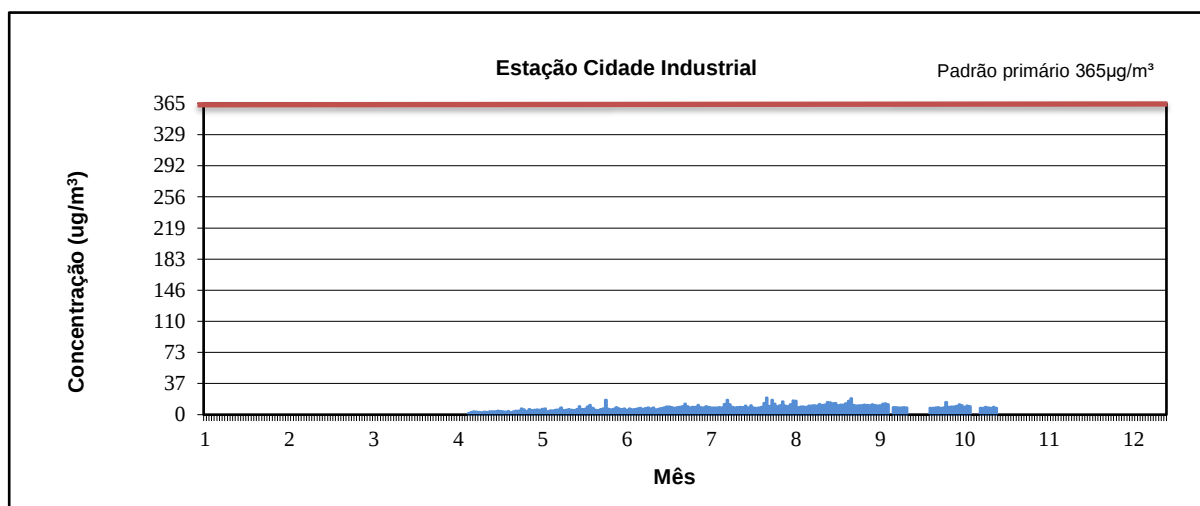
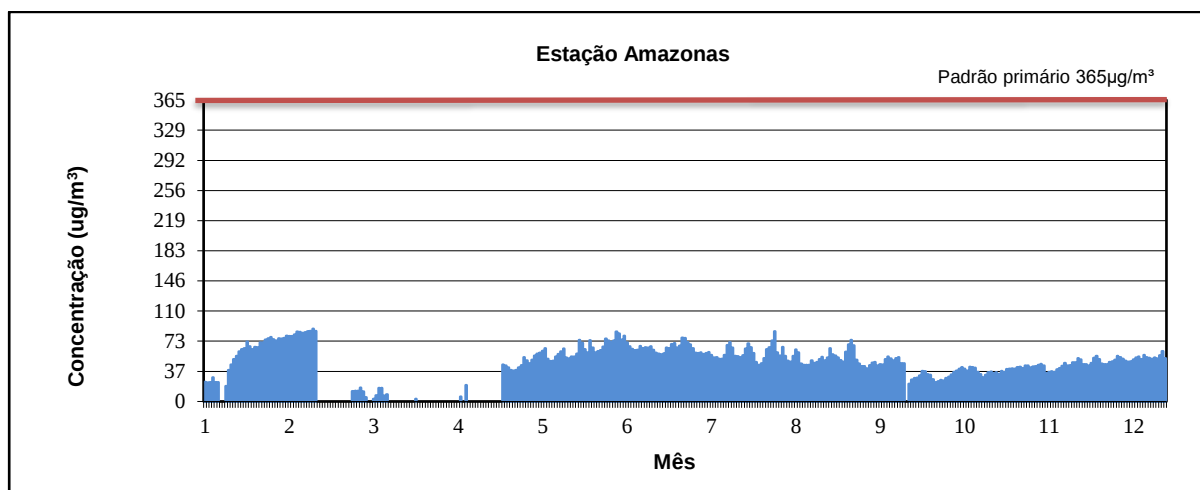
Nota-se que durante o ano de 2014 não foram registradas ultrapassagens do limite estabelecido pela Resolução supracitada para nenhuma das estações. Assim como no ano anterior, a estação Cascata apresentou as concentrações mais elevadas de SO₂ durante o ano de 2014. No entanto, outra estação com destaque para valores mais altos é a estação Amazonas, o que nesse caso pode ser justificado tanto pelos fatores meteorológicos quanto por emissões veiculares, uma vez que trata-se de uma área central com grande fluxo de veículos.

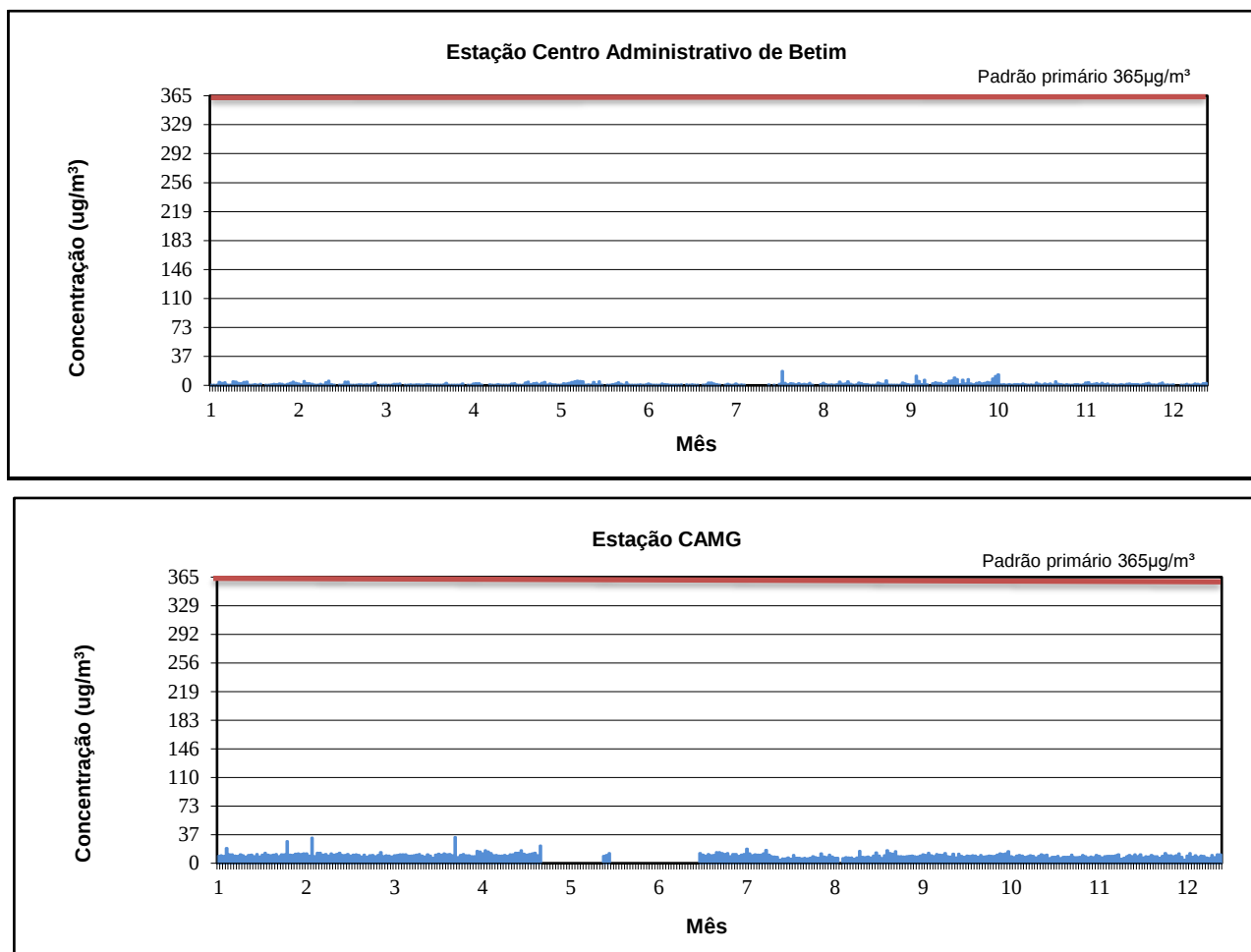
Já a estação Centro Av. do Contorno não apresentou dados de concentração de SO₂ durante todo o primeiro semestre de 2014. Dessa forma, não atingiu o mínimo de representatividade anual de 75%, assim como a estação Cidade Industrial que teve longos períodos de omissão de dados durante 2014 e a estação Cascata que teve dados omissos de outubro a dezembro do ano estudado.

Figura 18: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO₂) para as estações da RMBH em 2014







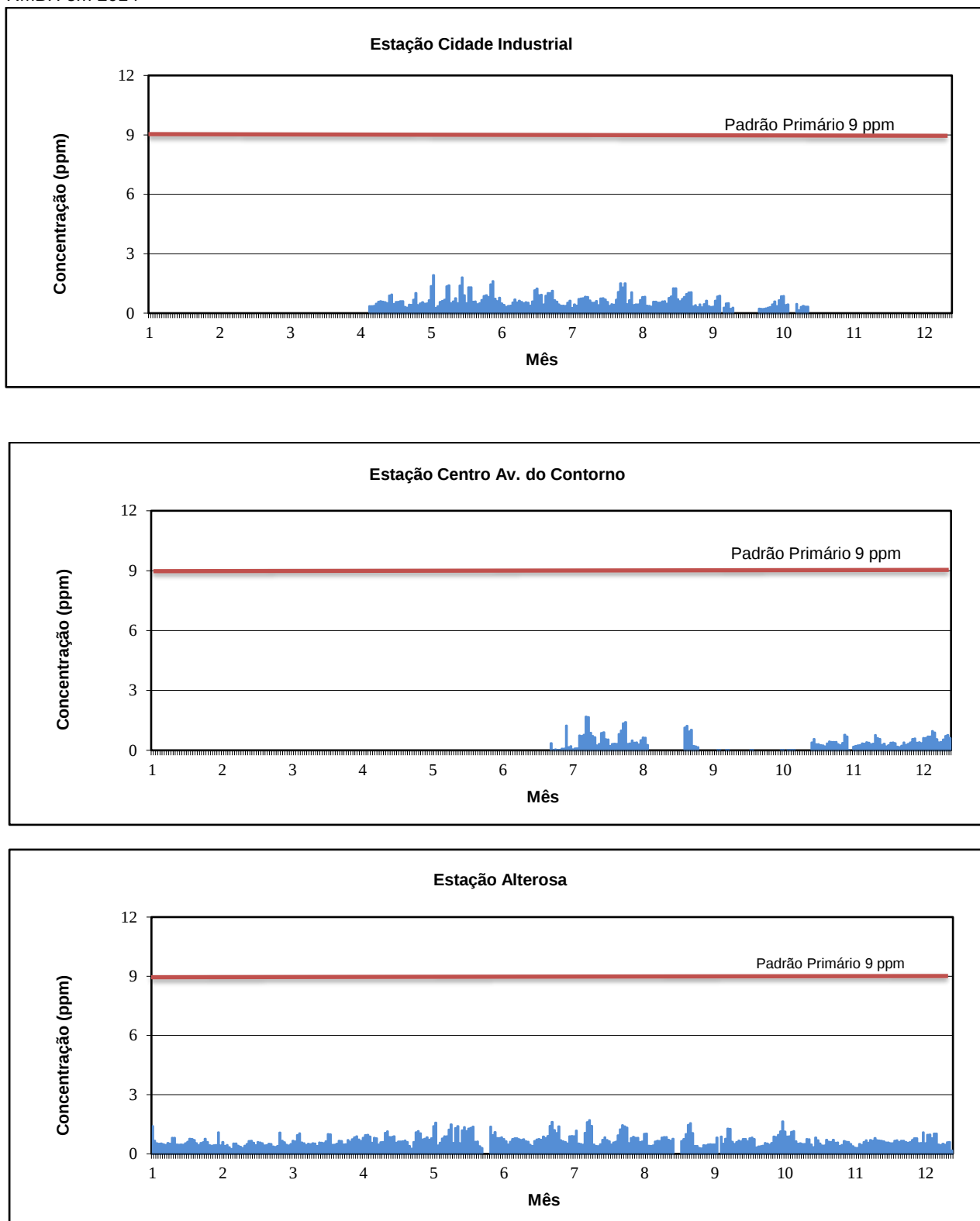


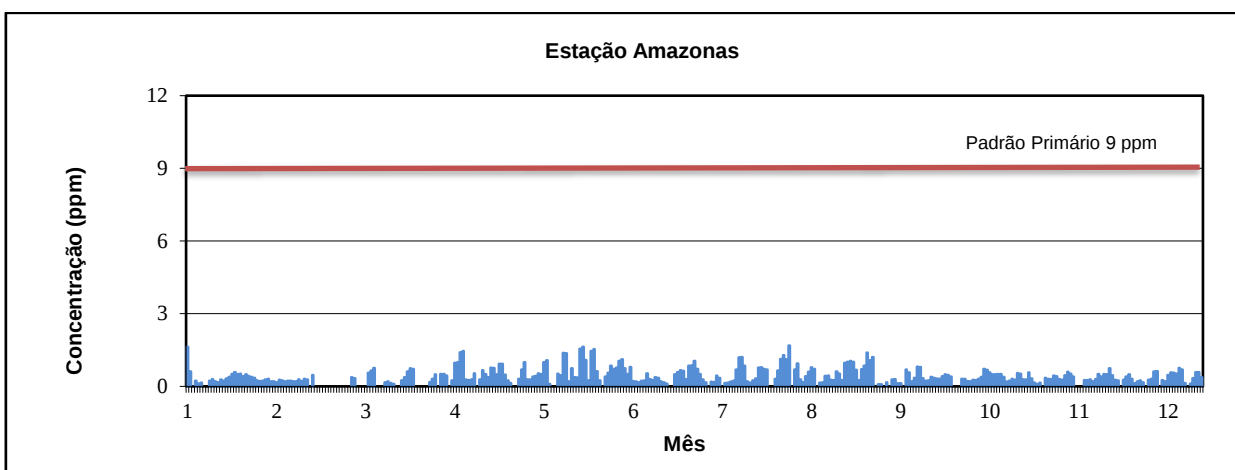
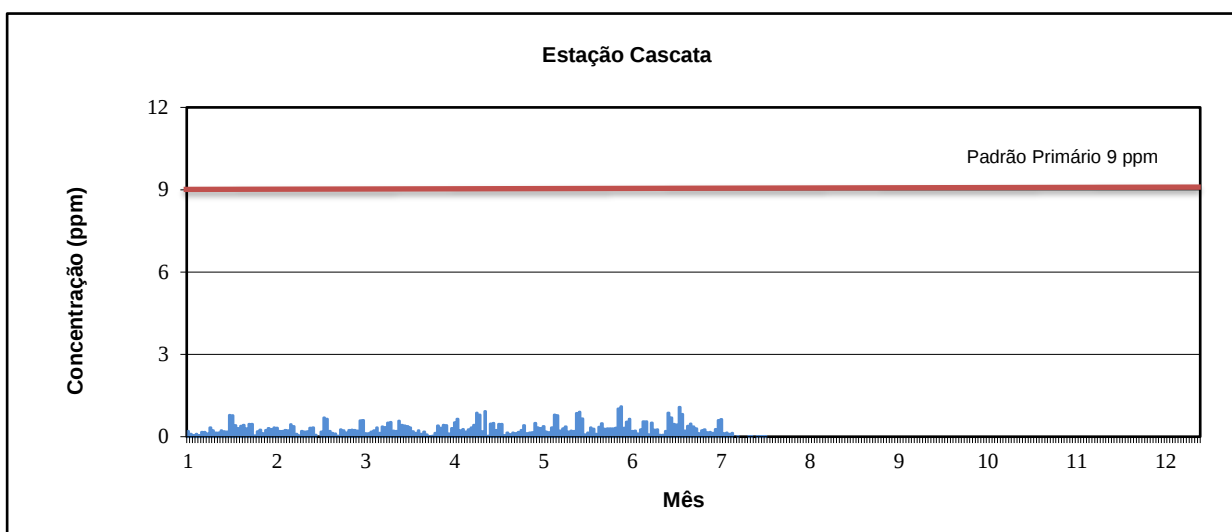
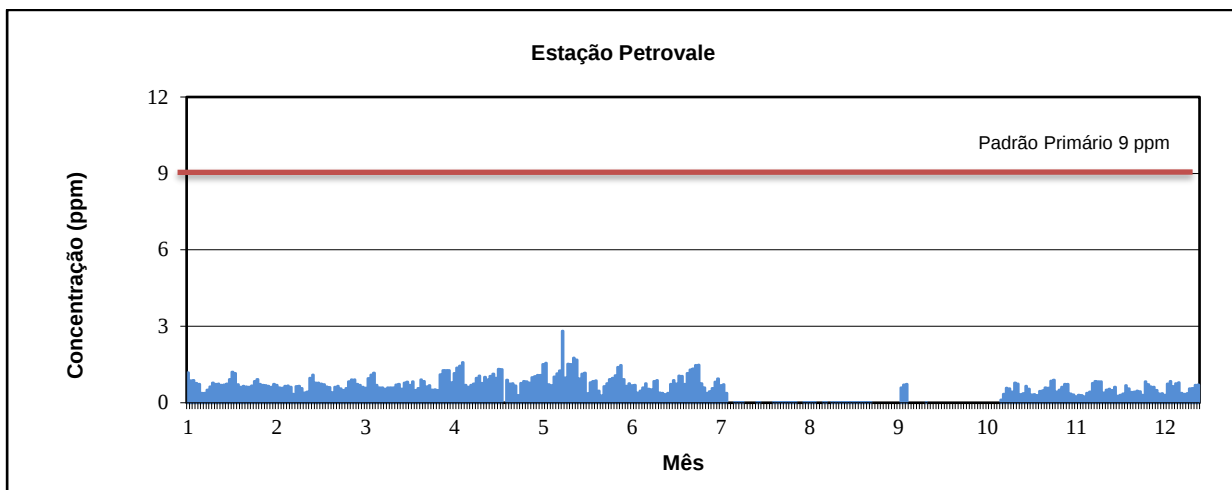
Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2016.

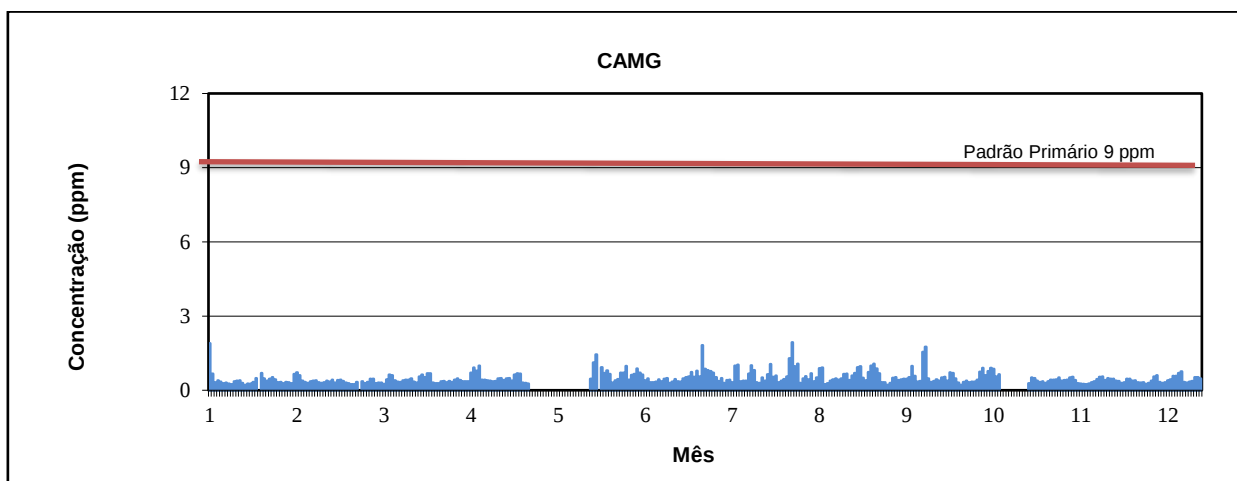
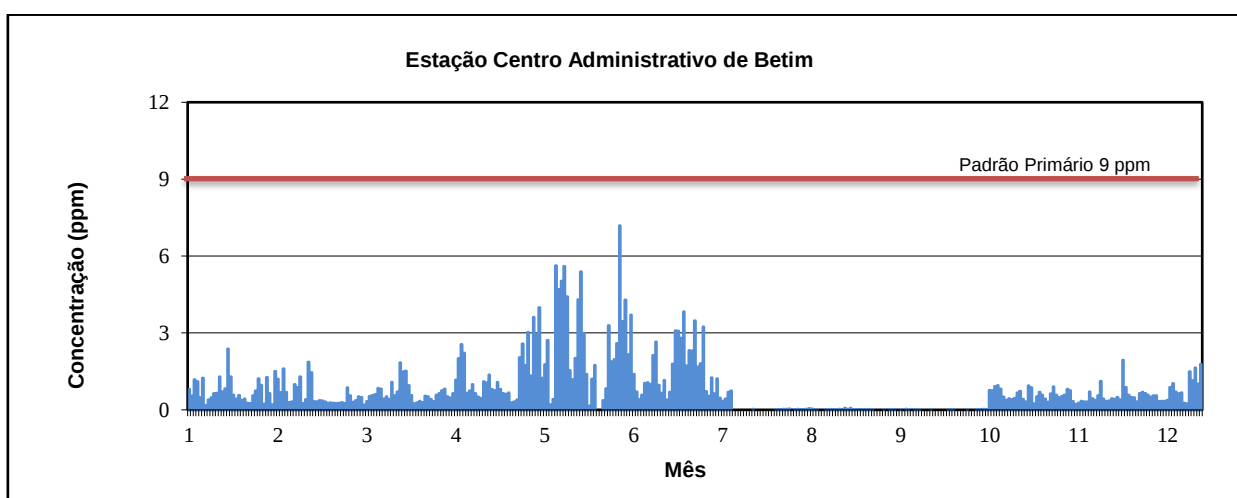
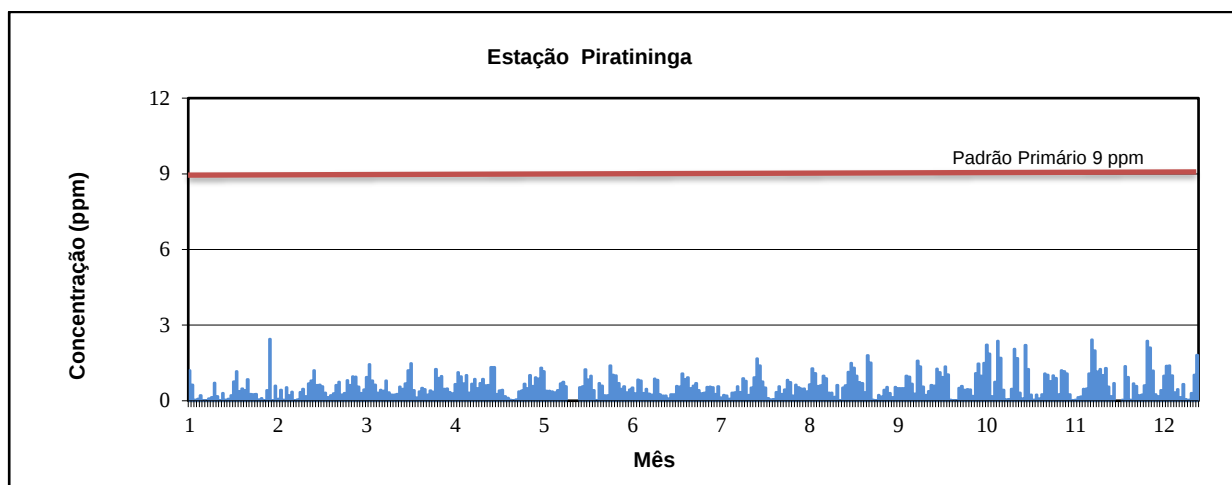
5.2.4 Monóxido de Carbono (CO)

A Resolução CONAMA nº 03/1990 estabelece o limite máximo para a concentração de monóxido de carbono como 9 ppm para a concentração média de 8 horas e 35 ppm para a concentração média de 1 hora, sendo que ambas não devem ser excedidas mais de uma vez ao ano. A Figura 19 apresenta a distribuição média diária de concentração de CO para o ano de 2014.

Figura 19: Distribuição da concentração média de 8 horas de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2014







Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

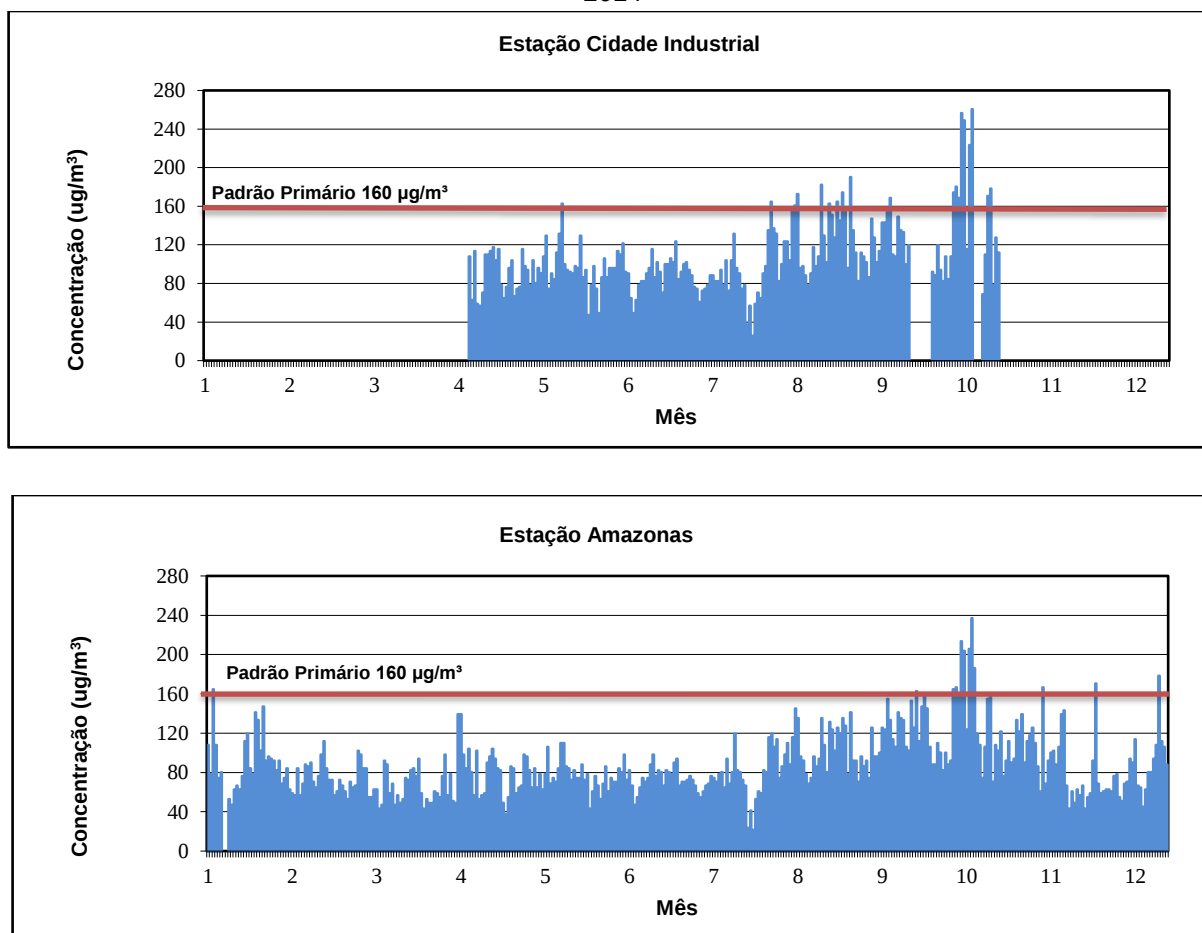
A partir dos gráficos apresentados, verifica-se que durante o ano de 2014 não foram registradas ultrapassagens para os padrões estabelecidos na legislação vigente para CO. Observa-se que apenas a estação Centro administrativo de Betim registrou concentrações maiores que 3 ppm, sendo estes registros correspondentes aos meses de maio a julho.

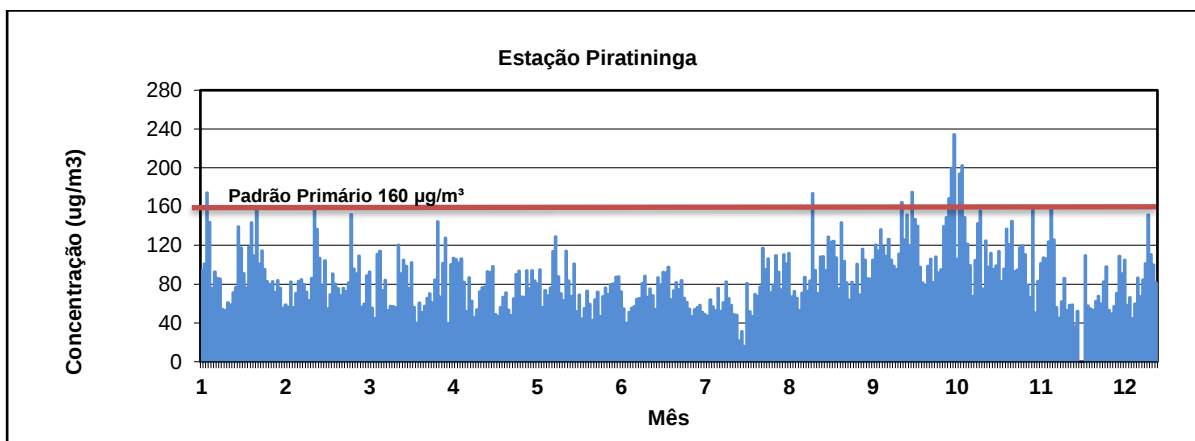
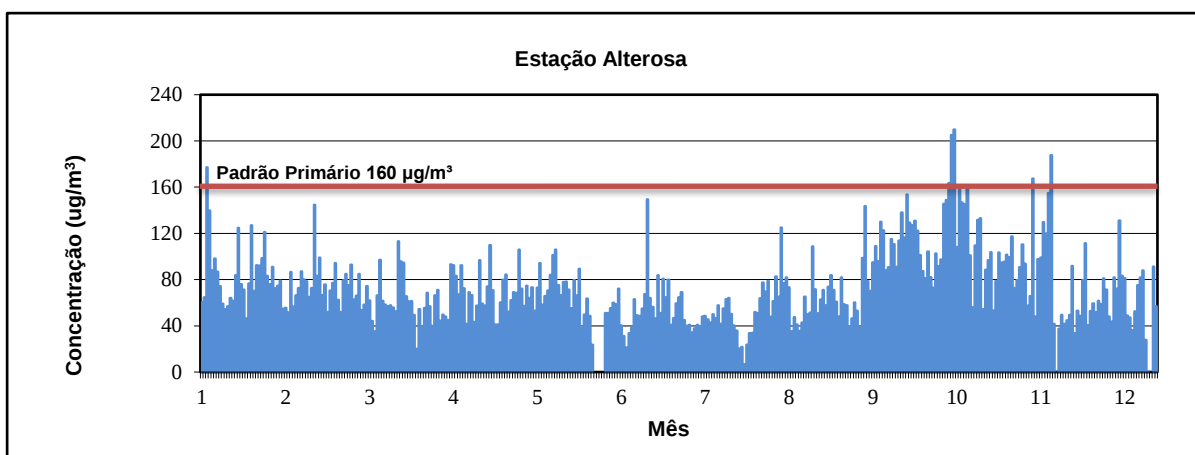
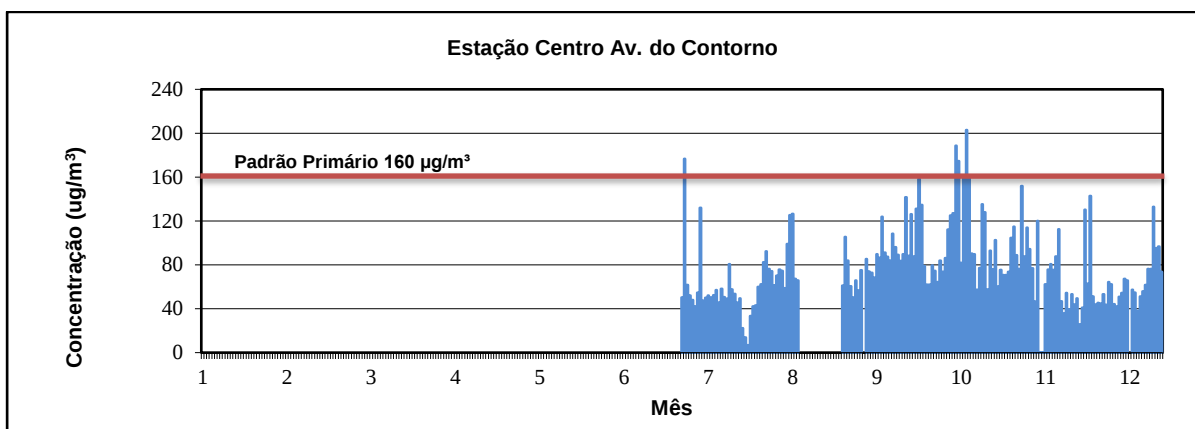
As estações Centro Av. do Contorno e Cidade Industrial apresentaram longos períodos com dados omissos durante o ano de 2014. O mesmo aconteceu para a estação Cascata que apresentou dados regularmente até o mês de agosto, não registrando os dados de emissão de CO durante todo o resto de 2014. Dessa maneira, essas estações não obtiveram a porcentagem mínima de representatividade anual de 75%.

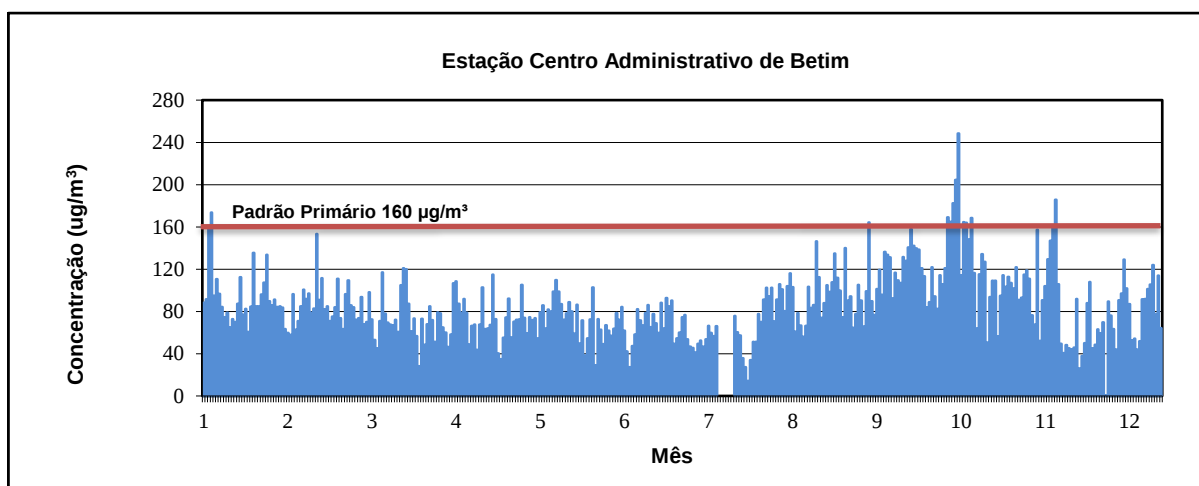
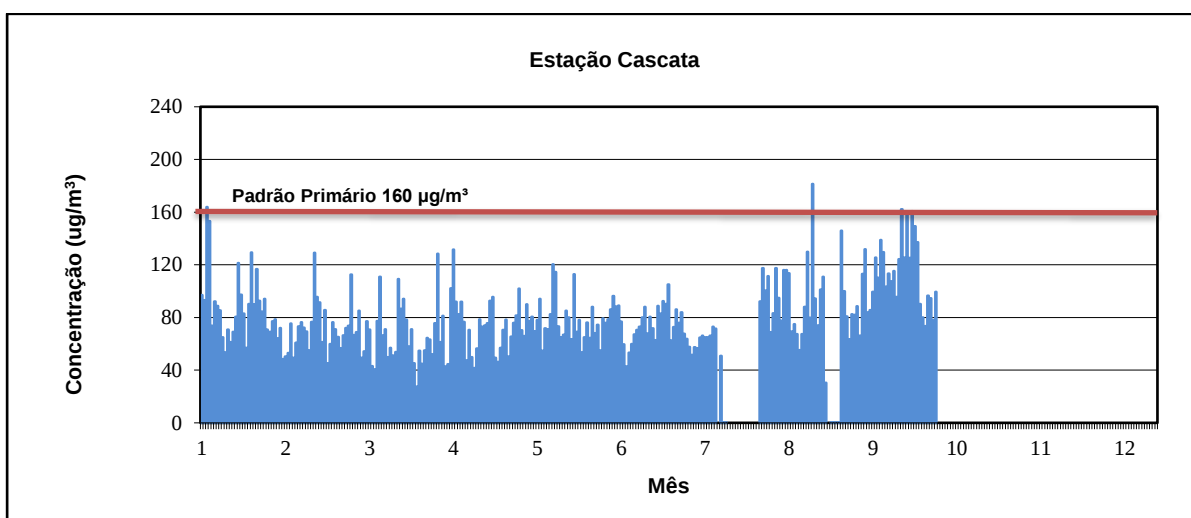
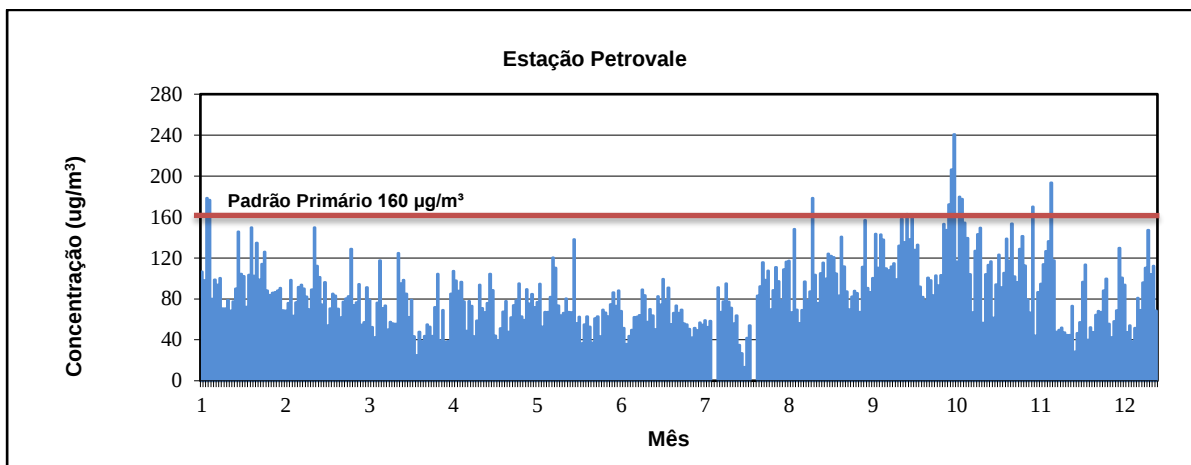
5.2.5 Ozônio (O_3)

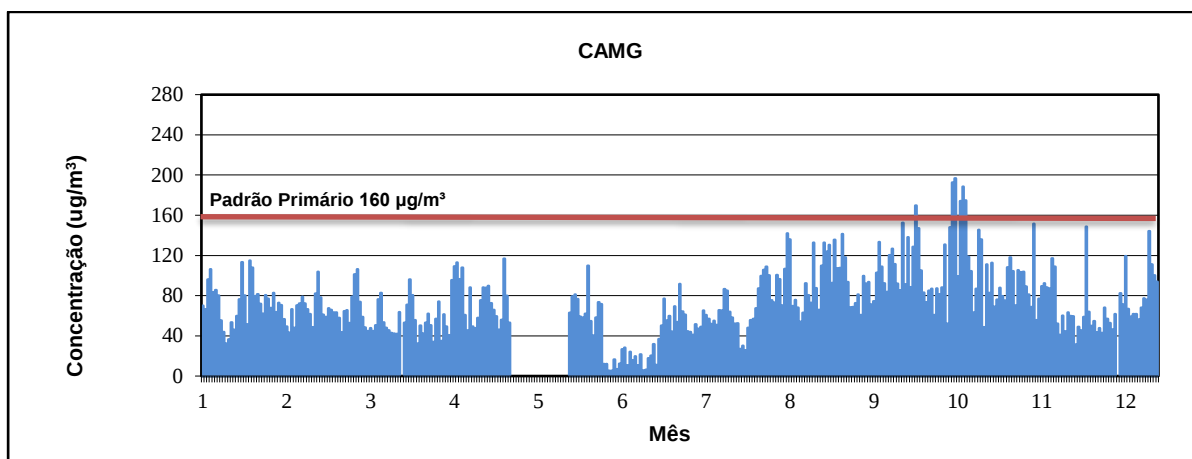
A concentração diária de O_3 é definida a partir da maior média horária registrada no dia. A Resolução CONAMA nº 03/1990, estabelece como padrão primário o valor de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que não deve ser excedido mais de uma vez por ano. A Figura 20 apresenta as concentrações médias diárias obtidas para 2014.

Figura 20: Distribuição da concentração média diária de Ozônio (O_3) para as estações da RMBH em 2014









Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2016.

Por meio dos gráficos apresentados na Figura 20, observa-se que todas as estações registraram ultrapassagens para o parâmetro ozônio durante algum período do ano de 2014.

A estação Centro Av. do Contorno não apresentou dados durante todo o primeiro semestre do ano, não alcançando assim a representatividade mínima de 75% dos dados para o período de 1 ano. Os maiores registros de concentração de ozônio aferidos por esta estação foram nos meses de julho e posteriormente em setembro, crescendo até outubro, mês em que houve registros superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Já a estação Cidade Industrial, teve dados omissos até meados de abril, sendo que a primeira ultrapassagem do padrão primário para ozônio foi registrada em maio. A concentração deste parâmetro decresceu até meados de agosto, quando as emissões registradas foram maiores e continuaram a crescer até registrar o maior valor em outubro, $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A estação apresentou mais dois meses de dados omissos no fim no ano estudado, entre novembro e dezembro.

A estação Alterosa apresentou maior continuidade em registros de dados, não havendo grandes períodos de omissão. Os maiores registros de concentração de ozônio foram nos meses de janeiro, outubro e novembro, em que houve registros de concentração superiores ao padrão primário estabelecido. A concentração máxima registrada pela estação foi $209,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no mês de outubro.

Semelhantemente na estação Amazonas não houve grandes omissões de dados. As ultrapassagens aconteceram nos meses de janeiro e posteriormente, a partir de setembro até dezembro, observou-se concentrações superiores a $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tendo máxima concentração registrada em outubro, $237,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A estação Cascata apresentou longos períodos de omissão de dados durante o segundo semestre de 2014, não obtendo a porcentagem mínima de representatividade anual de 75%. As primeiras ultrapassagens ao padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA nº 03/1990 ocorreram no mês de janeiro. As outras ultrapassagens foram registradas somente no segundo semestre, nos meses de agosto e setembro. A máxima concentração registrada foi $181,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrada em agosto.

A estação Petrovale, por sua vez, não apresentou longos períodos de omissão de dados. Os períodos em que ocorreram ultrapassagens são coincidentes às demais estações, sendo em janeiro e posteriormente em agosto até meados de novembro, sendo que em outubro a estação registrou a maior ultrapassagem, com concentração de $240,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Semelhantemente ocorreu na estação Centro Administrativo de Betim que apresentou praticamente os mesmos períodos de ultrapassagens e a máxima ultrapassagem também foi registrada em outubro, cujo valor aferido foi de $248,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Já a estação CAMG, teve dados omissos no mês de Março, sendo que a primeira ultrapassagem do padrão primário para ozônio foi registrada em Outubro com valor $192,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por fim, estação Piratininga apresentou ultrapassagens ao padrão primário de ozônio durante os meses de janeiro a meados de março. Novas ultrapassagens foram registradas de agosto a meados de novembro, ocorrendo em outubro a maior ultrapassagem, $234,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como observado nos gráficos, as ultrapassagens ocorreram, majoritariamente, entre os meses de agosto e novembro. Este período foi o mais quente e seco do ano de



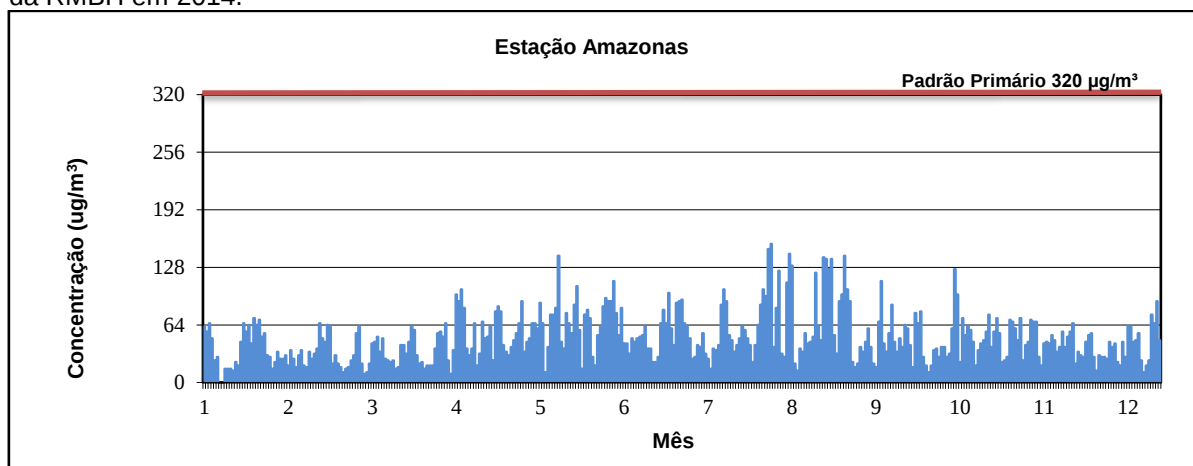
2014, apresentando temperaturas máximas superiores aos valores médios que ocorrem neste período na RMBH. Por conseguinte, foi também o período de maior radiação solar incidente e como a formação de ozônio é dependente desta, obteve-se também maiores concentrações deste poluente.

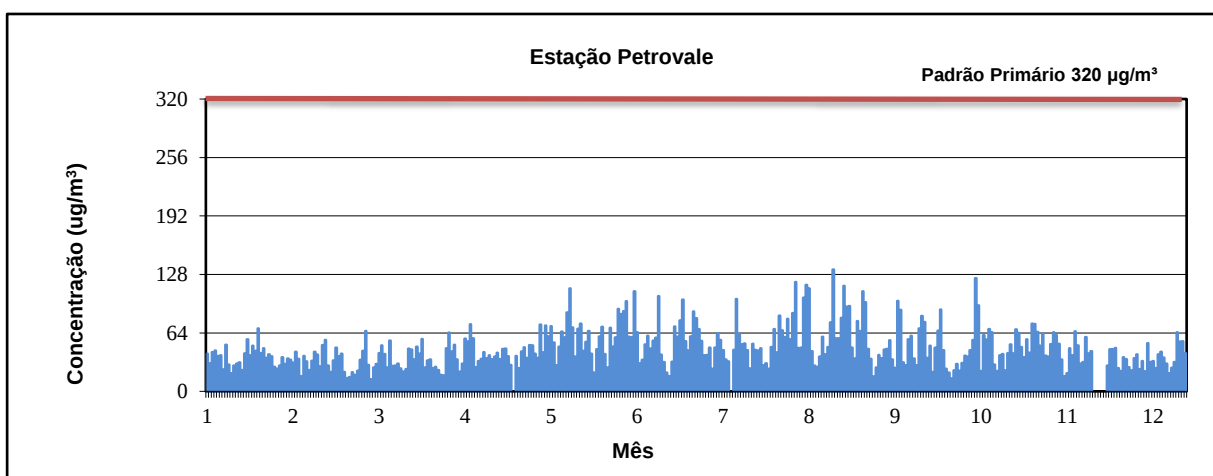
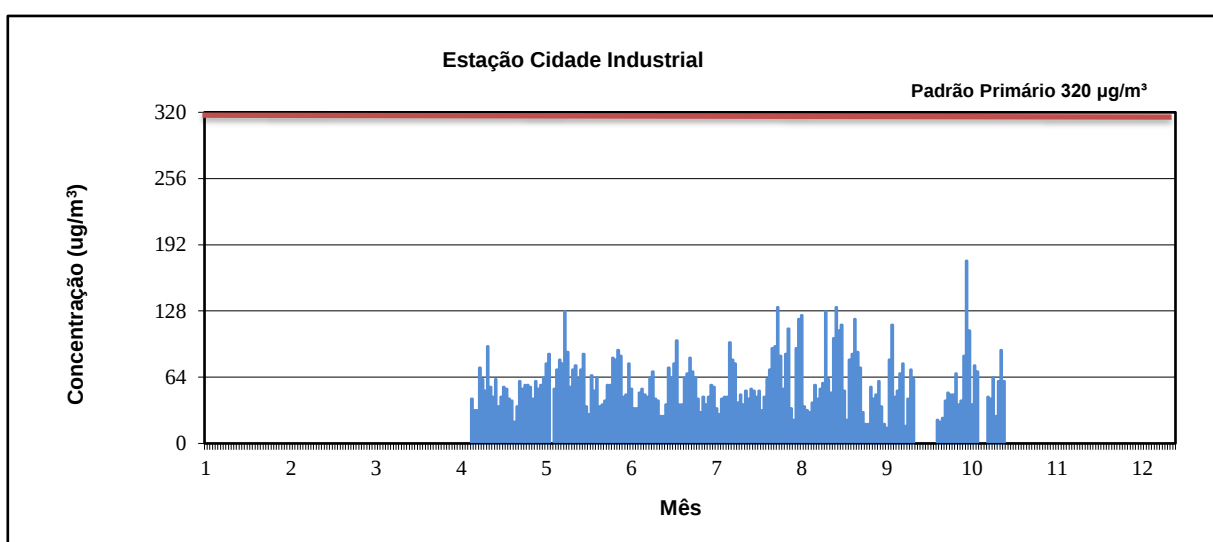
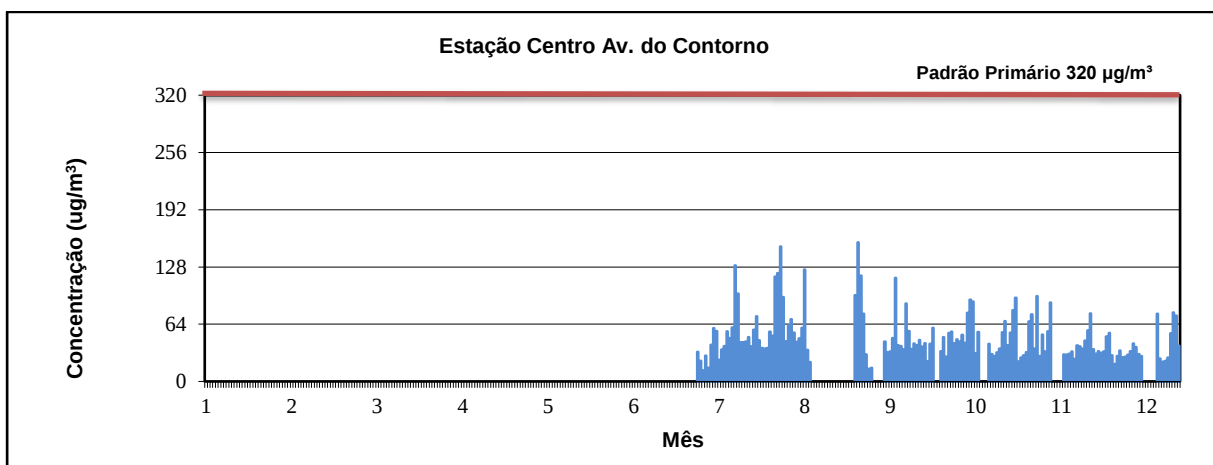
5.2.6 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

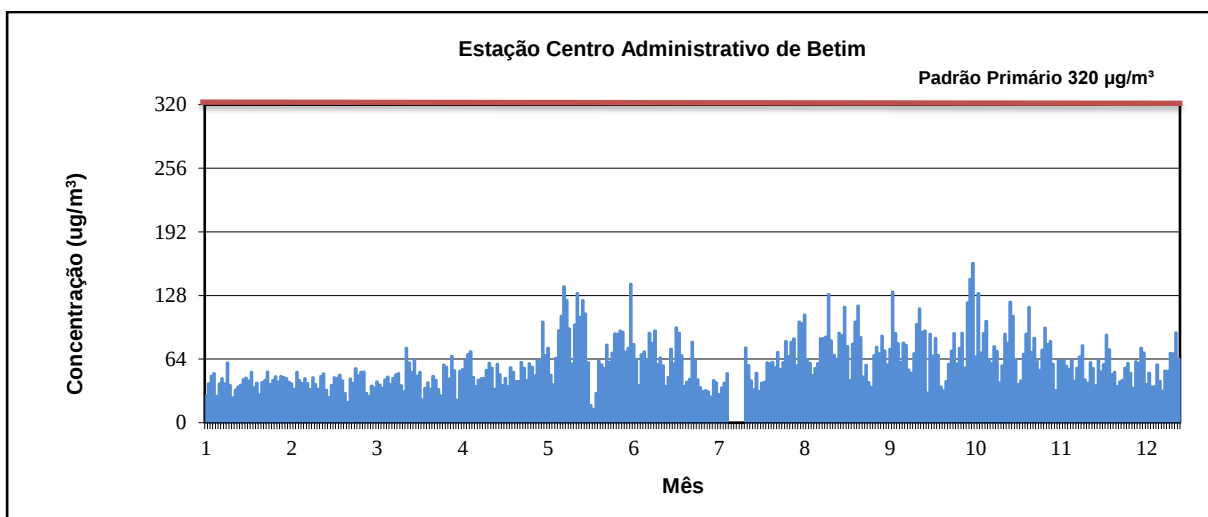
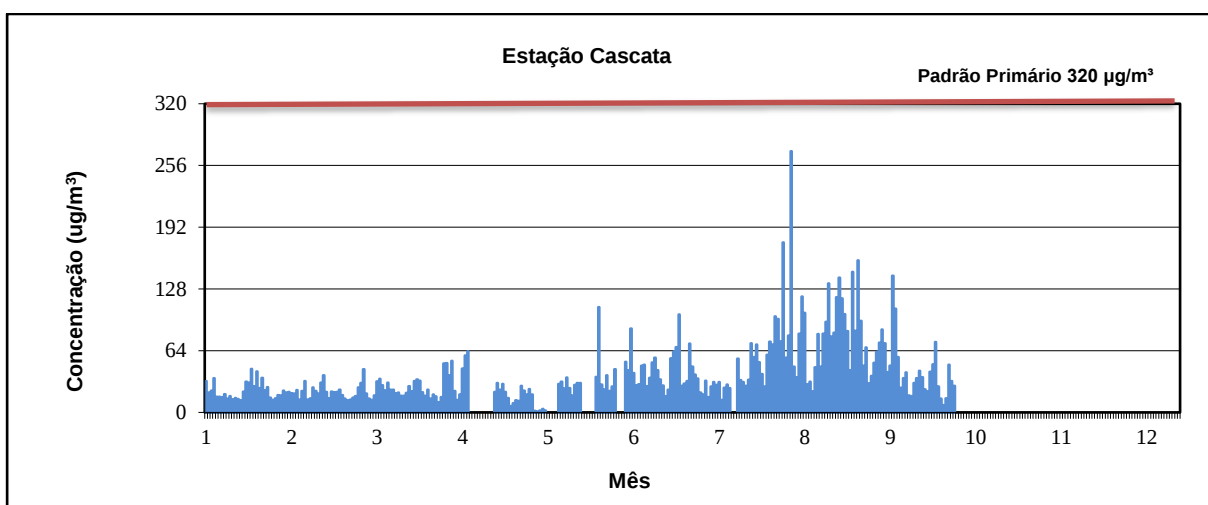
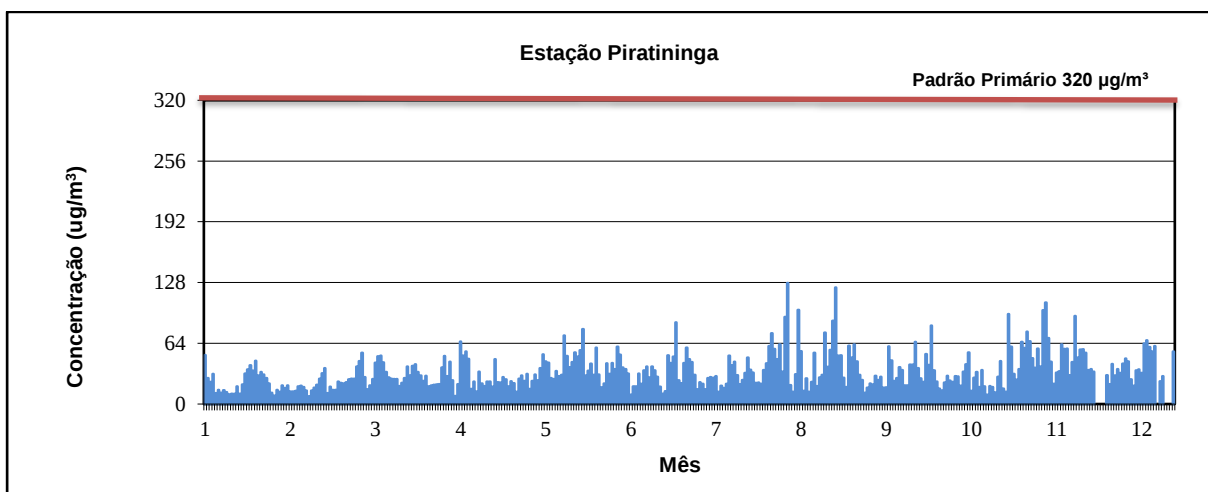
A concentração média diária de NO₂ é representada pela maior média horária registrada no dia, cujo padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, determina que não deve ocorrer a ultrapassagem de 320 µg/m³ de NO₂. A Figura 21 apresenta a distribuição diária para o ano de 2014, na qual observa-se que não houve registros de ultrapassagens do limite máximo permitido pela legislação para a concentração de NO₂.

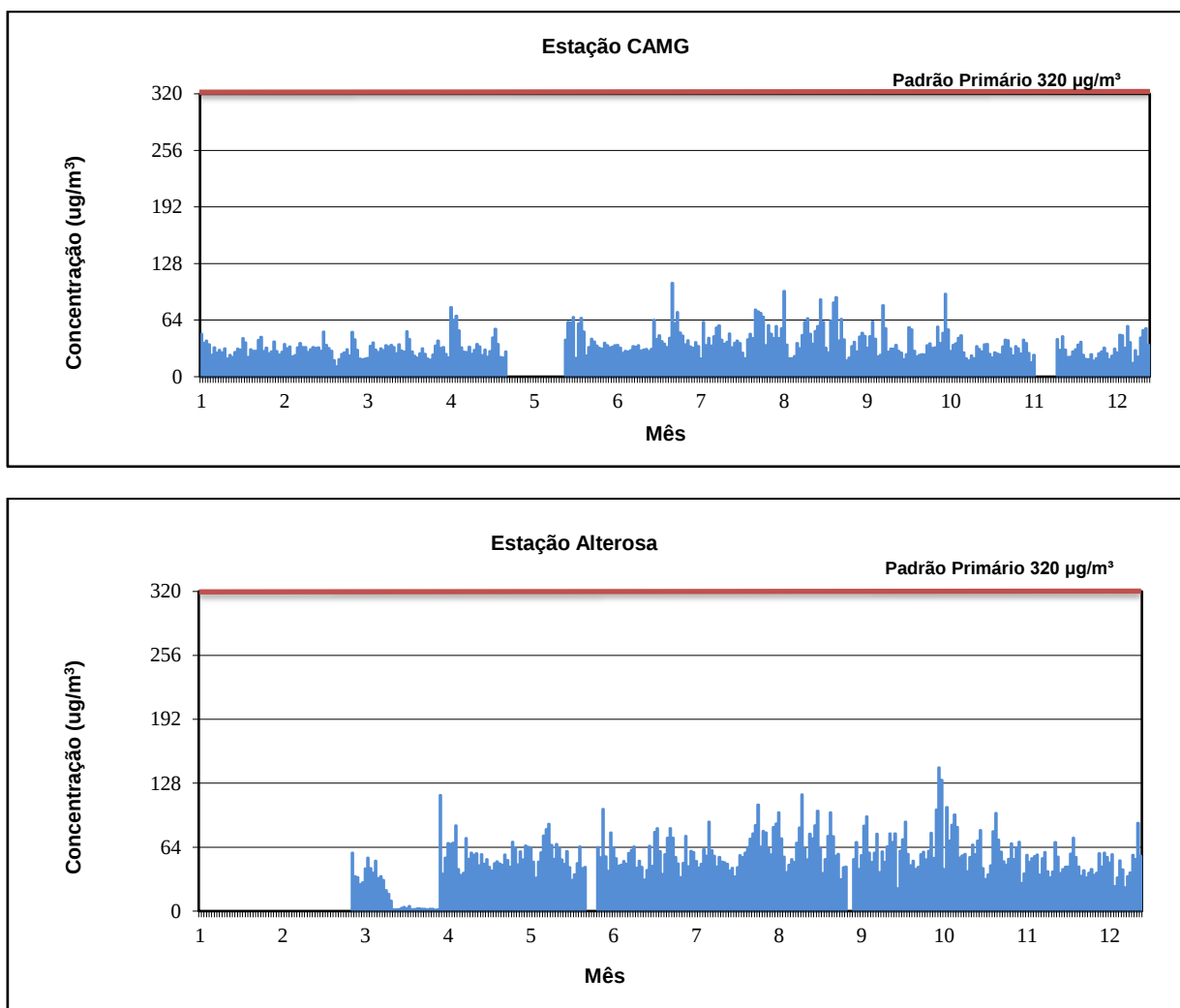
Porém, em comparação com o ano anterior, os valores máximos mensurados foram maiores em 2014. Em 2013, os valores máximos registrados para o poluente ficaram em aproximadamente 128 µg/m³, enquanto que em 2014 o maior valor aferido foi aproximadamente 270 µg/m³.

Figura 21: Distribuição da concentração média diária de dióxido de nitrogênio (NO₂) para as estações da RMBH em 2014.









Fonte: GESAR/FEAM, 2016

Conforme pode ser observado na Figura 21, a estação Centro Av. do Contorno apresentou dados de concentração de NO_2 a partir do segundo semestre de 2014. Sendo assim, não atingiu a representatividade mínima de 75% dos dados para o período de 1 ano. Semelhantemente ocorreu na estações Cidade Industrial e Cascata que tiveram longos períodos de omissão de dados, não alcançando assim, a representatividade mínima supracitada.

Os maiores valores registrados de concentração de NO_2 foram aferidos pela estação Cascata. Os valores de concentração começaram a aumentar em julho até que ocorreu o maior registro, aproximadamente 270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, em agosto. Os valores decresceram, mas ainda continuaram altos quando comparados às demais estações, havendo registros superiores a 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ até o mês de setembro. Esses registros podem ser explicados pela forte presença industrial no entorno da estação, ocorrendo

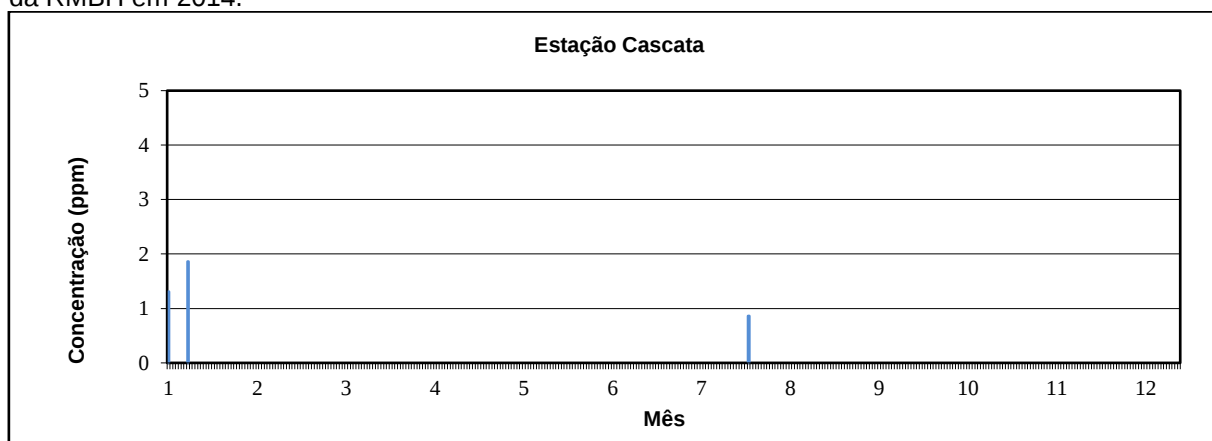
assim várias atividades de combustão que emitem este poluente associados ainda à intensa seca vivenciada durante tal período.

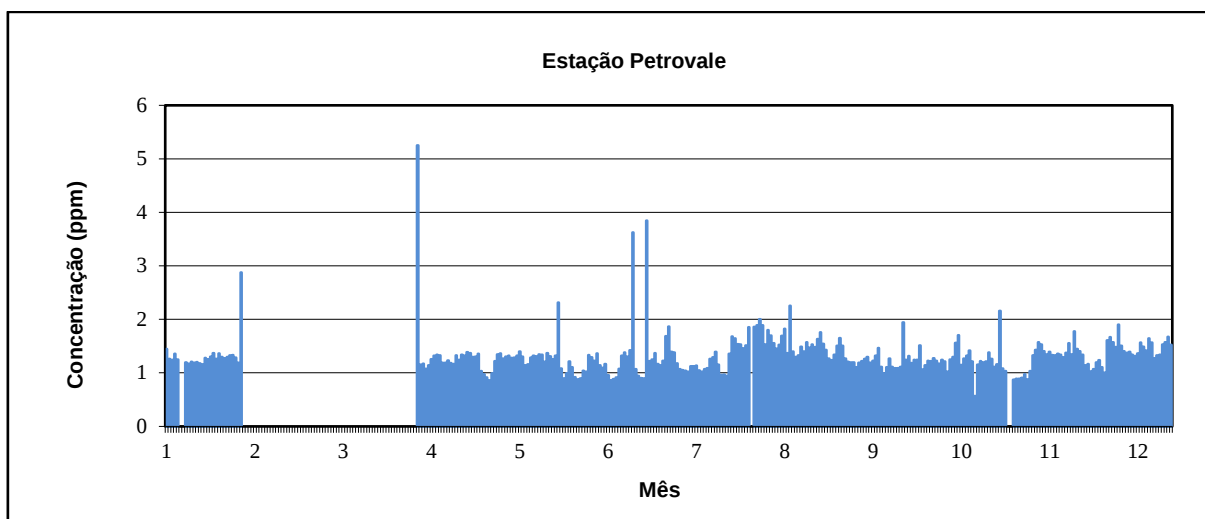
5.2.7 Hidrocarbonetos totais, metanos e não-metanos

A Resolução CONAMA nº 03/1990 não determinava os valores máximos de concentração permitidos para hidrocarbonetos totais (HCT), metanos (CH_4) e não-metanos (HCNM). Contudo, as estações Petrovale e Cascata realizaram o monitoramento para HCT, CH_4 e HCNM para o ano de 2014, os resultados podem ser observados nas Figuras 22, 23 e 24, respectivamente.

Todas as estações apresentam períodos de falhas na aferição nos poluentes supracitados. A estação Cascata foi a que deteve maior omissão de dados ao longo do ano, não alcançando a representatividade mínima de 75% para nenhum dos parâmetros mencionados (Figura 22).

Figura 22: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos totais (HCT) para as estações da RMBH em 2014.

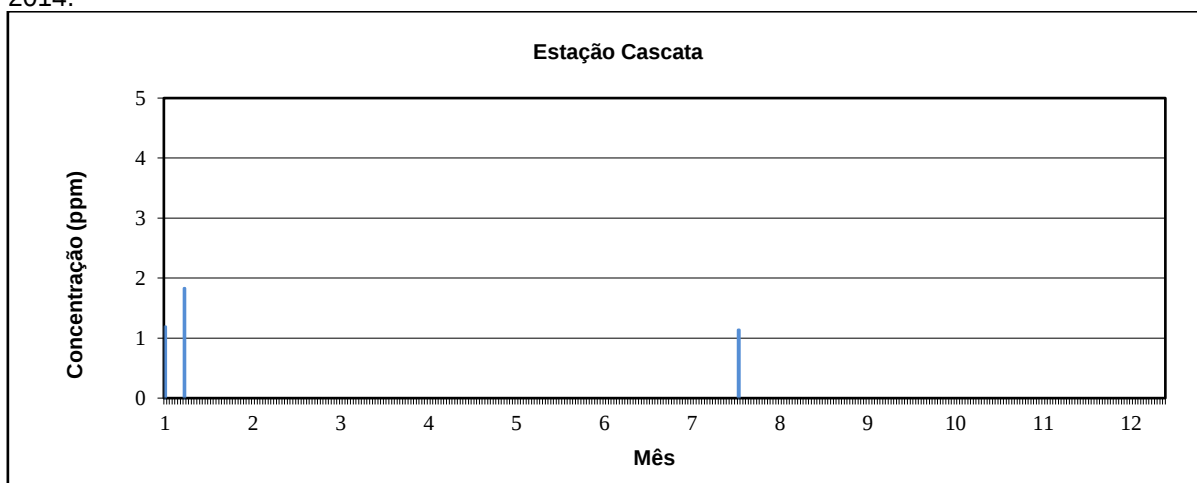


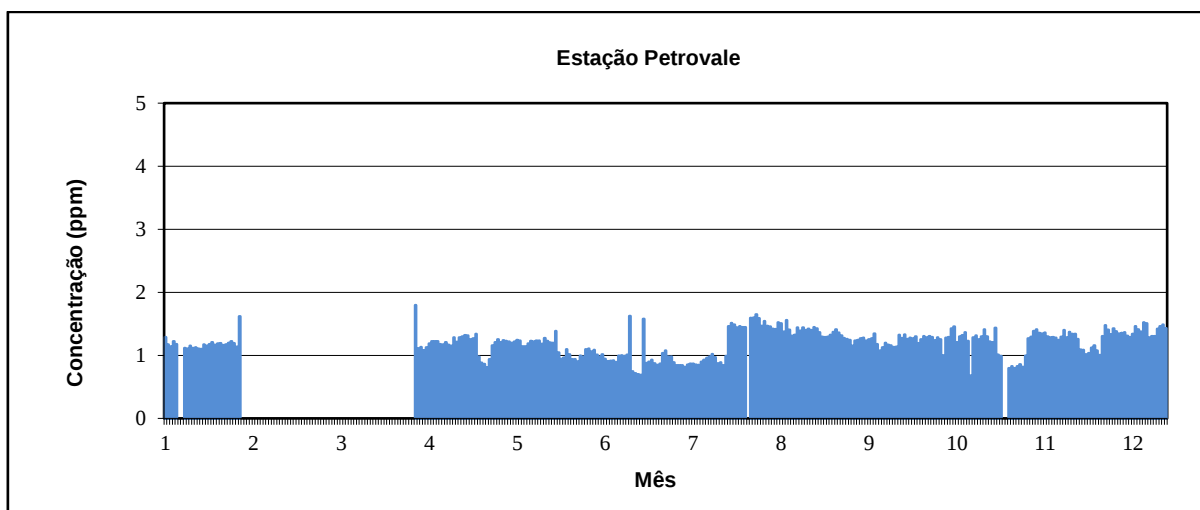


Fonte: GESAR/FEAM, 2016

A estação Petrovale, teve omissões de dados em períodos mais curtos, apresentando os dados de concentração para HCT durante a maior parte do ano. A maior concentração foi registrada no mês de abril, havendo outros períodos com registro de altas concentrações entre maio a julho (Figura 23).

Figura 23: Distribuição da concentração média diária de metano (CH_4) para as estações da RMBH em 2014.



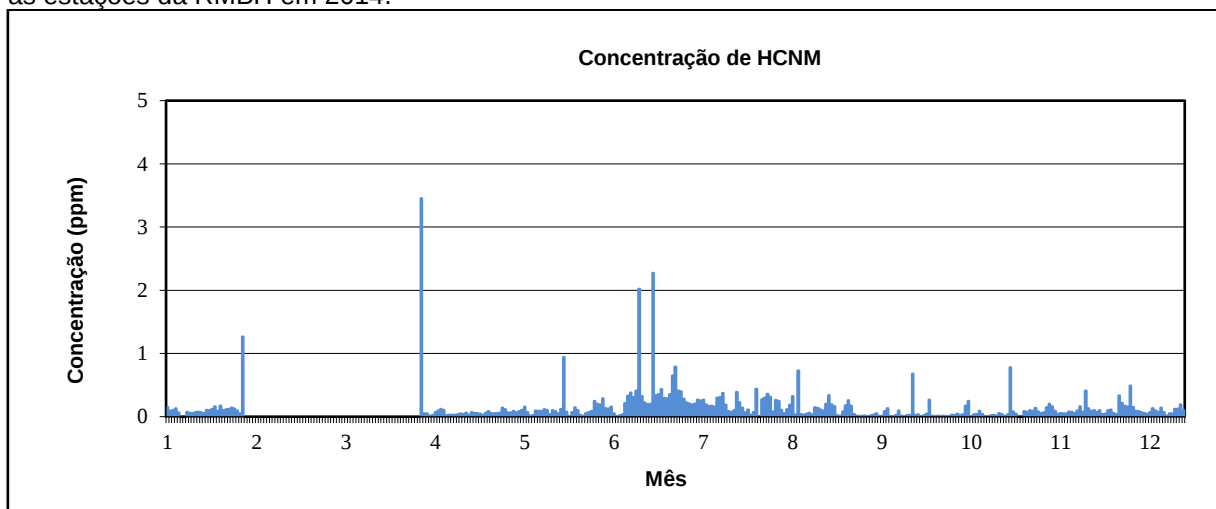


Fonte: GESAR/FEAM, 2016

Para o parâmetro CH_4 os valores de concentração registrados pela estação Petrovale não ultrapassaram 2 ppm, assim como nos registros da estação Cascata, cujo maior valor aferido foi aproximadamente 1,8ppm.

Para o poluente hidrocarbonetos não-metanos (HCNM), apenas a estação Petrovale registrou dados ao longo do ano de 2014 (Figura 24).

Figura 24: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos não-metanos (HCNM) para as estações da RMBH em 2014.



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

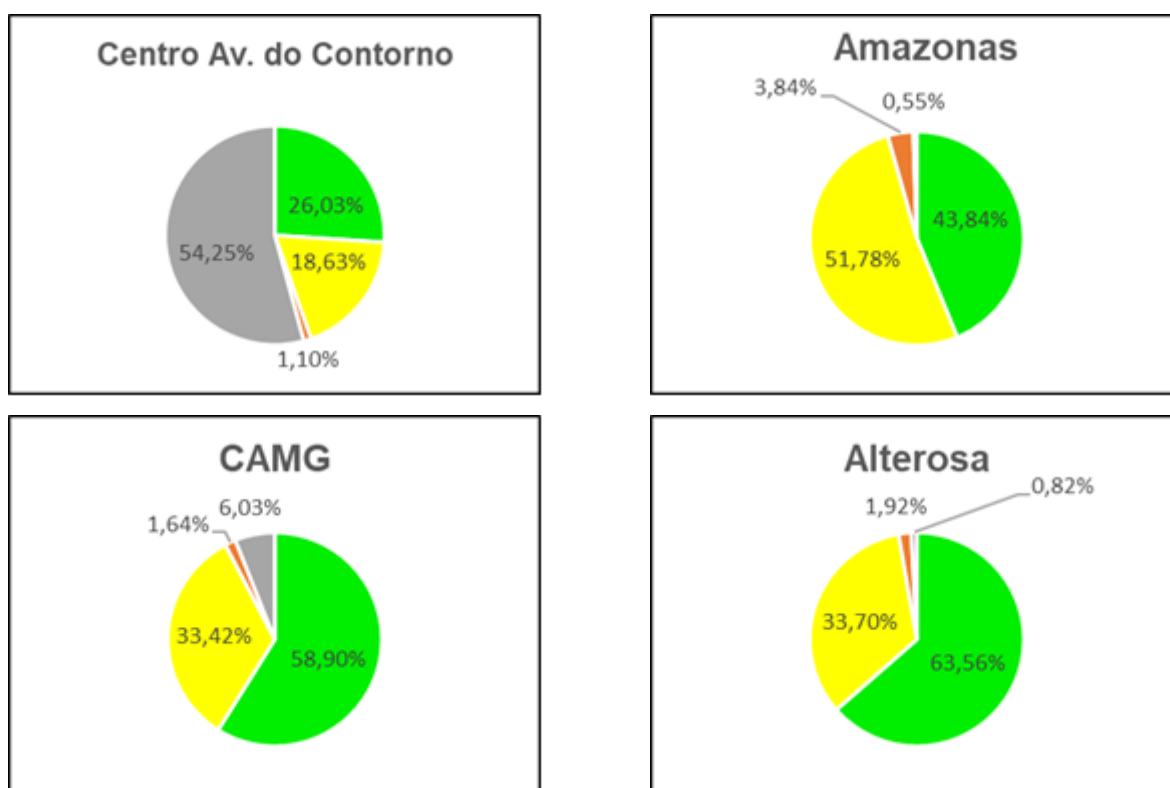
O maior valor de concentração de HCNM mensurado pela estação foi em abril, atingindo 3,5 ppm. No resto do ano, a maioria dos valores de concentração registrados foram inferiores a 1 ppm. Houve um período de omissão de dados nos meses de fevereiro e março.

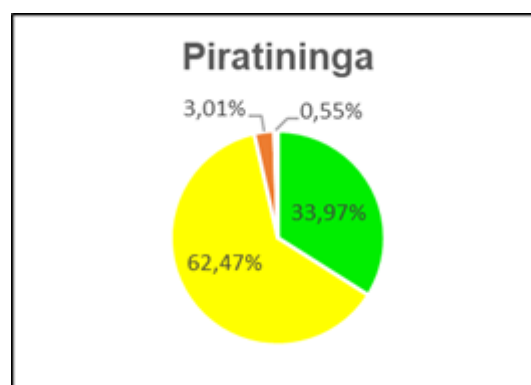
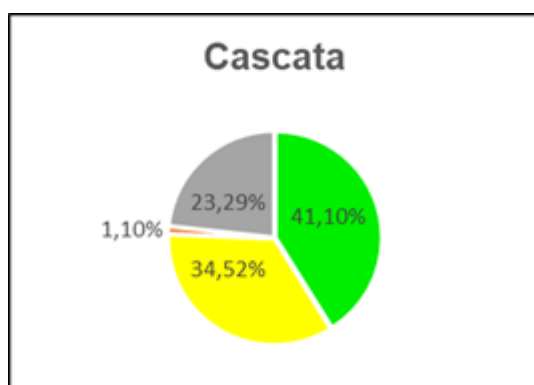
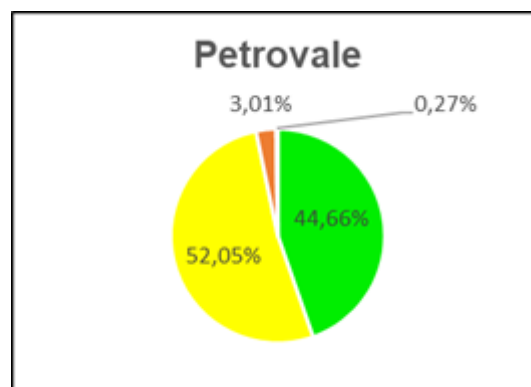
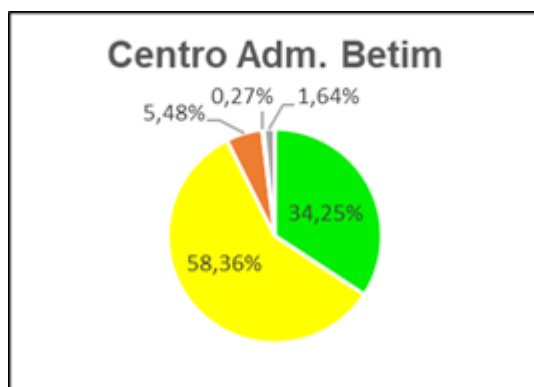
5.3 CLASSES DE QUALIDADE DO AR

Para o ano de 2014 foi calculada a porcentagem de dias enquadrados em cada classe de qualidade do ar para cada estação automática disposta na RMBH. Os poluentes considerados para a classificação da qualidade do ar num determinado local foram aqueles regulamentados pela Resolução CONAMA nº 03/1990, sendo que o pior índice foi utilizado para realizar a classificação diária e posterior distribuição percentual entre as classes apresentada na Figura 25.

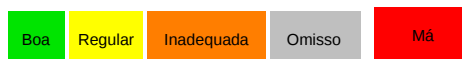
A Tabela 11 apresenta, para as estações da RMBH, durante o ano de 2014, a distribuição mensal dos índices de qualidade do ar conforme disposto na Resolução Conama nº 03/1990, informando a quantidade de dias enquadrados em cada classificação da qualidade do ar em cada mês, considerando que o pior índice foi utilizado para realizar a classificação diária.

Figura 25: Percentual de dias enquadrados em cada classe de qualidade do ar para as estações automáticas da RMBH para o ano de 2014.





Legenda:



Fonte: GESAR/FEAM, 2016.

Tabela 11: Distribuição diária dos índices de qualidade do ar para a RMBH - 2014

DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR																																	
Mês	Centro Avenida do Contorno				Delegacia Amazonas				CAMG				Alterosa				Centro Administrativo Betim				Petrovale				Cascata				Piratinunga				
	Quantidade de dias																																
Janeiro	0	0	0	31	11	17	1	2	20	11	0	0	17	13	1	0	6	24	1	0	0	7	22	2	0	12	18	1	0	10	20	1	0
Fevereiro	0	0	0	28	14	14	0	0	25	3	0	0	19	9	0	0	10	18	0	0	0	11	17	0	0	23	5	0	0	15	13	0	0
Março	0	0	0	31	24	7	0	0	27	4	0	0	26	5	0	0	23	8	0	0	0	24	7	0	0	25	6	0	0	18	13	0	0
Abril	0	0	0	30	14	16	0	0	18	10	0	2	22	8	0	0	22	8	0	0	0	21	9	0	0	21	9	0	0	17	13	0	0
Maio	0	0	0	31	19	12	0	0	7	4	0	20	24	7	0	0	6	23	2	0	0	19	12	0	0	14	17	0	0	15	16	0	0
Junho	0	0	0	30	17	13	0	0	30	0	0	0	23	4	0	3	7	22	1	0	0	17	13	0	0	14	16	0	0	17	13	0	0
Julho	22	7	1	1	23	8	0	0	27	4	0	0	28	3	0	0	15	9	1	0	6	21	9	0	1	25	5	0	1	5	26	0	0
Agosto	8	7	0	16	4	27	0	0	10	21	0	0	23	8	0	0	6	20	4	1	0	8	22	1	0	12	18	1	0	1	29	1	0
Setembro	8	22	0	0	3	25	2	0	6	23	1	0	10	20	0	0	3	25	2	0	0	2	27	1	0	3	25	2	0	0	27	3	0
Outubro	12	16	3	0	3	20	8	0	7	19	5	0	5	22	4	0	2	21	8	0	0	4	22	5	0	1	7	0	23	3	23	5	0
Novembro	19	11	0	0	10	19	1	0	14	16	0	0	13	15	2	0	10	19	1	0	0	11	17	2	0	0	0	0	30	8	21	1	0
Dezembro	26	5	0	0	18	11	2	0	24	7	0	0	22	9	0	0	15	16	0	0	0	18	13	0	0	0	0	0	31	15	14	0	2

Legenda:

Boa	Regular	Inadequada	Má	Omissos
-----	---------	------------	----	---------

Fonte: GESAR/FEAM, 2016.



Conforme apresentado na Figura 25, para as estações localizadas no município de Belo Horizonte, temos que o percentual de dias que obtiveram classificação da qualidade do ar “Boa” foi de 23,06% para a estação Centro Av. do Contorno, 43,84% para a estação Amazonas e 75,05% para a estação CAMG. Da Tabela 11, temos que a qualidade do ar foi classificada como Inadequada em 2014 na estação Amazonas, em 14 dias do período estudado, sendo um dia no mês de janeiro, dois em setembro, oito em outubro, um em novembro e dois dias em dezembro. Nesta estação, a classe Inadequada foi determinada somente pelo poluente ozônio que apresentou concentrações variando de 160,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 237,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante estes 14 dias. Este fato pode ser explicado pelos baixos registros de umidade relativa do ar durante estes períodos, o que interfere na dispersão dos poluentes na atmosfera, comprometendo, assim, a qualidade do ar, associado ainda às altas incidências de radiação solar registradas neste período. No mês de janeiro também houve omissão de dados em dois dias para a estação Amazonas. Na estação CAMG houve 6 dias que a qualidade do ar foi classificada como Inadequada, também devido ao poluente ozônio: um dia em setembro e os outros cinco no mês de outubro. Para a estação Centro Av. do Contorno, a situação foi semelhante: 5 dias com qualidade do ar classificada como Inadequada, nos quais o poluente que determinou o IQAr foi o ozônio.

Conforme a Figura 25, para as estações localizadas no município de Betim, temos que o percentual de dias que obtiveram classificação da qualidade do ar “Boa” foi de 63,56% para a estação Alterosa, 44,66% para a estação Petrovale e 34,25% para a estação Centro Administrativo Betim. Segundo a Tabela 11, a estação Alterosa apresentou o índice Inadequado em 7 dias ao longo do ano, sendo 1 dia em janeiro, 4 dias em outubro e 2 dias em novembro. Quanto aos dados omissos, foram 3 dias no mês de junho. A estação Petrovale apresentou o índice Inadequado em 11 dias ao longo do ano, sendo 2 dias em janeiro, 1 dia em agosto, 1 dia em setembro, 5 dias em outubro e 2 dias em novembro. Quanto aos dados omissos, foi 1 dia no mês de julho. Já na estação Centro Administrativo Betim foram registrados 20 dias com qualidade do ar Inadequada, determinados pelos poluentes O_3 e PM_{10} , sendo 1 dia em janeiro, 2 dias em maio, 1 dia em junho, 1 dia em julho, 4 dias em agosto, 2 dias em setembro, 8 dias em outubro e 1 dia em novembro. Além disso, foi registrado 1 dia com qualidade do ar Má, em agosto. Quanto aos dados omissos, foram 6 dias no mês de julho.

Para as estações localizadas no município de Ibirité, analisando a Figura 25, temos que o percentual de dias que obtiveram classificação da qualidade do ar “Boa” foi de 41,10% para a estação Cascata e 33,37% para a estação Piratininga. Conforme a Tabela 11, a estação Cascata apresentou o índice Inadequado em 4 dias ao longo do ano, sendo 1 dia em janeiro, 1 dia em agosto e 2 dias em setembro. Essa classe foi determinada pelo poluente PM_{10} em apenas 1 dia, em 15/09/2014, nos demais essa classificação foi determinada pelo O_3 . Quanto aos dados omissos, foram 85 dias. A estação Piratininga apresentou o índice Inadequado em 14 dias ao longo do ano, sendo 1 dia em janeiro, 1 dia em agosto, 3 dias em setembro, 5 dias em outubro e 1 dia em novembro. Quanto aos dados omissos, foram 2 dias em dezembro.

6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O ano de 2014 apresentou resultados atípicos para a qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte. O ano foi caracterizado por longos períodos de estiagem e de elevada temperatura e a condição de seca compromete diretamente a dispersão dos poluentes na atmosfera, fazendo com que estes se acumulem no ar. Além disso, em 2014, foram registrados vários focos de queimada na região que são fontes de emissão de diversos poluentes atmosféricos. Estes eventos impactaram negativamente a qualidade do ar na RMBH, fazendo com que a classificação “Regular” predominasse nas estações Delegacia Amazonas, Centro Administrativo Betim, Petrovale e Piratininga. Nas demais predominaram a classificação “Boa”.

Atipicamente, houve o registro da classe má pela estação Centro Administrativo de Betim, devido às altíssimas concentrações de PM_{10} registrado durante a tarde do dia 27 de agosto de 2014. Neste dia, as temperaturas chegaram a aproximadamente 32°C e a umidade relativa do ar ficou abaixo de 30% durante a maior parte da tarde no local em que a estação está instalada. Como a área tem forte presença industrial e intensa circulação de veículos, os poluentes emitidos por estas fontes tem sua dispersão comprometida pelas condições meteorológicas citadas.

A classe Inadequada foi registrada com maior recorrência durante 2014. Em 2013, a classe Inadequada foi registrada em 4 dias no ano. Enquanto que, em 2014, esta

classe ocorreu em 33 dias ao longo do ano, majoritariamente durante os meses de agosto a outubro, tendo maior frequência no mês de outubro. Houve registros da classe Inadequada também nos meses de janeiro, maio, junho e julho. Tal classificação foi determinada pelos poluentes O₃ e PM₁₀, sendo de maior ocorrência o O₃. A contagem dos 33 dias com classificação Inadequada em 2014, considerou que se no mesmo dia, mais de uma estação teve qualidade do ar Inadequada, contava-se o dia.

Já a classe regular também foi registrada com maior frequência em 2014. Majoritariamente, tal classe se deu também em função das concentrações de PM₁₀ ou O₃, ou a concentração dos dois poluentes em um mesmo dia, conforme tendência dos anos anteriores. Porém, houve também registros de classe regular devido às elevadas concentrações de monóxido de carbono, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio em algumas estações da RMBH.

Dessa maneira, durante 2014, o poluente atmosférico que apresentou maiores prejuízos à qualidade do ar foi o ozônio, o que pode ser explicado devido às grandes incidências de radiação solar recebidas durante o ano de 2014, seguido do PM₁₀.

Esses resultados evidenciam que medidas de controle devem ser implementadas para melhoria da qualidade do ar visando, especialmente, a diminuição das emissões de material particulado e dos poluentes precursores da formação de ozônio (NO_x, CO, COV) para que haja diminuição da formação de O₃ e das concentrações de PM₁₀, que assim como nos anos anteriores, têm trazido as maiores avarias para a qualidade do ar na RMBH.

Para os demais poluentes legislados e analisados no presente relatório, tem-se:

- Para o poluente dióxido de enxofre, observa-se que os valores de concentração registrados por todas as estações foram inferiores ao exigido na legislação. Entre as estações que compõe a RMBH, a estação Amazonas é a que apresenta maiores valores quando comparadas às demais.
- O monóxido de carbono também apresentou valores abaixo do determinado pela legislação nacional vigente. Das estações analisadas, a estação Centro

Administrativo Betim apresentou os maiores valores quando se compara às demais estações.

- Semelhantemente, o dióxido de nitrogênio apresenta concentrações abaixo do determinado pela legislação atualmente em vigor. Quando se compara os valores medidos pelas estações, a estação que apresentou maiores concentrações também foi a Centro Administrativo de Betim.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA-DF. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos**. Disponível em: < <http://conjuntura.ana.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2017.

BELO HORIZONTE. **Lei n. 7.165 de 27 de Agosto de 1996**. Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download&urlArqPlc=Lei_7165_Plano_Diretor.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2015. Belo Horizonte, 1996.

BELO HORIZONTE. **Lei n. 7.166 de 27 de Agosto de 1996**. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município. 61 p. Belo Horizonte, 1996.

BRASIL. **Lei Complementar Federal n. 14, de 8 de junho de 1973**. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. Brasília, 08 jun. 1973. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp14.htm>. Acesso em: 20 mai. 2015.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Resolução CONAMA n. 5 de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Brasília, 25 ago. 1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81>>. Acesso em: 02 mai. 2015.

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

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS – CGE-SP. **Umidade Relativa do Ar**. São Paulo. S.d. Disponível em: <<http://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no estado de São Paulo em 2014**. São Paulo: CETESB, 2015.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Atlas Eólico: Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2010. 84p.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA. **Air Quality in Europe – 2015 report**. Copenhagen, Denmark. 2015. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2015/download>>. Acesso em: 08 jul. 2016.

HARRIS, N. R. P. *et al.* **Trends in stratospheric and free tropospheric ozone**. Journal of Geophysical Research. v. 102. p. 1571-1590, Jan. 1997. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/96JD02440/full>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Portal Cidades. **Minas Gerais: Belo Horizonte**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310620&search=minas-gerais|belo-horizonte>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Portal Cidades. **Minas Gerais: Betim**. 2014. Disponível em:



<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310670&search=minas-gerais|betim>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Portal Cidades. **Minas Gerais: Contagem**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=311860&search=minas-gerais|contagem>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Portal Cidades. **Minas Gerais: Ibirité**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=312980&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

LAKES ENVIRONMENTAL. **WRPlot View**. Wind rose for meteorological data. Version 7.0.0. 2011. Disponível em: <<http://www.weblakes.com/products/wrplot/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 45.969, de 24 de maio de 2012**. Regulamenta o acesso à informação no âmbito do poder executivo. Belo Horizonte, 2012.

MINAS GERAIS. **Lei Complementar Estadual n. 89 de 12 de Janeiro de 2006**. Dispõe sobre a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 12 jan. 2006. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?ano=2006&num=89&tipo=LCP>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM. **Deliberação Normativa COPAM 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, 26 mai. 1981. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=88>>. Acesso em: 01 mai. 2015. Acesso em: 12 mai. 2015.

MINAS GERAIS. **Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016.** Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA – e dá outras providências. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Poluentes atmosféricos: Hidrocarbonetos (HC).** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>>. Acesso em: 11 set. 2015.

PRUDENTE, Cristiane Nobre; RAIÁ, Adma; REIS, Ruibran Januário. **Comportamento do Vento na Região Metropolitana de Belo Horizonte.** XIV Congresso Nacional de Meteorologia. 2006. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-02b163ebfb99f5d2d9c1c111e80b5509.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Our Nation's Air: Status and Trends Through 2010.** Research Triangle Park, North Carolina. Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/airtrends/2011/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Ozone: Good Up High, Bad Nearby.** Washington, DC. Jun. 2003. Disponível em: <<http://epa.gov/airquality/ozonepollution/pdfs/ozonegb.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI).** Research Triangle Park, North Carolina. Dez. 2013. Disponível em: <<http://www.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-dec2013.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2015.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. **Beaufort Scale of Wind-Force.** Manual on Marine Meteorological Services, volume 01, nº 558, 2012. 111p.



feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.