

**Monitoramento da Qualidade do Ar na
Região Metropolitana de Belo Horizonte**

ANO BASE
2013

feam

Fundação Estadual do Meio Ambiente

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 de 2013**

Relatório Técnico

FEAM-GESAR-RT-05/2016

Agosto
2016

Governador do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD

Jairo José Isaac - Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente

Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental – DGQA

Irene Albernaz Arantes – Diretora

Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR

Flávio Daniel Ferreira - Gerente

Equipe técnica

Afonso Henrique Ribeiro – Analista Ambiental

Flávio Daniel Ferreira – Analista Ambiental

Lucas Guimarães Viana – Analista Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista Ambiental

Bolsistas e estagiários

Gabriela Batista Agostinho – Bolsista em Geografia

Jussara dos Santos Martins – Bolsista em Geografia

Priscila Kelly Moreira Ireno – Estagiária em Eng. Ambiental

Thaysa K. Aguiar Ferreira – Estagiária em Eng. Ambiental

Ficha catalográfica elaborada pelo Núcleo de Documentação Ambiental

F981m Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte: ano base 2013: relatório técnico / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2016.

77 p.; il.

FEAM-GESAR-RT-05/2016

1. Qualidade do ar – RMBH. 2. Monitoramento ambiental. 3. Poluição atmosférica. I. Título.

CDU: 614.71

APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por objetivo principal apresentar os resultados do monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) do ano de 2013, bem como o resultado das medições de parâmetros meteorológicos executados no mesmo período.

São 9 estações automáticas distribuídas pelos municípios de Betim, Contagem, Ibirité, além da capital Belo Horizonte. A rede automática tem se ampliado ao longo dos anos, assim como o crescimento populacional e o acréscimo no número de veículos nessa região, bem como a instalação de novos empreendimentos potencialmente degradadores da qualidade ambiental, o que requer um maior alcance do monitoramento e acompanhando da qualidade do ar.

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	14
Tabela 2: Concentrações médias instituídas para os padrões primários e secundários de qualidade do ar	18
Tabela 3: Índices de qualidade do ar e níveis de episódios críticos de poluição do ar	20
Tabela 4: Índices de qualidade do ar e efeitos à saúde	22
Tabela 5: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde	23
Tabela 6: Localização, parâmetros monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar da RMBH – MG.	35
Tabela 7: Métodos de referência para amostragem de poluentes atmosféricos	36
Tabela 8: Classes de qualidade do ar obtidas para as estações automáticas da RMBH para o ano de 2013	55
Tabela 9: Distribuição diária dos índices de qualidade do ar para a RMBH - 2013	57
Tabela 10: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para radiação solar global (W/m^2) obtida para a RMBH em 2013.	65
Tabela 11: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para a pressão atmosférica (mmHg) obtida para a RMBH em 2013.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte - MG.....	25
Figura 2: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Delegacia Amazonas, em Belo Horizonte - MG.....	26
Figura 3: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Avenida do Contorno, em Belo Horizonte - MG.....	27
Figura 4: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar CAMG, em Belo Horizonte - MG.....	28
Figura 5: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Piratininga, em Belo Horizonte - MG	29
Figura 6: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Cascata, em Ibirité - MG.....	30

Figura 7: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Administrativo, em Betim - MG.....	31
Figura 8: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Alterosa, em Betim - MG	32
Figura 9: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Petrovale, em Betim - MG	33
Figura 10: Distribuição da concentração média diária de partículas inaláveis (PM10) para as estações da RMBH em 2013.....	39
Figura 11: Distribuição da concentração média anual de partículas inaláveis (PM10) para as estações da RMBH	41
Figura 12: Distribuição da concentração média diária de partículas respiráveis (PM _{2,5}) para as estações da RMBH em 2013	42
Figura 13: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO ₂) para as estações da RMBH em 2013.....	43
Figura 14: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO ₂) para as estações da RMBH em 2013.....	38
Figura 15: Distribuição da concentração média diária de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2013.....	39
Figura 16: Distribuição da concentração média diária de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2013.....	47
Figura 17: Distribuição da concentração média diária de ozônio (O ₃) para as estações da RMBH em 2013.....	47
Figura 18: Distribuição da concentração média diária de ozônio (O ₃) para as estações da RMBH em 2013.....	39
Figura 19: Distribuição da concentração média diária de dióxido de nitrogênio (NO ₂) para as estações da RMBH em 2013.....	39
Figura 20: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos totais (HCT) para as estações da RMBH em 2013	52
Figura 21: Distribuição da concentração média diária de metano (CH ₄) para as estações da RMBH em 2013.....	53
Figura 22: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos não-metanos (HCNM) para as estações da RMBH em 2013.....	54
Figura 23: Distribuição da direção e velocidade dos ventos para as estações da RMBH durante o ano de 2013	59
Figura 24: Distribuição da temperatura média, mínima e máxima mensal para a RMBH - 2013	61
Figura 25: Distribuição da temperatura média, mínima e máxima mensal para a RMBH - 2013	62
Figura 26: Distribuição da umidade relativa do ar mensal para a RMBH - 2013.....	63
Figura 27: Distribuição da umidade relativa do ar mensal para a RMBH - 2013.....	64
Figura 28: Distribuição da precipitação acumulada para a RMBH em 2013.	68

LISTA DE SIGLAS

APAE - Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais

CO - Monóxido de Carbono

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CH₄ - Hidrocarbonetos Simples ou Metano

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

GESAR - Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

hPa - hectopascal

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

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

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

°C – Graus Celsius

% - Porcentagem

µg/m³ - Micrograma por Metro Cúbico

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: Parâmetros, padrões, índices e definição de episódios críticos de poluição atmosférica ..	13
2.1 Parâmetros de Qualidade do Ar	13
2.2 Padrões de Qualidade do Ar	17
2.3 Índice de Qualidade do Ar e definição de episódios críticos de poluição atmosférica	19
3. QUALIDADE DO AR E EFEITOS À SAÚDE	21
4. REDE AUTOMÁTICA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DA RMBH	24
4.1 Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar	24
4.2 Métodos de medição.....	34
5. RESULTADOS	38
5.1 CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS	38
5.1.1 Partículas Inaláveis (PM ₁₀).....	38
5.1.2 Partículas Respiráveis (PM _{2,5})	41
5.1.3 Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	42
5.1.4 Monóxido de Carbono (CO).....	45
5.1.5 Ozônio (O ₃)	47
5.1.6 Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	49
5.1.7 Hidrocarbonetos totais, metanos e não-metanos.....	39
5.2 CLASSES DE QUALIDADE DO AR.....	55
5.3 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS	58
5.3.1 Velocidade e direção dos ventos	58

5.3.2	Temperatura do ar	60
5.3.3	Umidade Relativa do ar	62
5.3.4	Radiação Solar Global	64
5.3.5	Pressão atmosférica	66
5.3.6	Precipitação	67
6.	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	70
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

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 de 12 de janeiro de 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 capital Belo Horizonte é a cidade sede da RMBH, estando a totalidade de sua população inserida 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, 2010).

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 Raia e Reis (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.

2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: Parâmetros, padrões, índices e definição de episódios críticos de poluição atmosférica

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

2.1 Parâmetros de Qualidade do Ar

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 03 de 28 de Junho de 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.

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

Os poluentes atmosféricos podem ser formados e liberados a partir de processos naturais, como atividade vulcânica, incêndios, fenômenos biológicos e geoquímicos, e também por atividades antrópicas, através de processos industriais, minerários, queimas, dentre outros.

Quanto à sua origem, podem ser classificados como poluentes 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 fontes de poluição atmosférica podem ser classificadas em duas categorias, sendo fontes estacionárias (fixas) ou móveis. Exemplo de fonte estacionária é a chaminé de uma determinada indústria emitindo poluente. As emissões de veículos exemplificam fontes móveis. Essas informações estão mostradas 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, sendo esses poluentes: material particulado (partículas totais em suspensão - PTS; partículas inaláveis - PM_{10} e partículas respiráveis - $PM_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2).

Tabela 1: Poluentes, origens e principais fontes

Poluente	Origem	Fontes
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Primário e secundário	Fixas e móveis
Partículas Inaláveis (PM_{10})	Primário e secundário	Fixas e móveis
Partículas Respiráveis ($PM_{2,5}$)	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 de 28 de Junho de 1990.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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

100 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, onde o 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 e, também por 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 prejudicada, 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 ocasionar prejuízos para a saúde humana, sobretudo problemas respiratórios. O SO_2 atua como um dos principais componentes na formação de chuva ácida e em altas concentrações pode prejudicar a visibilidade.

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro e incolor resultante de processos de combustão, onde 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 (VOC's), na presença de luz solar. (United States Environmental Protection Agency-

USEPA, 2003). As medições realizadas referem-se à concentração de ozônio troposférico, onde é válido salientar que o impacto ambiental proveniente da concentração de ozônio em uma área depende da sua altitude, sendo que não deve ser confundido com a concentração de ozônio estratosférico, que não é considerado um poluente atmosférico. (HARRIS, 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, que prejudica a visibilidade. 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 condicionada principalmente por atividades ligadas ao setor primário e secundário e através de emissões de origem veicular. A exposição dos diversos grupos etários populacionais à alta concentração de NO_2 pode ocasionar efeitos adversos para a saúde, além da formação de chuvas ácidas.

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 apresentar-se 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), onde 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, 2015).

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos para os principais poluentes, onde foi definido legalmente um limite máximo permitido para a concentração de cada poluente no ar atmosférico, garantindo a proteção à saúde, a 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). No estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) estabeleceu os padrões de qualidade do ar através da Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 26 de maio de 1981.

A Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 determina os padrões de qualidade do ar primários e secundários, como previsto no Programa Nacional de

Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), que podem ser verificados através da Resolução CONAMA nº 05 de 15 de Junho de 1989, onde:

- 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.

Dessa forma, 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).

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.	
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.			
Padrão Secundário	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 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 de 28 de Junho de 1990.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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.

2.3 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 através 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 através do pior índice registrado dentre os poluentes mensurados. Para o cálculo do índice, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{índice} = \text{índice}_{\text{inicial}} + \left(\frac{\text{Índice}_{\text{final}} - \text{Índice}_{\text{inicial}}}{\text{Conc.}_{\text{final}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}}} \right) \times (\text{Conc.}_{\text{medida}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}})$$

Onde:

Índice – Índice de qualidade do ar desejado;

Conc. medida – Concentração medida

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

Conc. final – Concentração final da faixa onde 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. Este é então utilizado na divulgação para a população, onde se utiliza o índice mais elevado para a caracterização da qualidade do ar

de uma determinada área, permitindo a população a obtenção de 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 de 28 de Junho de 1990 e USEPA.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 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.

3. QUALIDADE DO AR E EFEITOS À SAÚDE

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 têm maior susceptibilidade de 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 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).

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 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, através dos 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.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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.

Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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

Para monitorar a qualidade do ar na RMBH, foram instaladas as estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar sendo constituída por nove estações (Figura 1). As estações são adquiridas, instaladas e operadas por empreendimentos diversos que durante o processo de licenciamento ambiental foram condicionados a executarem o monitoramento da qualidade do ar.

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

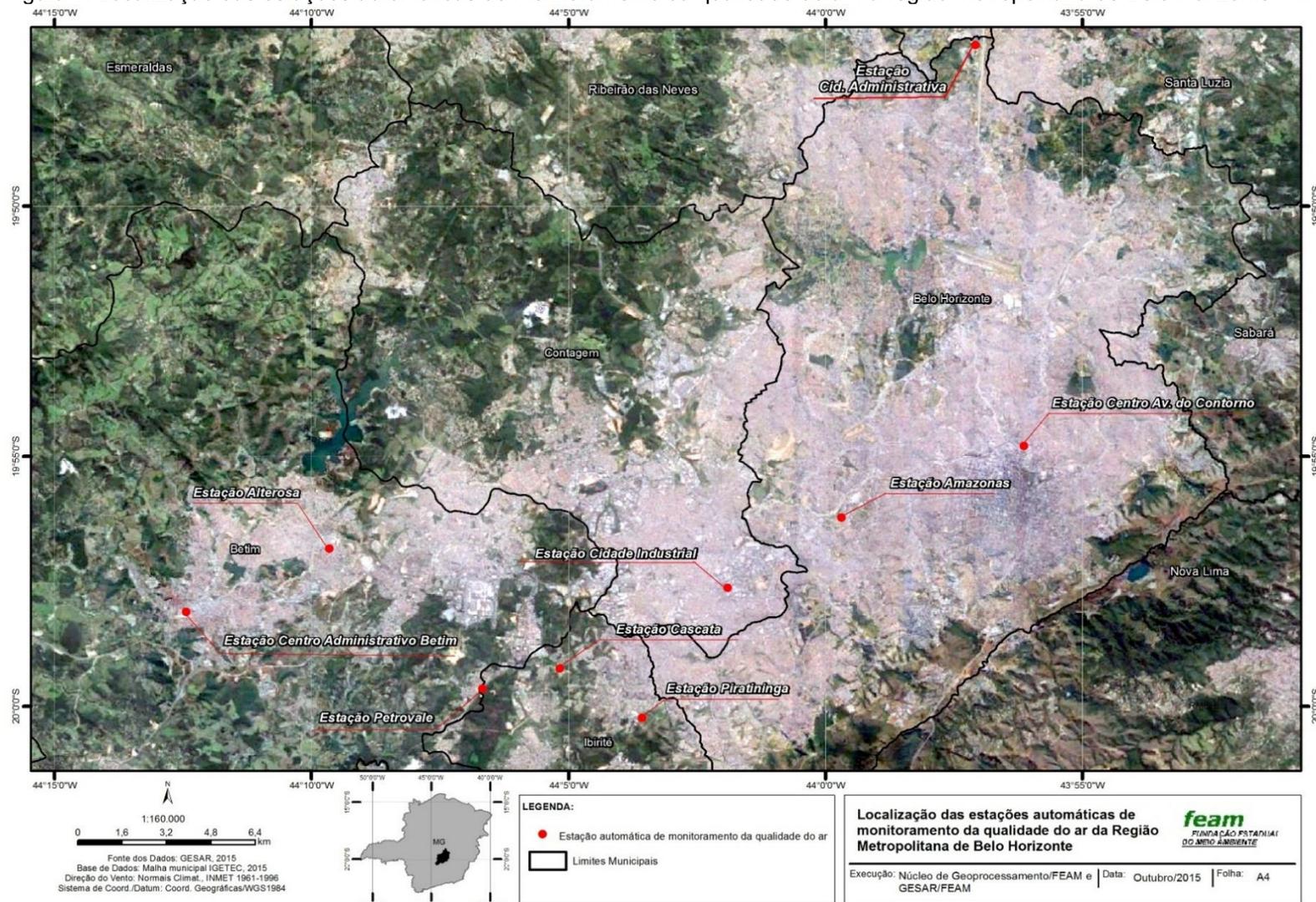
Nas próximas seções serão apresentadas a localização e caracterização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG e os métodos de medição empregados para a mensuração da concentração de poluentes.

4.1 Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar

A Figura 1 apresenta o mapa de localização das oito estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar dispostas na RMBH, durante o ano de 2013. A estação Cidade Industrial foi instalada no ano de 2013,

contudo, por necessidades de ajustes na configuração da estação, só começou a apresentar os dados de monitoramento a partir de 2014, não sendo incluída neste relatório.

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



Fonte: Núcleo de Geoprocessamento FEAM/GESAR, 2015.

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, sendo que uma delas, a estação Delegacia Amazonas, situa-se 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: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Delegacia Amazonas, em Belo Horizonte - MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação Centro Avenida do Contorno, antiga estação Praça Rui Barbosa, foi realocada devido à construção de um edifício no antigo local em que a estação estava instalada, onde atualmente dista aproximadamente 290 metros de sua antiga localização. A estação encontra-se instalada entre as ruas Varginha e Rua Januária, área situada na Zona Hipercentral e caracterizada por intenso

fluxo de veículos automóveis e ônibus coletivos, além da linha de trem ferroviário (Figura 3). Dessa forma, observa-se que devido à mudança da localidade onde estava instalada a estação, os dados referentes a 2013 apresentaram diversas falhas e omissões nas mensurações efetuadas.

Figura 3: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Avenida do Contorno, em Belo Horizonte - MG

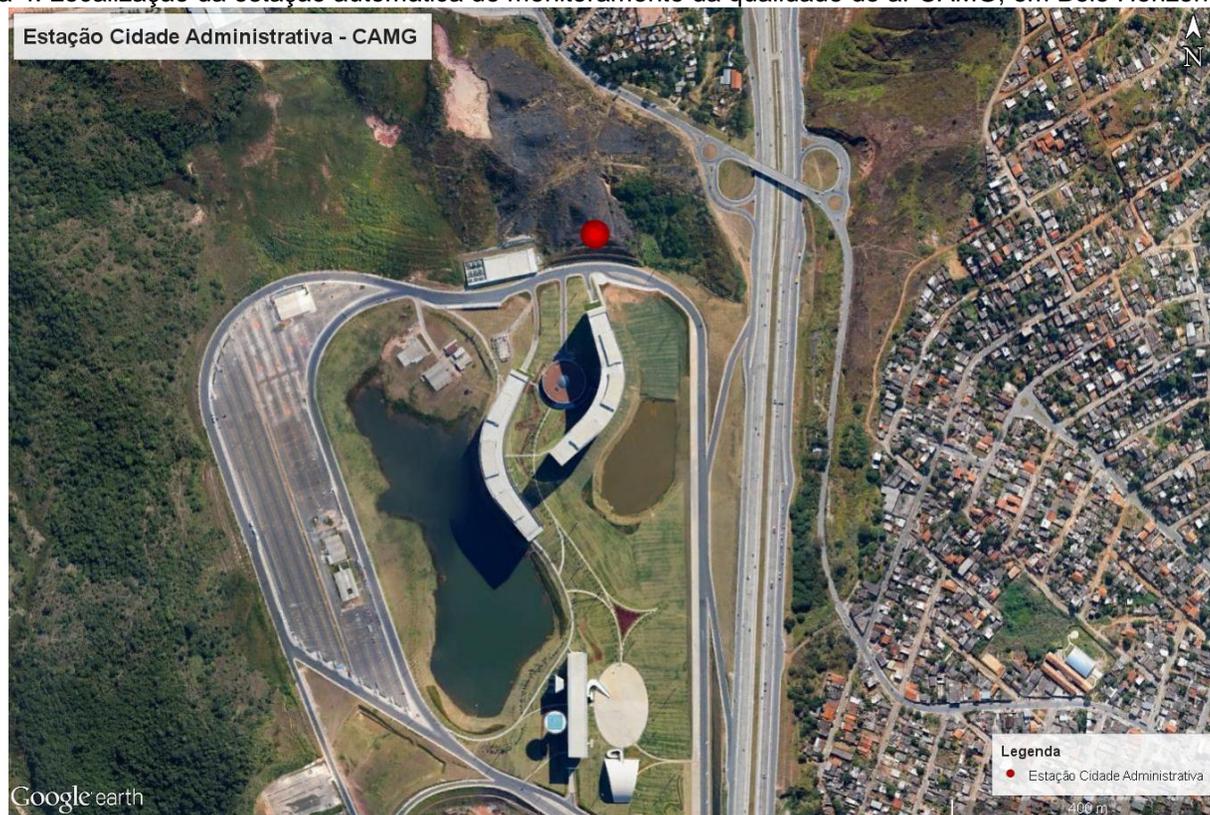


Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação CAMG situa-se na Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves, localizada às margens da MG 010 (Linha Verde), na 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, onde nas proximidades observa-se também a presença de uma Zona de Preservação Ambiental - ZPAM. A área no entorno dessa estação recebe um intenso fluxo veicular diário (Figura 4).

Figura 4: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar CAMG, em Belo Horizonte - MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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

qualidade do ar, sendo a estação Piratininga e Cascata. A primeira situa-se em um terreno pertencente à Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais - APAE, na Rodovia Renato Azeredo, número 831 (Figura 5).

Figura 5: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Piratininga, em Belo Horizonte - MG

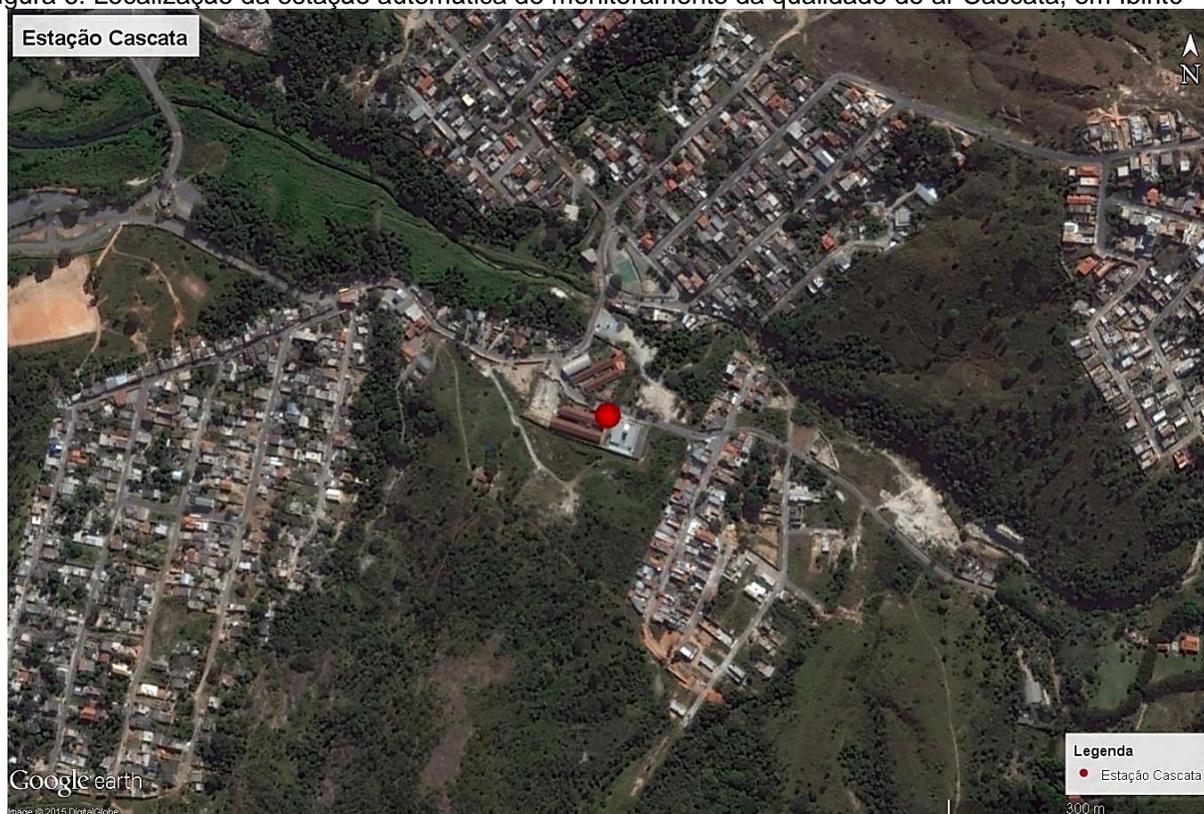


Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação Cascata localiza-se nas proximidades da Refinaria Gabriel Passos - REGAP, na Escola Estadual José Rodrigues Betim, Rua Padre Eustáquio, número

881 (Figura 6). No ano de 2015, a estação foi realocada nas dependências internas da escola.

Figura 6: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Cascata, em Ibitaré - MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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

Alterosa e Petrovale. A estação Centro Administrativo Betim situa-se entre a Avenida Edméia Matos Lazaroti e a Rua Pará de Minas, onde atualmente funciona a prefeitura de Betim (Figura 7).

Figura 7: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Administrativo, em Betim - MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação Alterosa situa-se 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 nas suas proximidades (Figura 8).

Figura 8: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Alterosa, em Betim - MG

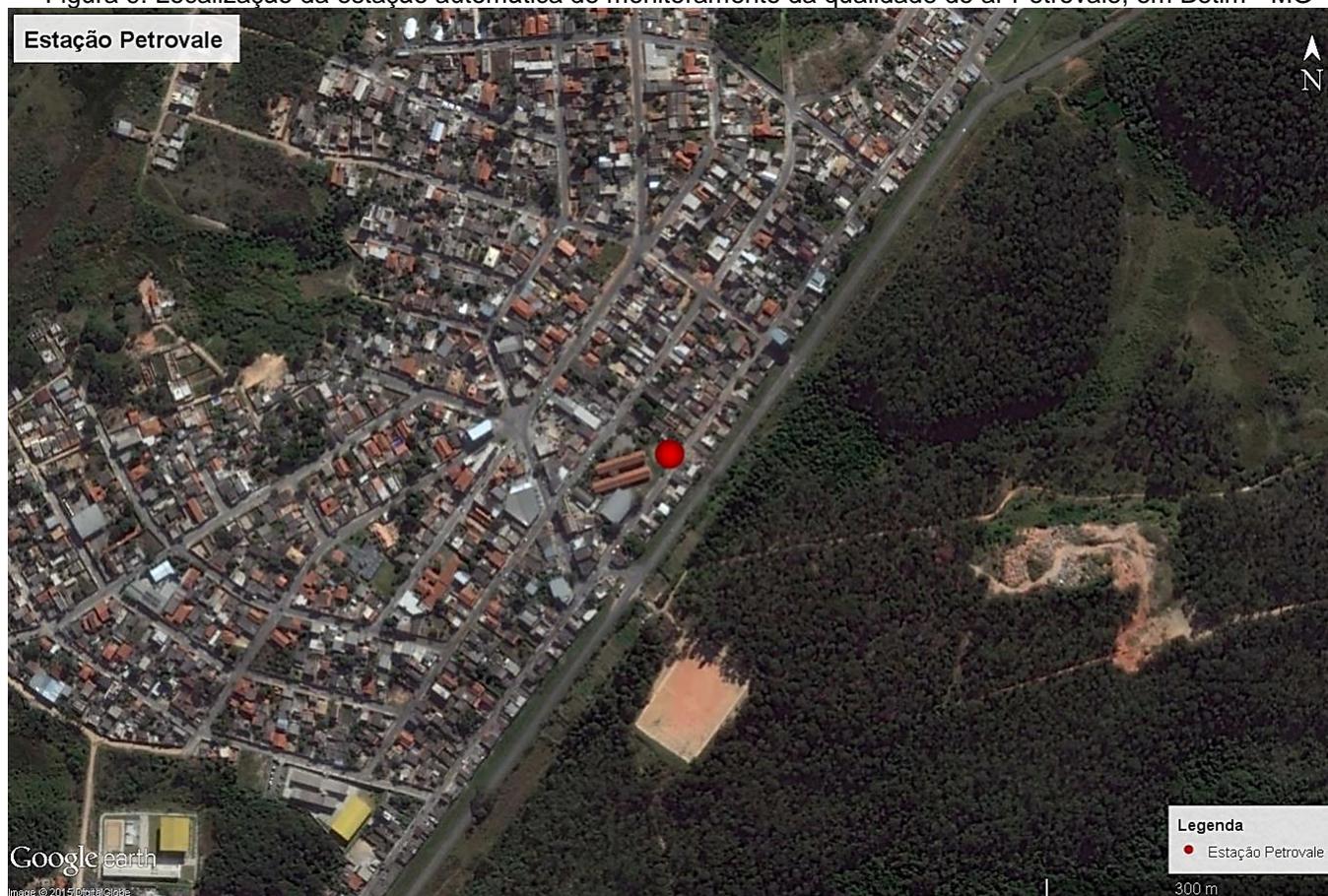


Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação Petrovale localiza-se nas proximidades da Refinaria Gabriel Passos - REGAP, situada na Escola Municipal Valério Palhares, na Rua Argentina, número

64. Esta estação insere-se em uma área residencial, próximo a uma extensa área vegetada (Figura 9).

Figura 9: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Petrovale, em Betim - MG



Fonte: Google Earth Pro, 2015.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

4.2 Métodos de medição

As estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar são constituídas de cabines climatizadas onde estão instalados o monitor de PM_{10} e $PM_{2,5}$ e os analisadores de SO_2 , CO , O_3 , 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 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 de médias de 15 minutos e horárias, permitindo sua apresentação em médias diárias, mensais e anuais dos dados de concentração de PM_{10} , SO_2 , CO , O_3 , NO_2 e dos parâmetros meteorológicos, na forma de gráficos e tabelas.

Os parâmetros monitorados são apresentados a seguir (Tabela 6).

Tabela 6: Localização, parâmetros 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 e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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

A Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 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.

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	Pararonalilina 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 de 28 de Junho de 1990.
Elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

O método empregado para medir a concentração de PM_{10} no ar atmosférico é o da radiação beta, por meio de um monitor (modelo MP101M), que emprega Carbono 14 (C_{14}) como fonte de radiação de baixa energia, e mede a concentração a cada hora. A concentração média diária de PM_{10} (média de 24 horas em $\mu g/m^3$) é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo considerado na análise apresentam dados válidos.

Para determinar a concentração de SO_2 no ar atmosférico emprega-se o método da fluorescência por radiação ultravioleta (UV), cujo princípio baseia-se na excitação da molécula de SO_2 por raio ultravioleta. O analisador (modelo AF21M) funciona em regime contínuo, medindo a concentração de SO_2 de forma instantânea. As concentrações de SO_2 em partes por bilhão (ppb) são apresentadas como média de 15 minutos. A concentração média diária de SO_2 (média de 24 horas convertida para $\mu g/m^3$) 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, onde o maior valor é 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) são validadas quando pelo menos 75% do período de tempo analisado apresenta dados 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 em 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 2013. Os produtos finais disponibilizados nas próximas seções referem-se à

5.1 CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Nos tópicos abaixo serão expostas as concentrações de partículas inaláveis (PM_{10}), partículas respiráveis ($PM_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO),

5.1.1 Partículas Inaláveis (PM_{10})

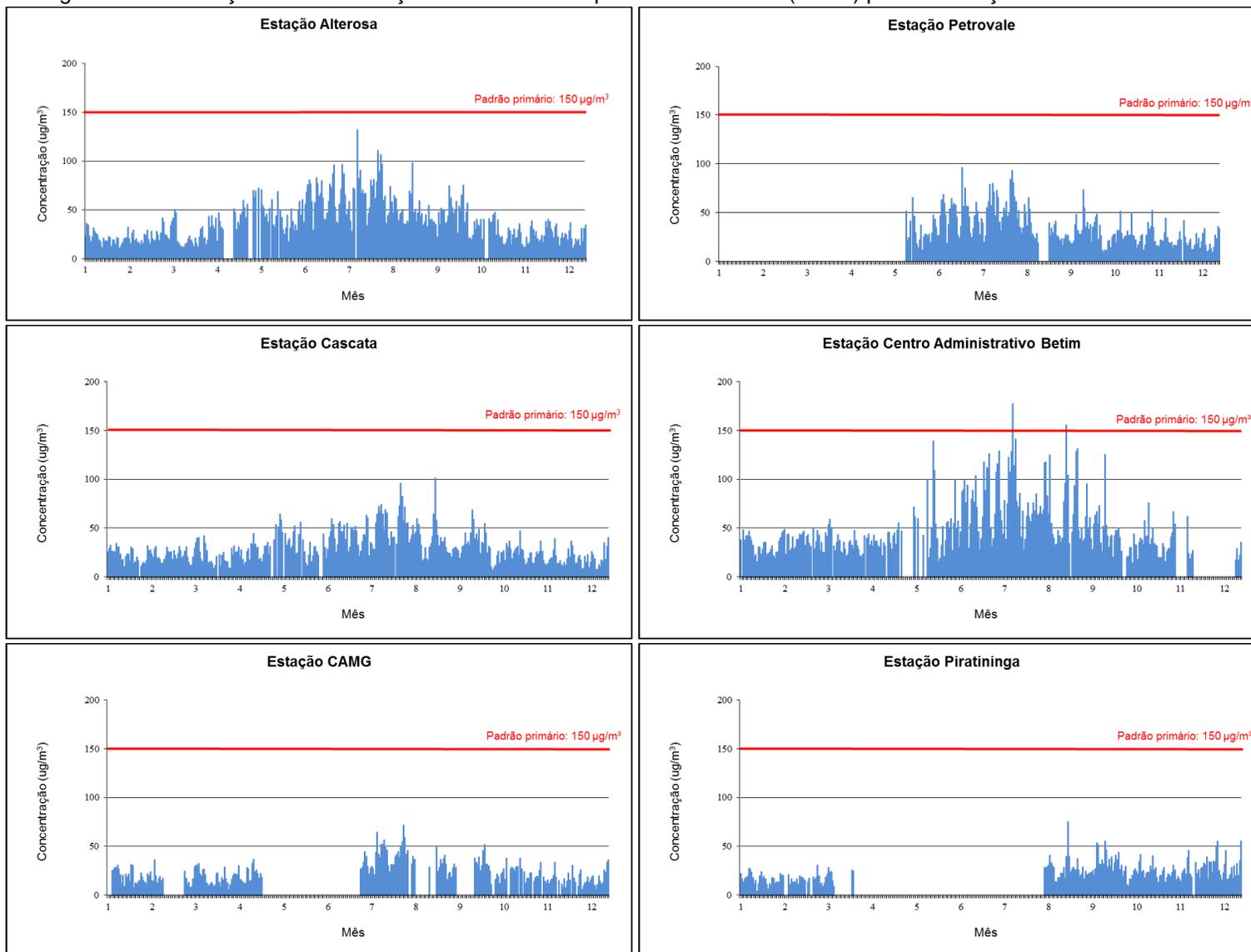
Os gráficos abaixo (Figura 10) demonstram a concentração diária de partículas inaláveis para as seis estações da RMBH que realizaram o monitoramento desse poluente para o ano de 2013, sendo: estação Alterosa, estação Centro Administrativo Betim, Estação Petrovale, Estação CAMG, Estação Cascata e Estação

concentração diária, mensal e anual de poluentes atmosféricos, às classes de qualidade do ar e aos parâmetros meteorológicos.

ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2), hidrocarbonetos totais (HCT), metanos (CH_4) e hidrocarbonetos não-metanos (HCNM).

Piratininga. De acordo com a Resolução CONAMA 03/90 as concentrações médias permitidas para o poluente são de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas, que não deve ser excedida por mais de uma vez ao ano e a média aritmética anual é de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 10: Distribuição da concentração média diária de partículas inaláveis (PM10) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Considerando os gráficos acima, observa-se que com exceção da estação Centro Administrativo Betim, nenhuma das demais estações registrou ultrapassagem dos níveis de medições determinados pela legislação. Apesar disso, as estações Alterosa e Cascata apresentaram valores elevados de concentração entre os meses de junho a agosto.

Ao longo do ano, três das seis estações apresentaram falhas para os dados de concentração de partículas inaláveis. A estação Petrovale apresentou ausência de dados de janeiro a maio, enquanto a estação Piratininga apresentou falhas no monitoramento em parte do mês de março, e de abril a julho. Já a estação CAMG não registrou os dados para os meses de fevereiro, maio, junho e parte de agosto e setembro. Dessa forma, as estações supracitadas não atingiram o mínimo de representatividade anual de 75%. A estação Delegacia Amazonas não registrou valores de partículas inaláveis no ano.

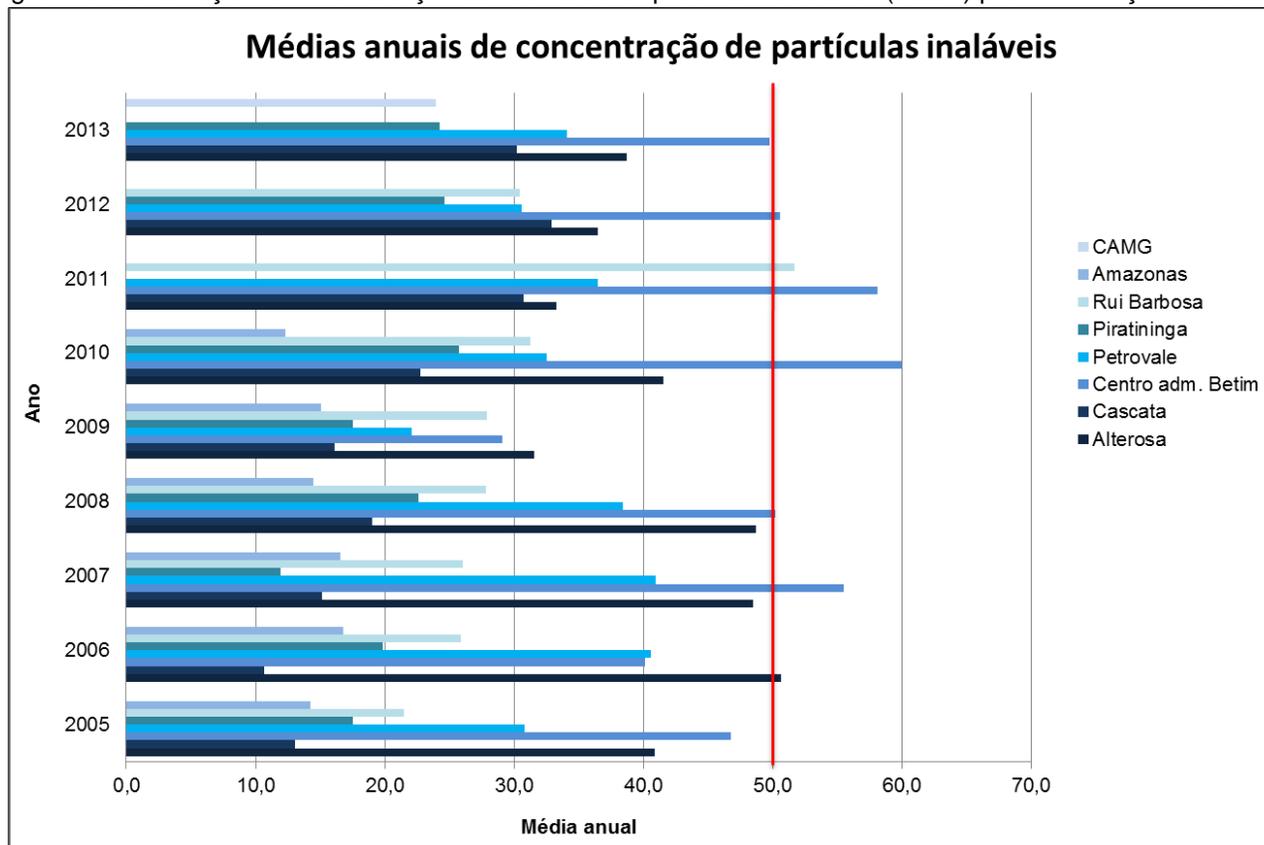
As concentrações diárias de PM_{10} apresentaram-se elevadas durante o período seco de 2013, compreendido entre os meses de março a outubro. Observa-se o aumento gradual da concentração de PM_{10} a partir do mês de março e o declínio dos valores de concentração a partir do mês de outubro.

As médias anuais obtidas para partículas inaláveis desde o ano de 2005 podem ser observadas na Figura 11. Observa-se que a estação CAMG foi instalada em setembro de 2012, apresentando dados representativos somente para o ano de 2013. 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. A estação Praça Rui Barbosa não apresentou os dados para o ano de 2013.

A resolução CONAMA 03/90 determina para as partículas inaláveis que a concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar não deve ser ultrapassada. Dessa forma, a estação

Centro Administrativo Betim foi a que registrou o maior número de ultrapassagens, sendo cinco no total, datadas para os anos de 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012.

Figura 11: Distribuição da concentração média anual de partículas inaláveis (PM10) para as estações da RMBH

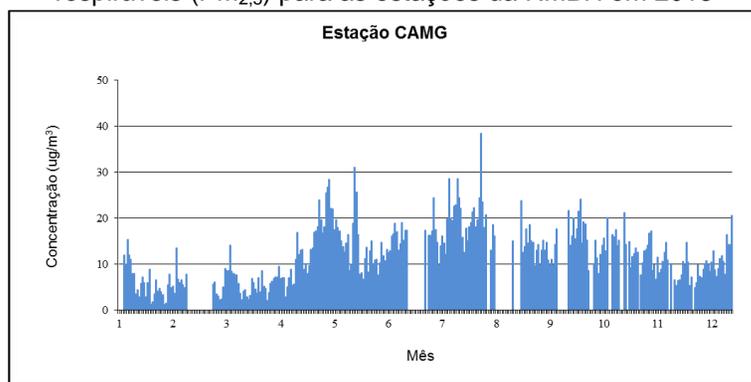


Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

5.1.2 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 2013, como pode ser observado na figura 12. A

Figura 12: Distribuição da concentração média diária de partículas respiráveis ($PM_{2,5}$) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

resolução CONAMA 03/1990 não determina os valores máximos de concentração permitidos para $PM_{2,5}$.

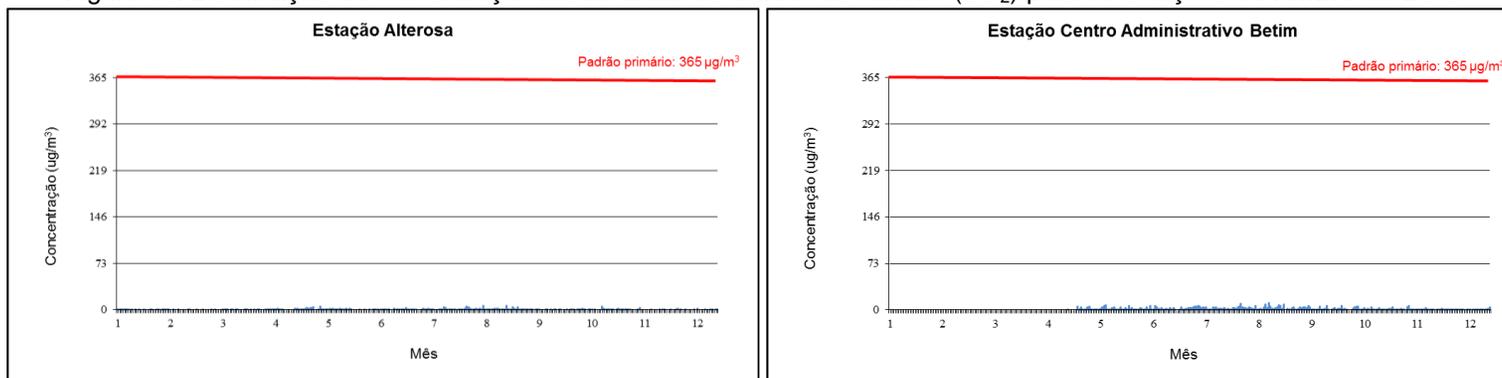
Observa-se que os valores de concentração média diária para $PM_{2,5}$ ficaram abaixo de $40 \mu g/m^3$ para todo o ano. Os meses de janeiro, fevereiro, junho, julho, agosto, setembro e outubro apresentaram falhas de medições em alguns dias, totalizando 16,99% de dados omissos anuais.

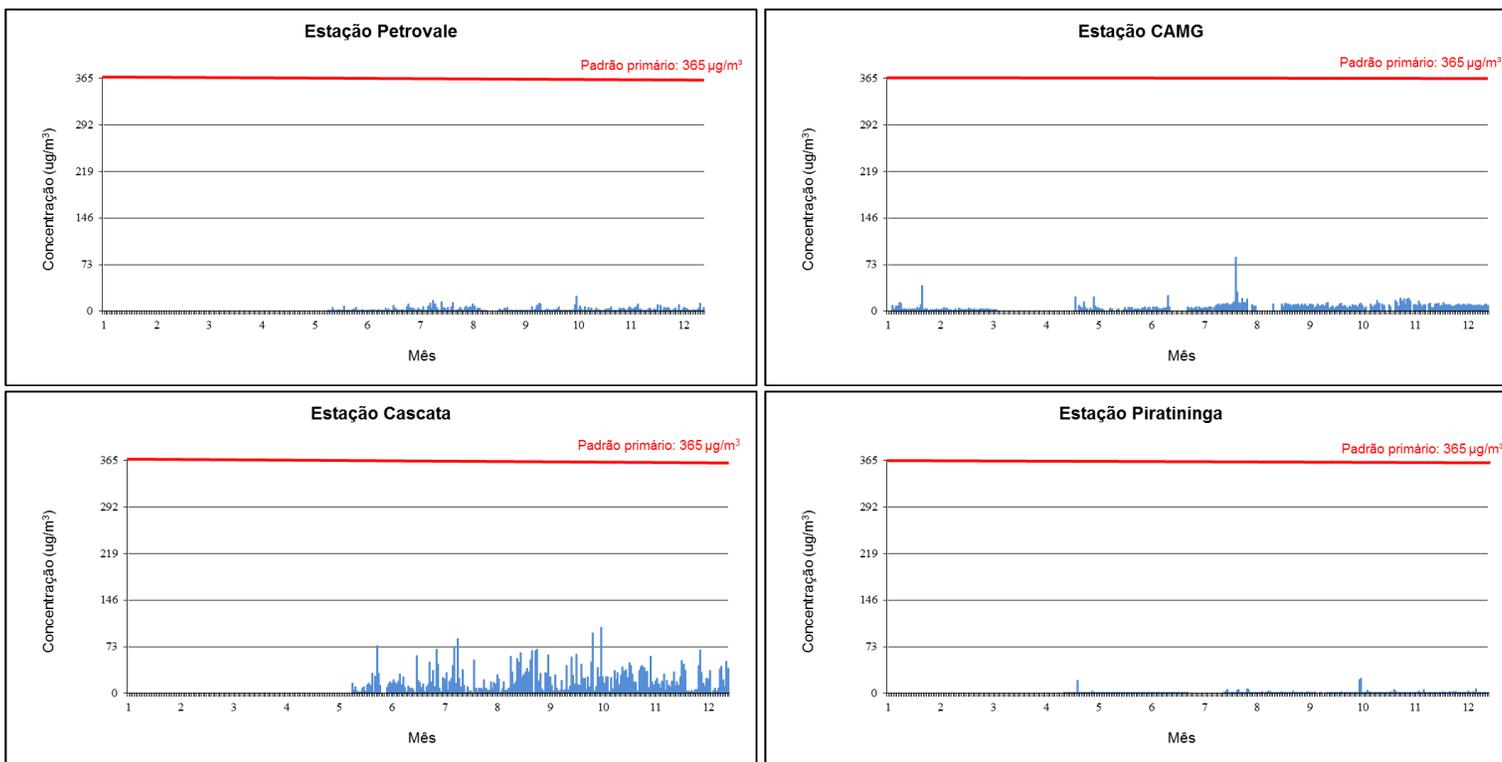
5.1.3 Dióxido de Enxofre (SO_2)

A Resolução CONAMA estabelece a concentração máxima permitida para SO_2 no ar atmosférico. Para o padrão primário foi definido o limite diário máximo de $365\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 , onde esse valor não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano. Os gráficos dispostos nas Figuras 13 e 14 apresentam os valores médios totais registrados para o ano de 2013.

Verifica-se que durante o ano de 2013 não foram registradas ultrapassagens do limite estabelecido pela resolução supracitada para nenhuma das estações. Ressalta-se que a estação Cascata apresentou os maiores níveis de concentração de SO_2 para o período.

Figura 13: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO_2) para as estações da RMBH em 2013





Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Figura 14: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO₂) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

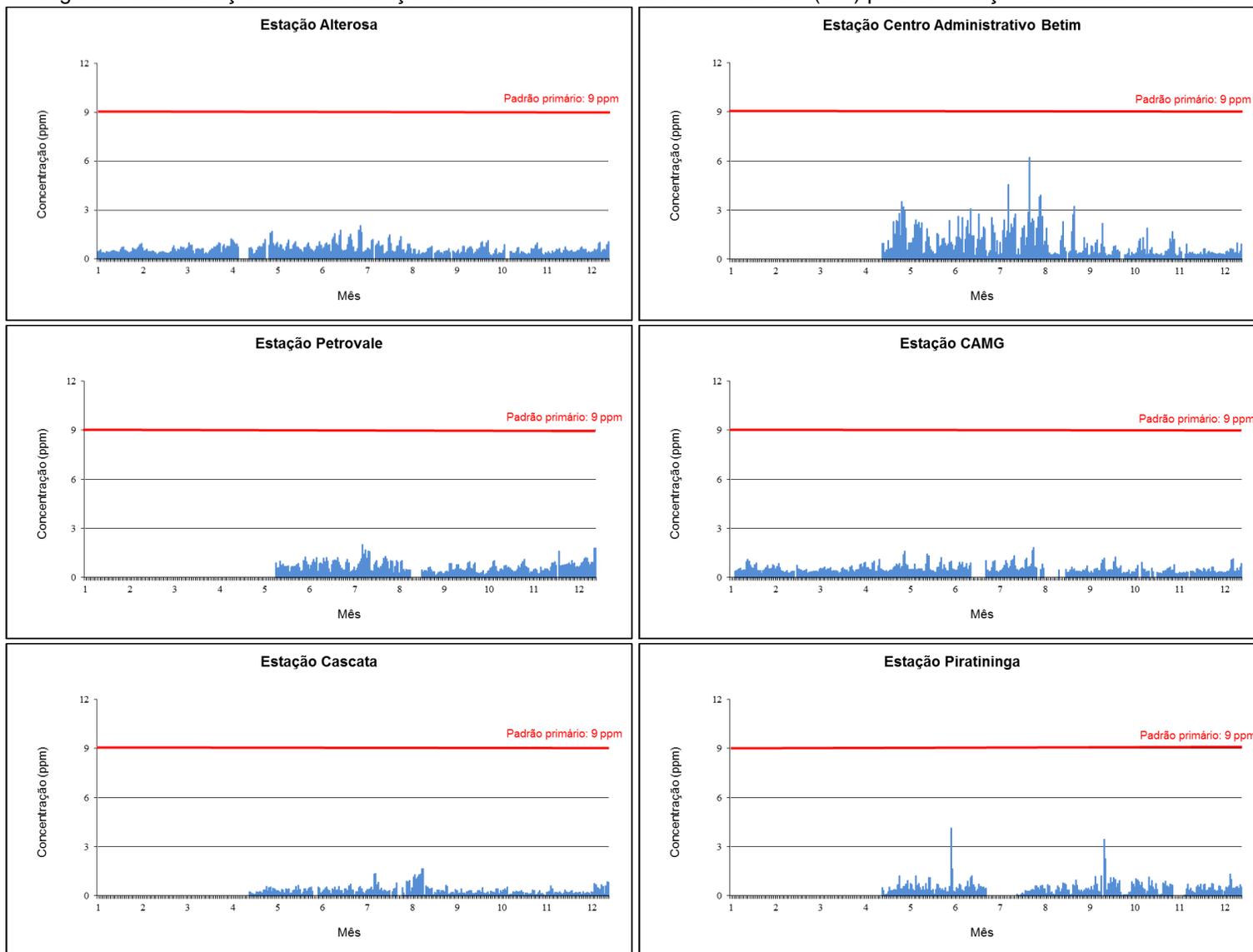
5.1.4 Monóxido de Carbono (CO)

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, onde ambas não devem ser excedidas mais de uma vez ao ano. As Figuras 15 e 16 apresentam a distribuição média diária de concentração de CO para o ano de 2013.

As estações Cascata, Petrovale e Centro Administrativo Betim não apresentaram os dados entre os meses de janeiro a abril, e parte do mês de maio. Já a estação Piratininga não apresentou os dados para os meses de janeiro a março, e parte dos meses de maio e julho. Dessa forma, todas essas estações não atingiram o percentual mínimo de representatividade anual, de 75%.

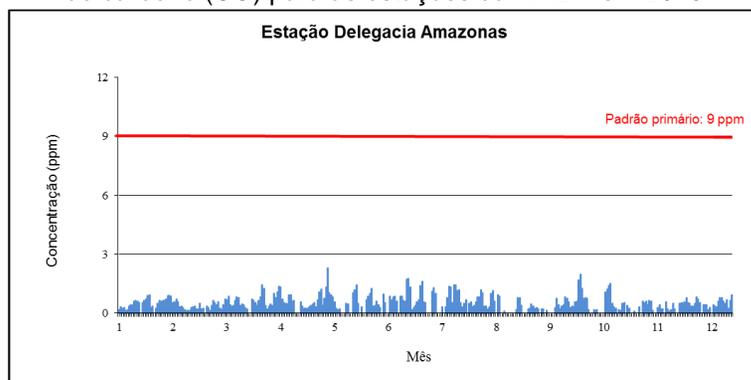
A partir dos gráficos apresentados, verifica-se que durante o ano de 2013 não foram registradas ultrapassagens para os padrões estabelecidos na legislação vigente. Nota-se ainda que com exceção das estações Centro Administrativo Betim e Piratininga, o restante dos valores medidos não ultrapassaram a concentração diária de 3 ppm.

Figura 15: Distribuição da concentração média diária de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Figura 16: Distribuição da concentração média diária de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

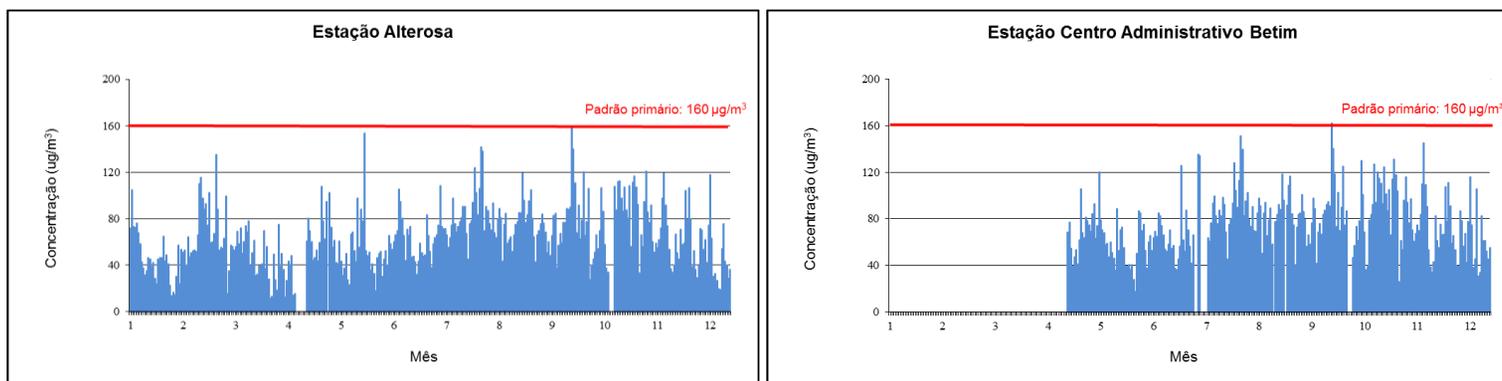
5.1.5 Ozônio (O₃)

A concentração diária de O₃ é definida a partir da maior média horária registrada no dia. A Resolução CONAMA nº 03/1990, estabelece como padrão primário o valor de

As estações Cascata e Centro Administrativo Betim não apresentaram os dados entre os meses de janeiro a março, e parte do mês de abril. A estação Petrovale não disponibilizou os dados de janeiro a abril, e parte do mês de maio, enquanto a estação Piratininga não apresentou os dados entre janeiro a março, e parte dos meses de abril e julho. Dessa maneira, essas estações não obtiveram a percentagem mínima de representatividade anual.

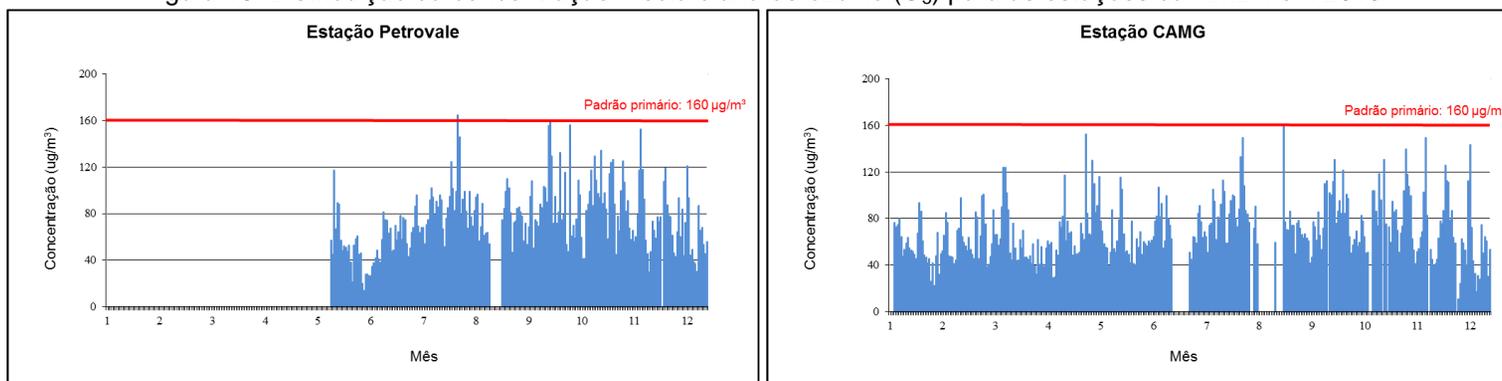
160 µg/m³, que não deve ser excedido mais de uma vez por ano. As Figuras 17 e 18 apresentam as concentrações médias diárias obtidas para 2013.

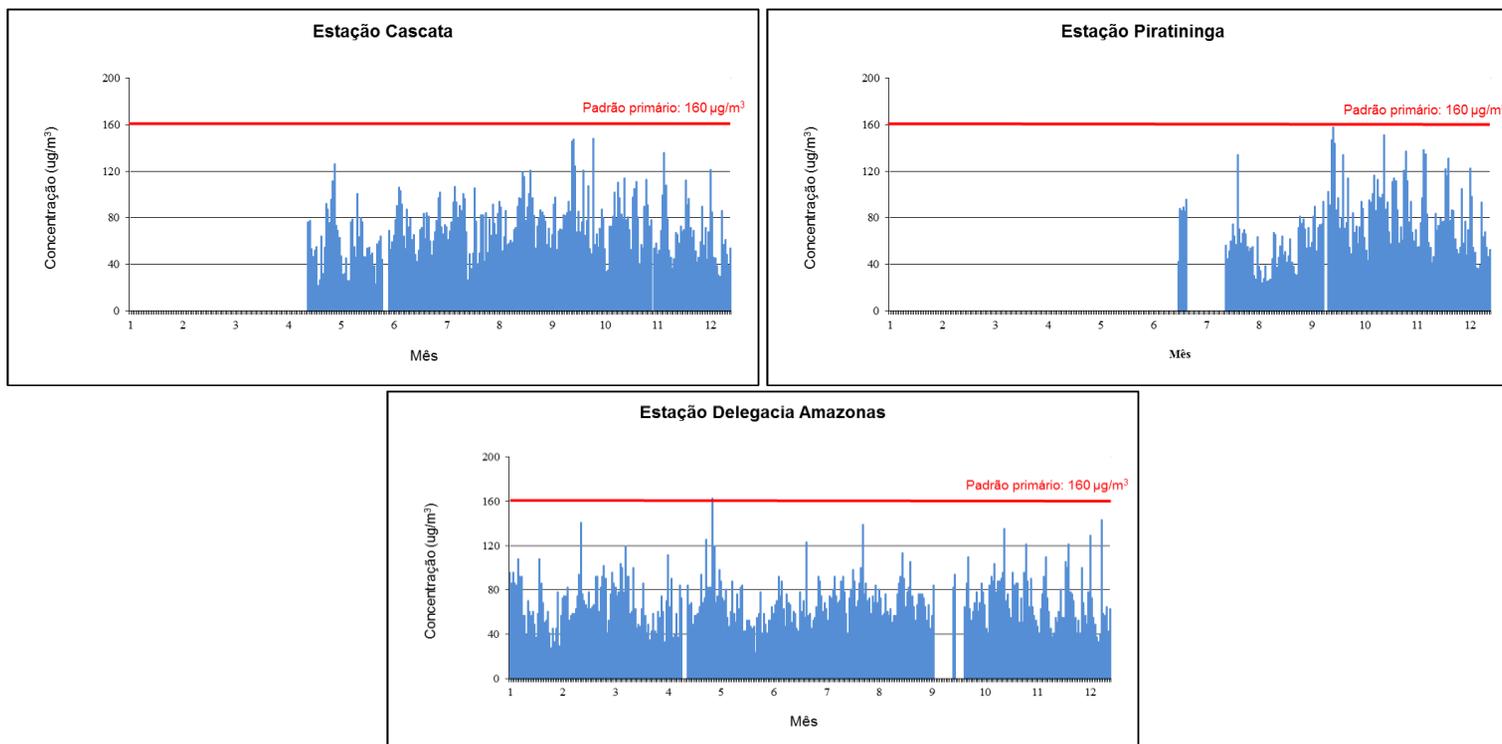
Figura 17: Distribuição da concentração média diária de ozônio (O₃) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Figura 18: Distribuição da concentração média diária de ozônio (O_3) para as estações da RMBH em 2013





Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A partir dos gráficos dispostos acima, observa-se que durante o ano de 2013 apenas a estação Petrovale ultrapassou o limite estabelecido pela resolução CONAMA. As outras estações da RMBH apresentaram valores elevados de concentração de ozônio, com valores próximos ao limite permitido.

Para as estações Cascata e Centro Administrativo Betim não foram apresentados os dados para os meses de janeiro a março, e parte do mês de abril. Já para a estação Petrovale não foi possível mensurar os dados entre os meses de janeiro a abril, e parte do mês de maio, enquanto que a estação Piratininga não apresentou os dados entre janeiro e maio, e em alguns dias dos meses de junho e julho. Desse modo, essas

estações não apresentaram dados suficientes para obter

5.1.6 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

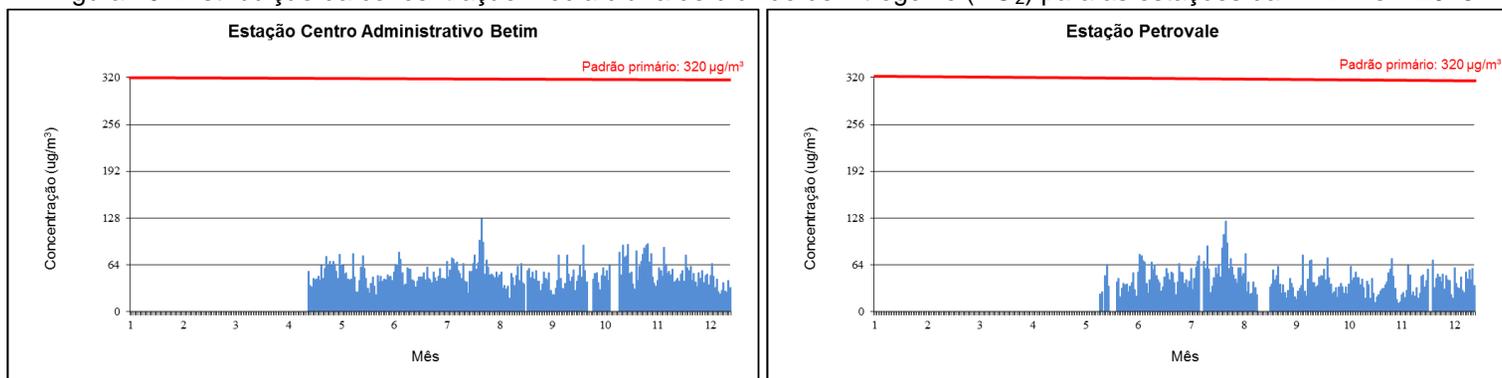
A concentração média diária de NO₂ é representada pela maior média horária registrada no dia, cujo padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, determina que não deve ocorrer a ultrapassagem de 320 µg/m³ de NO₂. A figura 19 apresenta a distribuição diária para o ano de 2013, onde observa-se que não ocorreu o registro de ultrapassagem

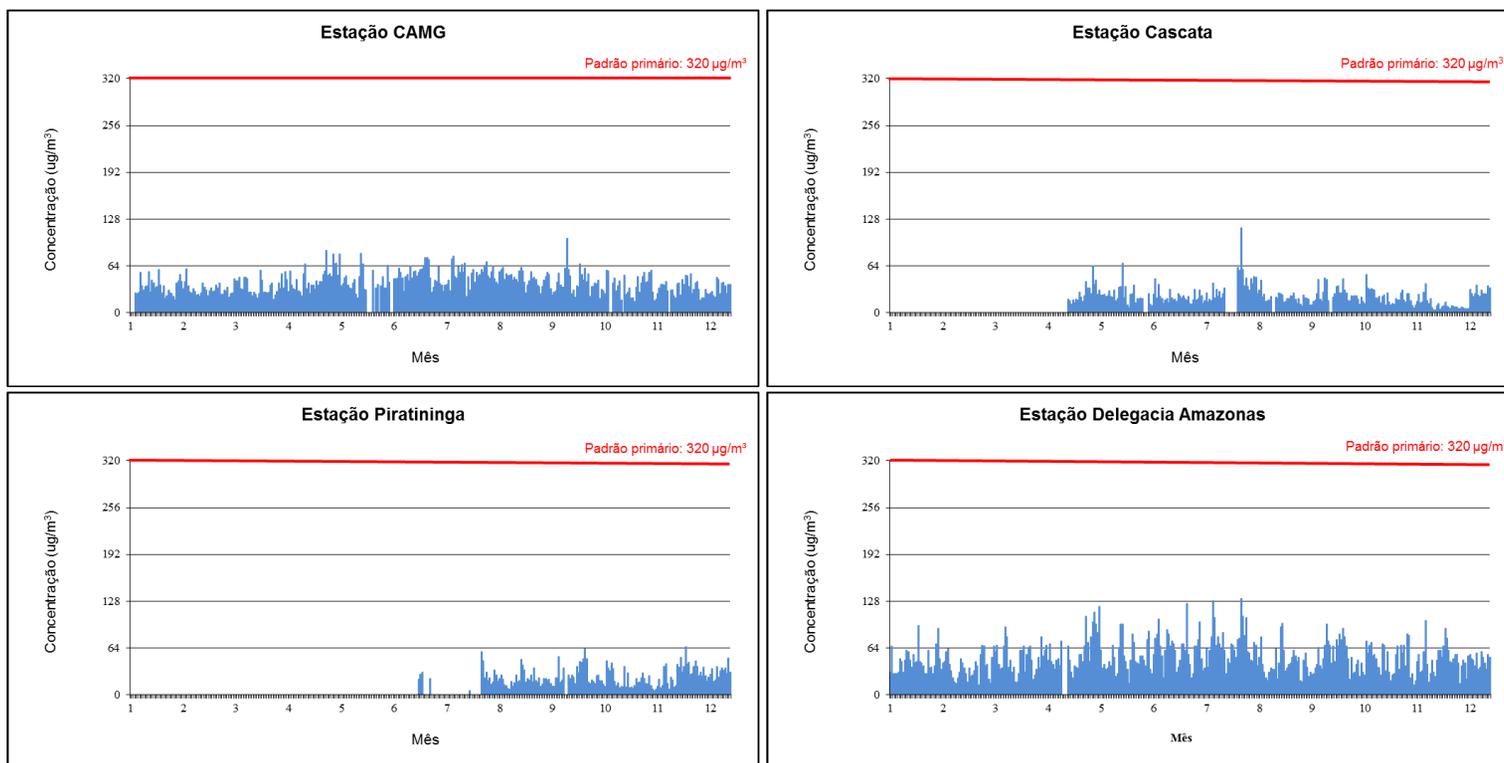
o mínimo de representatividade anual de 75%.

do limite máximo permitido pela legislação para a concentração de NO₂.

Os valores máximos mensurados para o poluente ficaram em aproximadamente 128 µg/m³, entre os meses de abril e setembro, enquanto que para o restante do ano, a maioria dos dados obtidos ficou abaixo de 64 µg/m³.

Figura 19: Distribuição da concentração média diária de dióxido de nitrogênio (NO₂) para as estações da RMBH em 2013





Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação Alterosa não apresentou dados de NO₂ no ano. As estações Cascata e Centro Administrativo Betim não apresentaram dados para o período compreendido entre os meses de janeiro a março e em parte do mês de abril. Já a estação Petrovale não efetuou as medições entre janeiro e abril, e em parte do mês de maio,

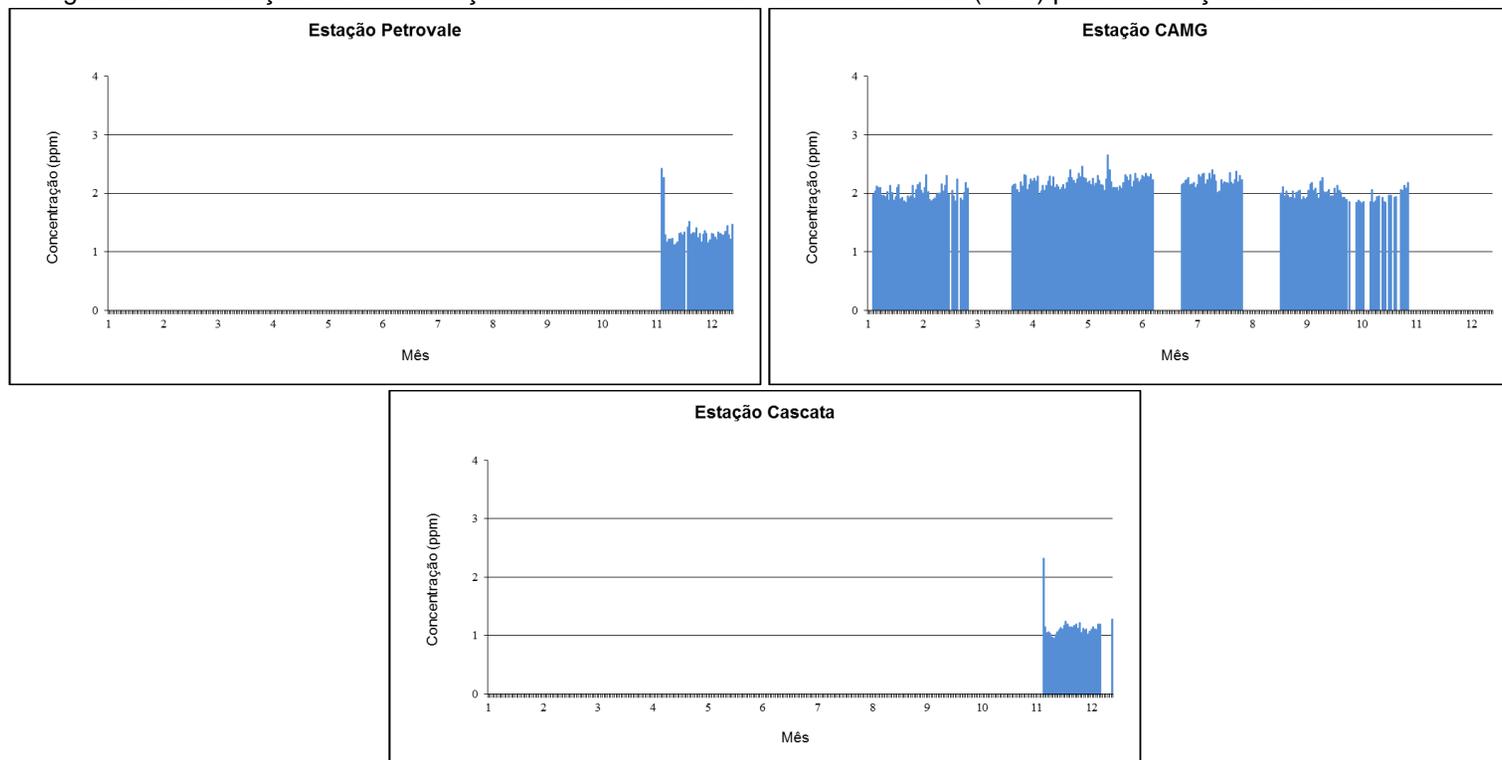
enquanto a estação Piratininga não apresentou as mensurações para o período compreendido entre janeiro e maio e para quase a totalidade de junho e julho. Dessa forma os dados apresentados não foram suficientes para alcançar a representatividade anual de 75% de medições efetuadas.

5.1.7 Hidrocarbonetos totais, metanos e não-metanos

A resolução CONAMA 03/1990 não determina os valores máximos de concentração permitidos para hidrocarbonetos totais (HCT), metanos (CH₄) e não-metanos (HCNM). Contudo, as estações Petrovale, CAMG e Cascata realizaram o monitoramento para HCT, CH₄ e HCNM para o ano de 2013, onde os resultados podem ser observados nas Figuras 20, 21 e 22, respectivamente.

É válido ressaltar que as medições para hidrocarbonetos totais, metano e não-metano apresentaram falhas de medições para todas as estações. Considerando todos os poluentes supracitados, observa-se que as estações automáticas não apresentaram o mínimo de 75% de medições para alcançar a representatividade de dados anual.

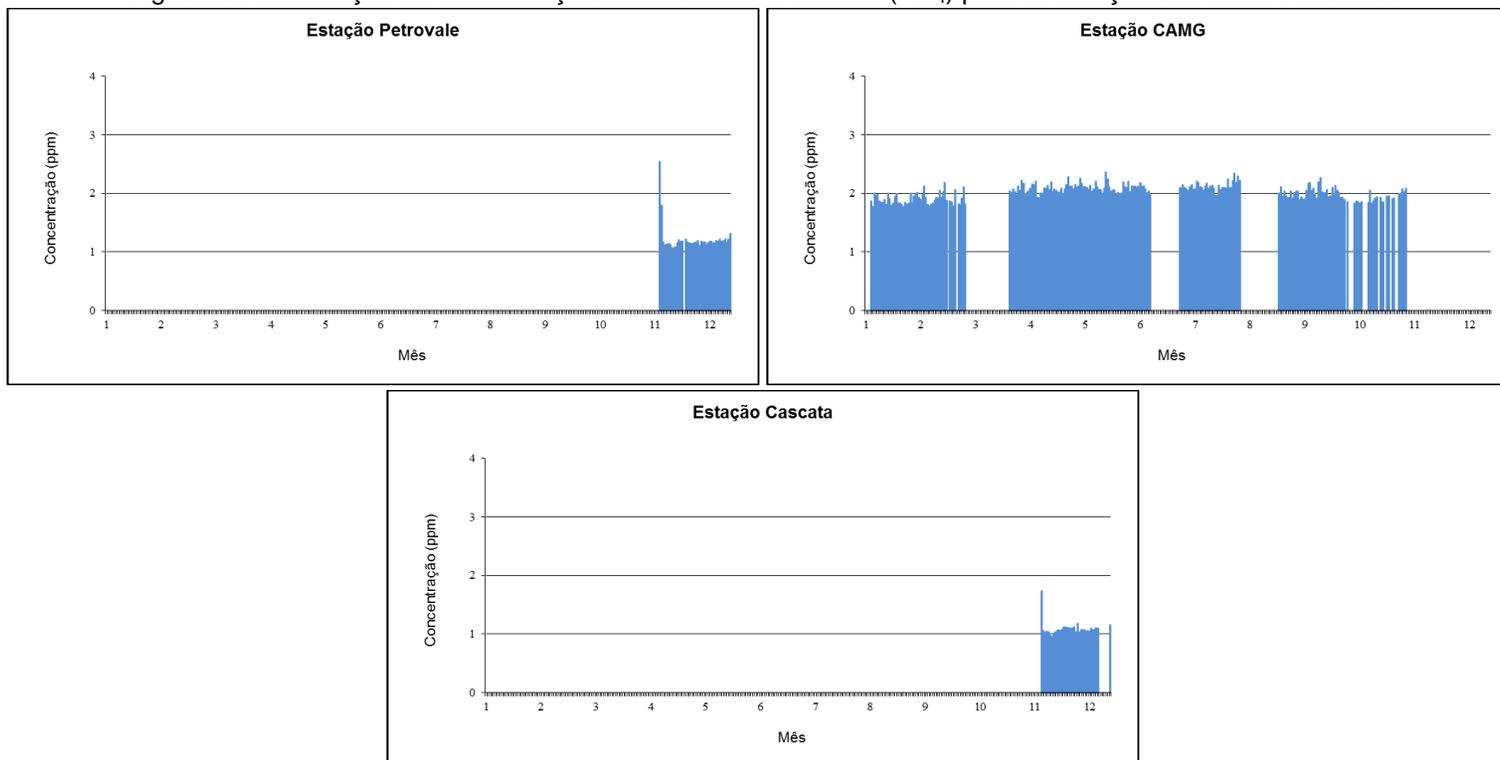
Figura 20: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos totais (HCT) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A partir das Figuras 20 e 21 destaca-se que as medições fornecidas para hidrocarbonetos totais e metano, referentes às medições efetuadas pelas estações Petrovale e Cascata, apresentaram valores em torno de

1 ppm para todo o período analisado, com picos aproximados de 2,5 ppm para o início do mês de novembro. Já a estação CAMG apresentou medições para todo o período anual em torno de 2 ppm.

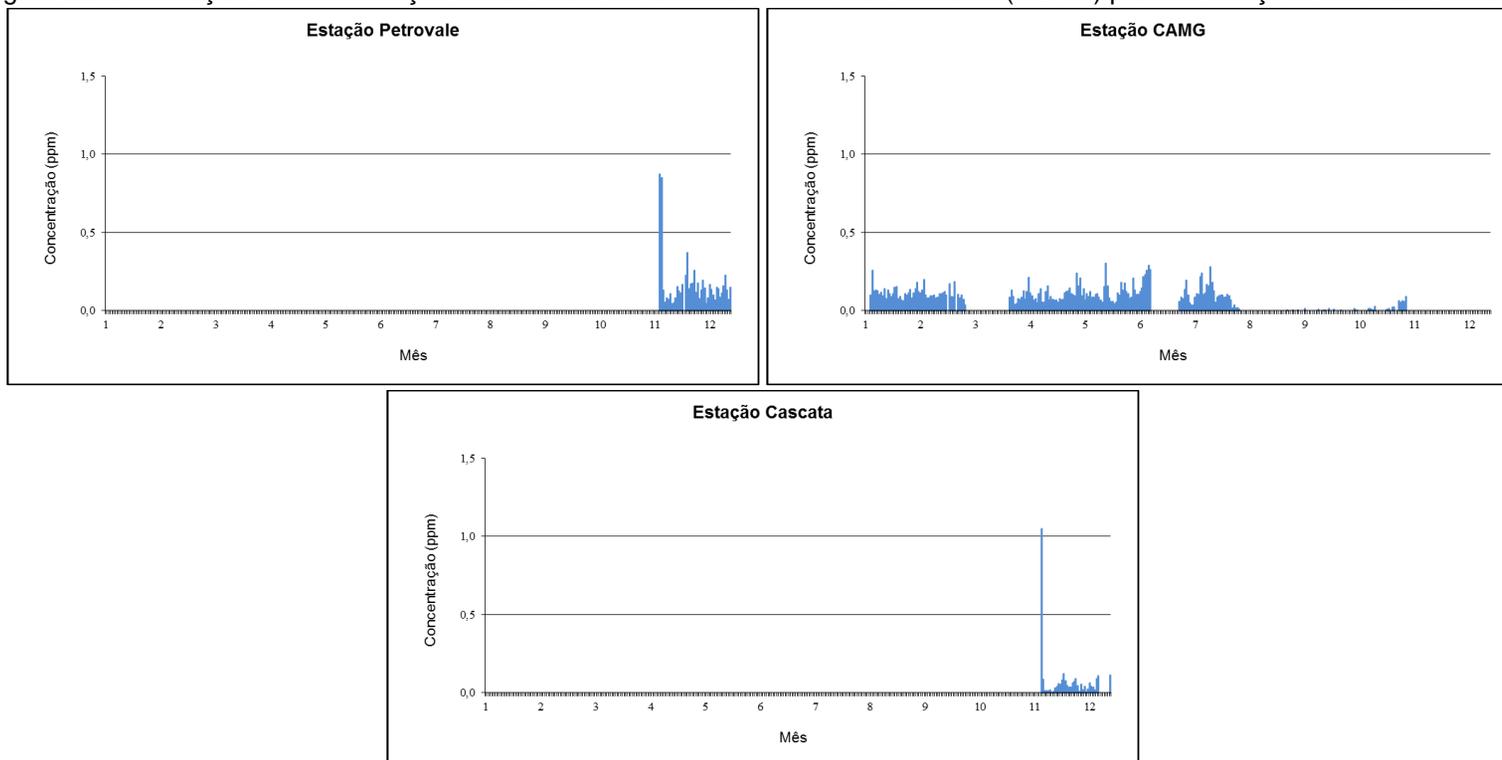
Figura 21: Distribuição da concentração média diária de metano (CH_4) para as estações da RMBH em 2013

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A distribuição de hidrocarbonetos não-metanos para o ano de 2013 pode ser observada a partir da Figura 22, onde cabe destacar que quase a totalidade dos valores mensurados para todas as estações ficaram abaixo de 1

ppm. Os valores mais elevados foram observados para a estação Cascata e Petrovale, com picos de aproximadamente 1 ppm para o início do mês de novembro.

Figura 22: Distribuição da concentração média diária de hidrocarbonetos não-metanos (HCNM) para as estações da RMBH em 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015

5.2 CLASSES DE QUALIDADE DO AR

Para o ano de 2013 foi calculada a percentagem para cada classe de qualidade do ar obtida para cada estação automática disposta na RMBH. Os poluentes considerados para a classificação da qualidade do ar

num determinado local foram aqueles regulamentados através da Resolução CONAMA 03/90, sendo que o pior índice foi utilizado para realizar a classificação diária e posterior cálculo da média anual (Tabela 8).

Tabela 8: Classes de qualidade do ar obtidas para as estações automáticas da RMBH para o ano de 2013

Município	Estação	Classe de qualidade do ar (%)						
		Boa	Regular	Inadequada	Má	Péssima	Crítica	Omisso
Belo Horizonte	Estação Delegacia Amazonas	71,23	27,67	0,27	0,00	0,00	0,00	0,82
	Estação CAMG	72,00	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
Betim	Estação Alterosa	60,27	37,53	0,00	0,00	0,00	0,00	2,19
	Estação Centro Administrativo Betim	55,62	41,10	0,82	0,00	0,00	0,00	2,47
	Estação Petrovale	31,51	28,49	0,55	0,00	0,00	0,00	39,45
Ibirité	Estação Cascata	69,86	28,77	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37
	Estação Piratininga	67,40	17,26	0,00	0,00	0,00	0,00	15,34

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Para as estações situadas no município de Belo Horizonte, observa-se que a estação Delegacia Amazonas apresentou 260 dias classificados como boa

qualidade do ar e 101 dias como regular, enquanto que a estação CAMG apresentou 263 dias como boa qualidade do ar e 95 como regular.

As estações situadas no município de Betim atingiram as maiores percentagens para a classe de qualidade do ar regular. A estação Alterosa apresentou 220 dias como boa qualidade do ar e 137 dias como regular, enquanto que a estação Centro Administrativo Betim atingiu 203 dias como boa qualidade do ar e 150 dias como regular. A estação Petrovale apresentou 39,45% de dados omissos para o ano, sendo que não foram efetuadas medições para o período compreendido entre o início do mês de janeiro e a segunda quinzena do mês de maio. Para o restante dos dias a estação apresentou 115 dias como boa qualidade do ar e 104 dias como regular.

Para as estações automáticas instaladas no município de Ibirité, verifica-se que a estação Cascata apresentou 255 dias classificados como boa qualidade do ar e 105 dias como regular, enquanto que a estação Piratininga apresentou 246 dias como a classe boa e 63 dias como a classe regular.

As estações Alterosa, Cascata, Piratininga e CAMG, não obtiveram a classificação da qualidade do ar como

inadequada. A estação Delegacia Amazonas apresentou a classe inadequada para o dia 04/05, devido à elevada concentração de ozônio ($102 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto que a estação Petrovale apresentou a mesma classe de qualidade do ar para os dias 02/08 e 27/09, sendo que esses eventos também foram relacionados às elevadas concentrações de ozônio, sendo $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Já a estação Centro Administrativo Betim obteve a classe inadequada para três dias durante o ano de 2013, sendo que nos dias 18/07 e 26/08 o índice foi obtido devido à alta concentração de partículas inaláveis, que alcançaram a marca de $128 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, enquanto que para o dia 26/09 a classificação foi obtida devido à elevada concentração de ozônio, que ficou em $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A Tabela 9 apresenta a distribuição mensal dos índices de qualidade do ar obtida para as estações da RMBH, durante o ano de 2013, visando a melhor observação da classificação obtida para a rede de monitoramento automática.

Tabela 9: Distribuição diária dos índices de qualidade do ar para a RMBH - 2013

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

Boa Regular Inadequada Omissa

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

5.3 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Nas próximas seções serão discutidos os parâmetros meteorológicos mensurados pelas estações automáticas, compreendendo velocidade e direção dos ventos,

5.3.1 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

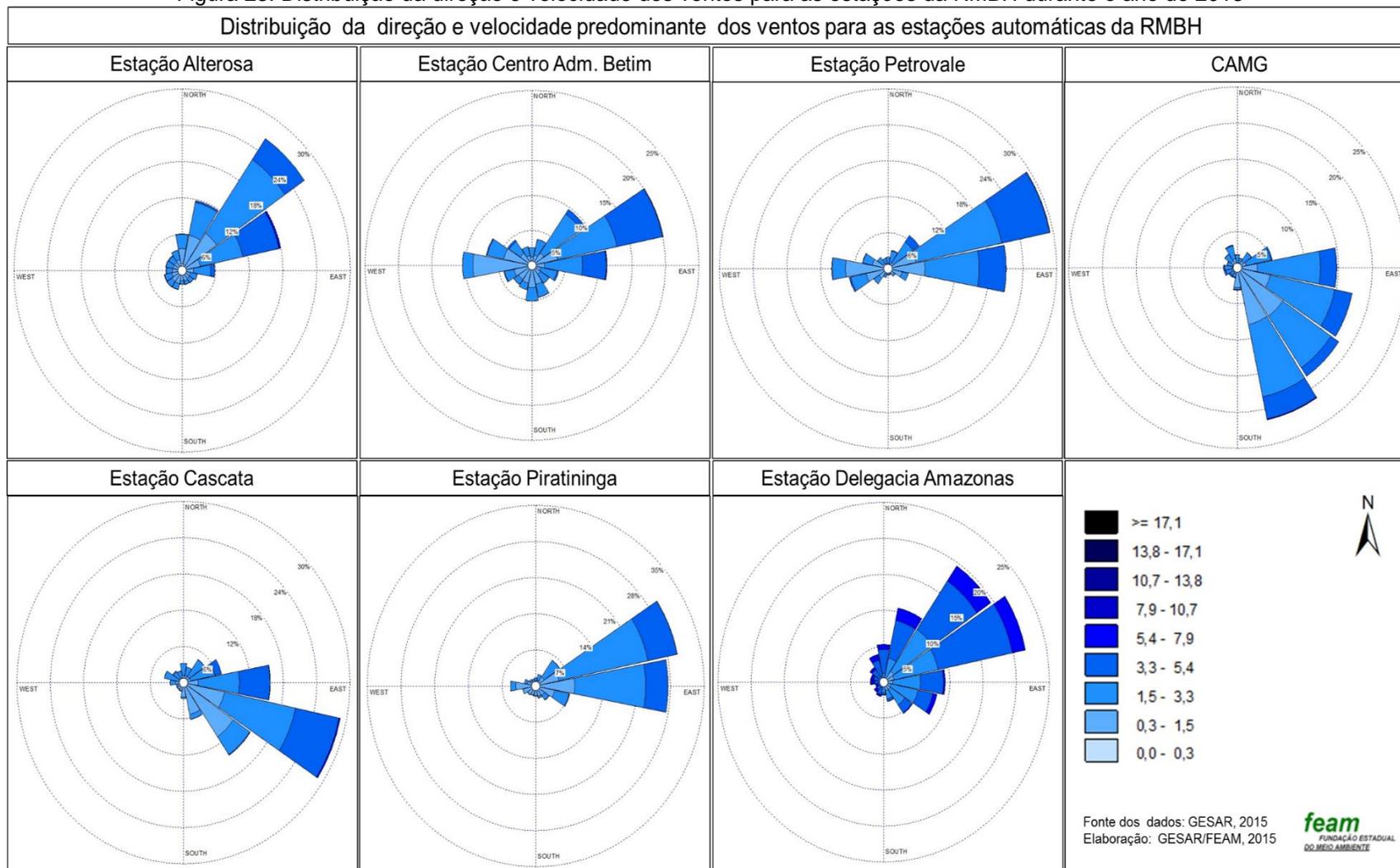
temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação pluviométrica, mensurados durante o ano de 2013.

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, 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 23).

Figura 23: Distribuição da direção e velocidade dos ventos para as estações da RMBH durante o ano de 2013

Distribuição da direção e velocidade predominante dos ventos para as estações automáticas da RMBH



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A percentagem de dados omissos obtida para a direção dos ventos, relativo às estações Alterosa, Centro Administrativo Betim, Petrovale, CAMG, Cascata, Piratininga e Delegacia Amazonas foi de 15,89%, 31,23%, 39,73%, 1,92%, 33,97%, 35,34% e 26,58%, respectivamente. Observa-se que as estações Alterosa e CAMG apresentaram dados representativos para o período amostrado, com a totalidade de dados omissos inferior a 25%.

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

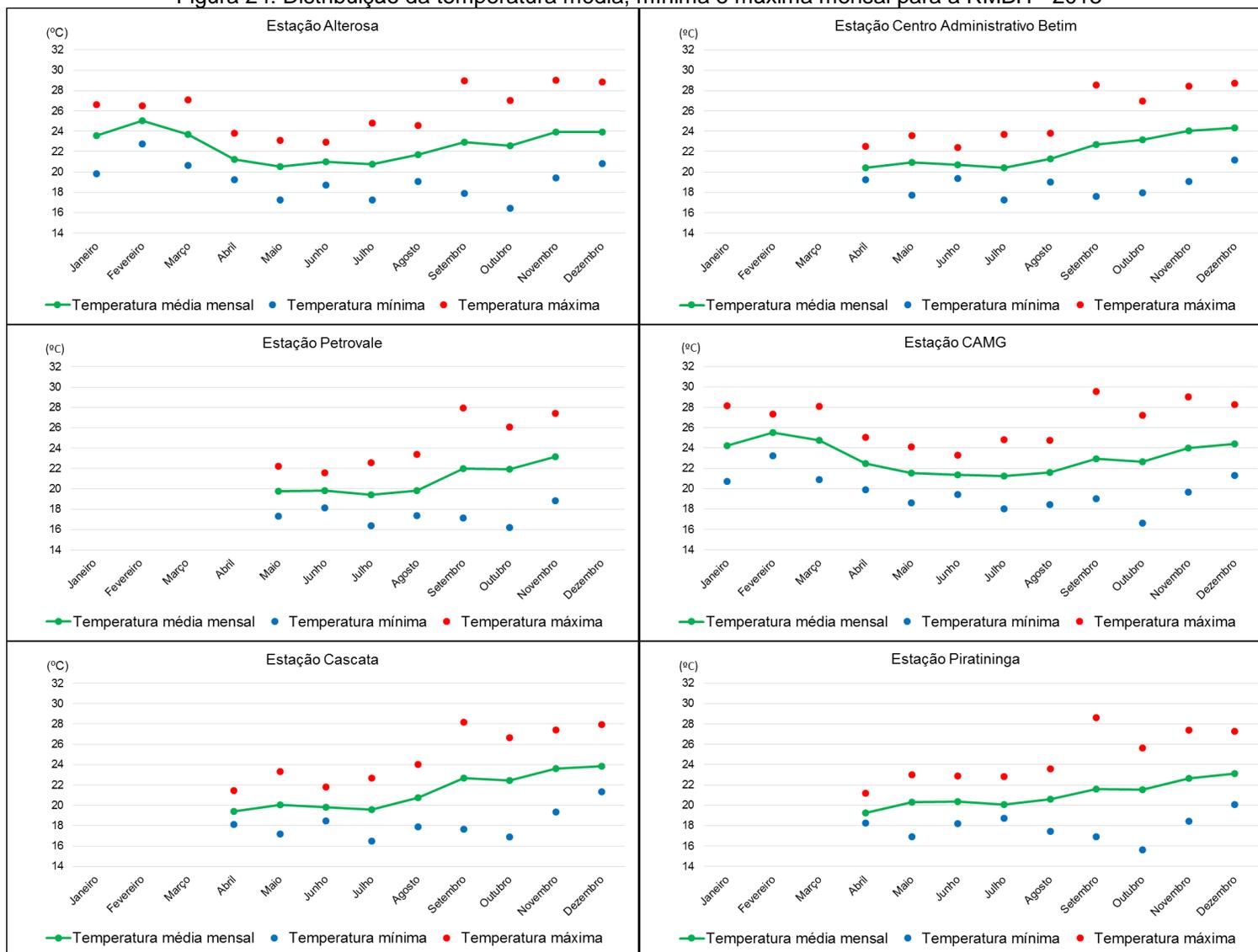
5.3.2 Temperatura do ar

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

predominantemente à atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), onde a sua 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.

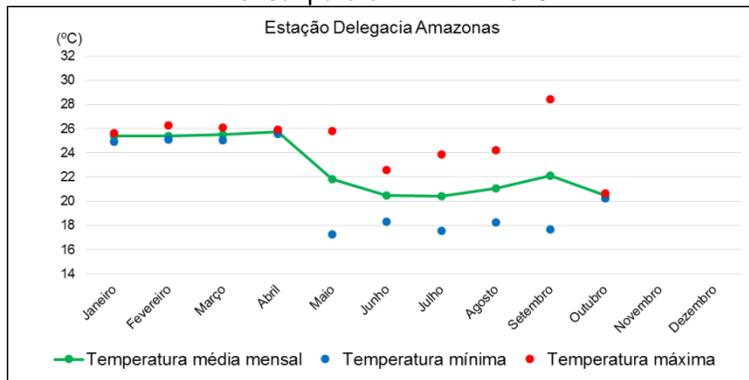
utilizado para a mensuração da temperatura do ar consiste em um termômetro que fornece valores em graus Celsius (°C). As Figuras 24 e 25 apresentam a distribuição das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais para o ano de 2013.

Figura 24: Distribuição da temperatura média, mínima e máxima mensal para a RMBH - 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Figura 25: Distribuição da temperatura média, mínima e máxima mensal para a RMBH - 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Observa-se que a estação Centro Administrativo Betim, Cascata e Piratininga não apresentaram os dados para o

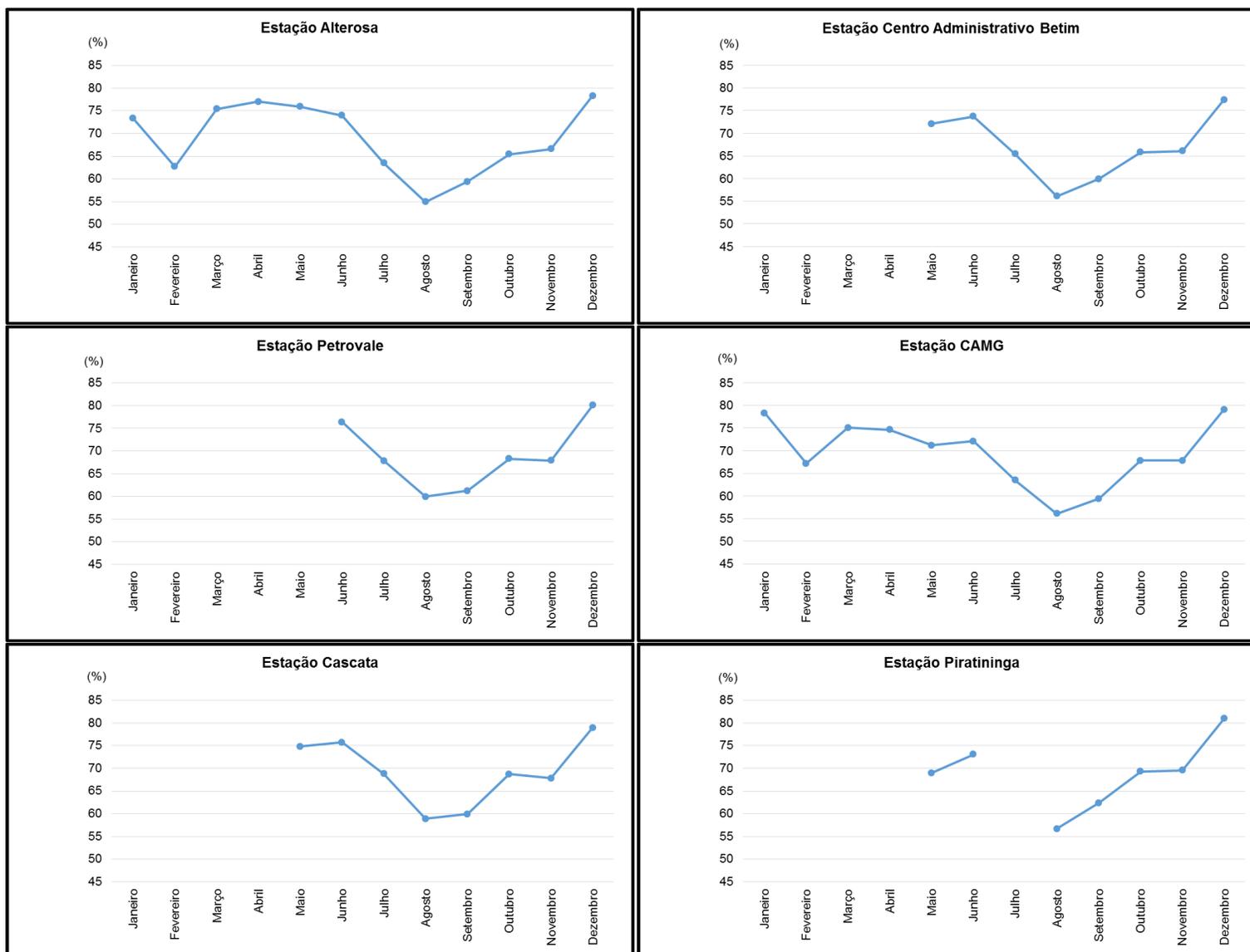
5.3.3 Umidade Relativa do ar

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. (Figuras 26 e 27) O equipamento utilizado para a mensuração da umidade relativa do ar consiste em um psicrômetro que oferece de modo indireto os valores em porcentagem (%) de

período compreendido entre janeiro e março. A estação Petrovale apresentou os dados a partir do mês de maio até novembro, enquanto a estação Delegacia Amazonas não apresentou os dados para novembro e dezembro. Dessa forma, as estações Alterosa, Centro Administrativo Betim, Petrovale, CAMG, Cascata, Piratininga e Delegacia Amazonas apresentaram a porcentagem de 5,75%; 31,23%; 39,72%; 1,91%; 33,97%; 35,34% e 26,57% de dados omissos para o período analisado, respectivamente. As estações supracitadas apresentaram valores de temperatura média anual entre 21,26°C e 23,03°C, respectivamente.

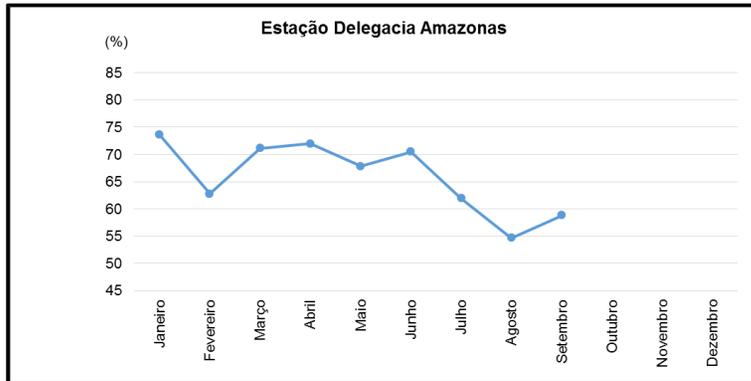
umidade relativa. Esses valores são obtidos a partir de dois termômetros idênticos, denominados bulbo seco e bulbo úmido, onde o segundo diferencia-se por estar envolvido em gaze ou material similar, sendo mantido constantemente umedecido.

Figura 26: Distribuição da umidade relativa do ar mensal para a RMBH - 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

Figura 27: Distribuição da umidade relativa do ar mensal para a RMBH - 2013



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A partir dos gráficos de umidade relativa dispostos acima, concomitantemente ao período de ausência de

5.3.4 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

medições de temperatura do ar, observa-se que as estações Alterosa, Centro Administrativo Betim, Petrovale, CAMG, Cascata, Piratininga e Delegacia Amazonas apresentaram a percentagem de 5,75%; 31,23%; 39,72%; 1,91%; 33,97%; 35,34% e 26,57% de dados omissos para o período anual analisado, respectivamente. É válido ressaltar que para todas as estações automáticas supracitadas os menores valores obtidos para umidade relativa foram registrados durante o mês de Agosto.

espectral solar direta em incidência normal (fotômetro solar), onde os valores são fornecidos em watts por metro quadrado (W/m^2). A Tabela 10 apresenta os valores médios, máximos e mínimos obtidos para o ano de 2013.

Tabela 10: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para radiação solar global (W/m^2) obtida para a RMBH em 2013.

Média, máxima e mínima mensal obtida para a radiação solar global (W/m^2)																					
	Alterosa			Delegacia Amazonas			Cascata			Petrovale			Centro Adm. Betim			Piratinga			CAMG		
	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.
Janeiro	91,0	281,4	469,3	58,3	181,9	315,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,0	162,6	298,6
Fevereiro	209,9	371,4	457,7	146,6	236,3	311,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129,9	236,7	308,1
Março	94,6	260,2	428,4	49,7	166,4	258,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73,7	171,5	244,9
Abril	90,7	262,4	368,3	66,8	156,1	210,3	*193,9	*269,3	*317,2	-	-	-	*155,3	*278,0	*322,7	*225,4	*276,9	*316,4	62,7	158,2	219,8
Maiο	78,9	231,6	309,3	55,6	149,3	198,8	74,6	225,6	303,4	-	-	-	75,3	235,8	314,4	74,3	232,7	299,8	51,5	166,6	216,7
Junho	152,8	234,9	268,5	100,3	144,0	171,3	143,0	219,0	259,4	-	-	-	129,0	230,3	288,1	147,6	226,3	269,3	94,2	147,2	170,6
Julho	114,5	248,7	302,6	70,3	145,2	177,0	149,5	245,2	297,0	-	-	-	145,3	254,4	304,4	*148,3	*235,9	*299,1	94,5	166,8	211,9
Agosto	118,6	290,7	362,1	109,5	167,6	196,3	149,1	288,0	359,4	-	-	-	142,9	293,0	425,3	178,2	292,0	354,3	105,7	199,8	253,4
Setembro	50,0	312,6	409,3	39,9	182,7	238,3	45,7	293,6	394,5	*76,4	*293,7	*397,9	51,2	312,1	409,1	60,1	299,5	395,1	47,9	212,2	265,6
Outubro	99,7	314,8	614,5	*97,5	*104,0	*110,5	59,5	268,0	444,2	102,0	274,4	443,9	59,7	309,0	459,0	60,7	287,1	442,7	60,8	198,9	362,2
Novembro	80,1	313,4	474,3	-	-	-	87,1	292,1	443,8	80,5	288,7	455,0	73,4	306,9	477,5	95,8	305,6	468,2	74,7	212,1	319,6
Dezembro	98,1	279,2	424,0	-	-	-	111,4	264,5	415,1	103,5	251,6	422,1	113,9	287,0	429,7	105,2	262,1	416,5	65,2	164,7	260,2

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

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

As estações Alterosa e CAMG obtiveram o mínimo de representatividade anual dos dados, totalizando 5,20% e 1,91% de dados omissos anuais, respectivamente.

A estação Delegacia Amazonas não realizou o monitoramento para radiação solar global a partir do

início de outubro até o fim do ano de 2013, totalizando 26,57% de dados omissos anuais. As estações Cascata, Centro Administrativo Betim e Piratinga não efetuaram o monitoramento entre os meses de janeiro e março, e para alguns dias do mês de Abril, totalizando 33,97%, 31,23% e 35,34% de dados omissos anuais,

respectivamente. A estação Petrovale não apresentou as medições para o período compreendido entre janeiro e agosto, e para parte significativa do mês de setembro, totalizando 75,89% de dados omissos. Dessa forma, as

5.3.5 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 11 apresenta a distribuição dos valores médios, máximos e mínimos de pressão atmosférica obtidos para as estações da RMBH durante o ano de 2013.

estações automáticas supracitadas não obtiveram o mínimo de dados para alcançar a representatividade anual (75% das medições).

As estações Delegacia Amazonas e CAMG realizaram as medições de pressão atmosférica para o período de 2013, contudo, a estação Delegacia Amazonas não efetuou as medições para os meses de novembro e dezembro e em parte significativa do mês de outubro. Dessa maneira, a estação Delegacia Amazonas obteve o total de 26,57% de dados omissos, de forma que não foi suficiente para obter o mínimo de representatividade (75% das medições) para o ano de 2013. Já a estação CAMG apresentou o total anual de 1,91% de dados omissos. A estação Cascata não registrou dados de pressão atmosférica no ano de 2013.

Tabela 11: Distribuição dos valores médios, mínimos e máximos mensais para a pressão atmosférica (mmHg) obtida para a RMBH em 2013

Valores médios, máximos e mínimos mensais obtidos para pressão atmosférica (mmHg)						
	Delegacia Amazonas			CAMG		
	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.
Janeiro	995,32	996,93	998,49	917,95	920,88	924,37
Fevereiro	995,94	997,49	998,13	918,95	921,46	922,55
Março	996,03	997,84	1000,20	918,50	921,83	926,28
Abril	996,96	998,66	1000,61	919,94	923,18	927,02
Maiο	997,12	998,99	1000,71	920,35	923,87	927,03
Junho	998,17	999,59	1001,07	922,52	924,93	927,50
Julho	998,02	1000,19	1002,39	921,88	925,79	929,78
Agosto	997,84	999,81	1001,80	921,53	925,22	928,71
Setembro	997,29	999,36	1001,44	919,92	923,96	927,85
Outubro	* 998,2	* 998,3	* 998,4	918,33	922,87	927,67
Novembro	-	-	-	915,69	920,44	923,80
Dezembro	-	-	-	914,99	918,53	921,43

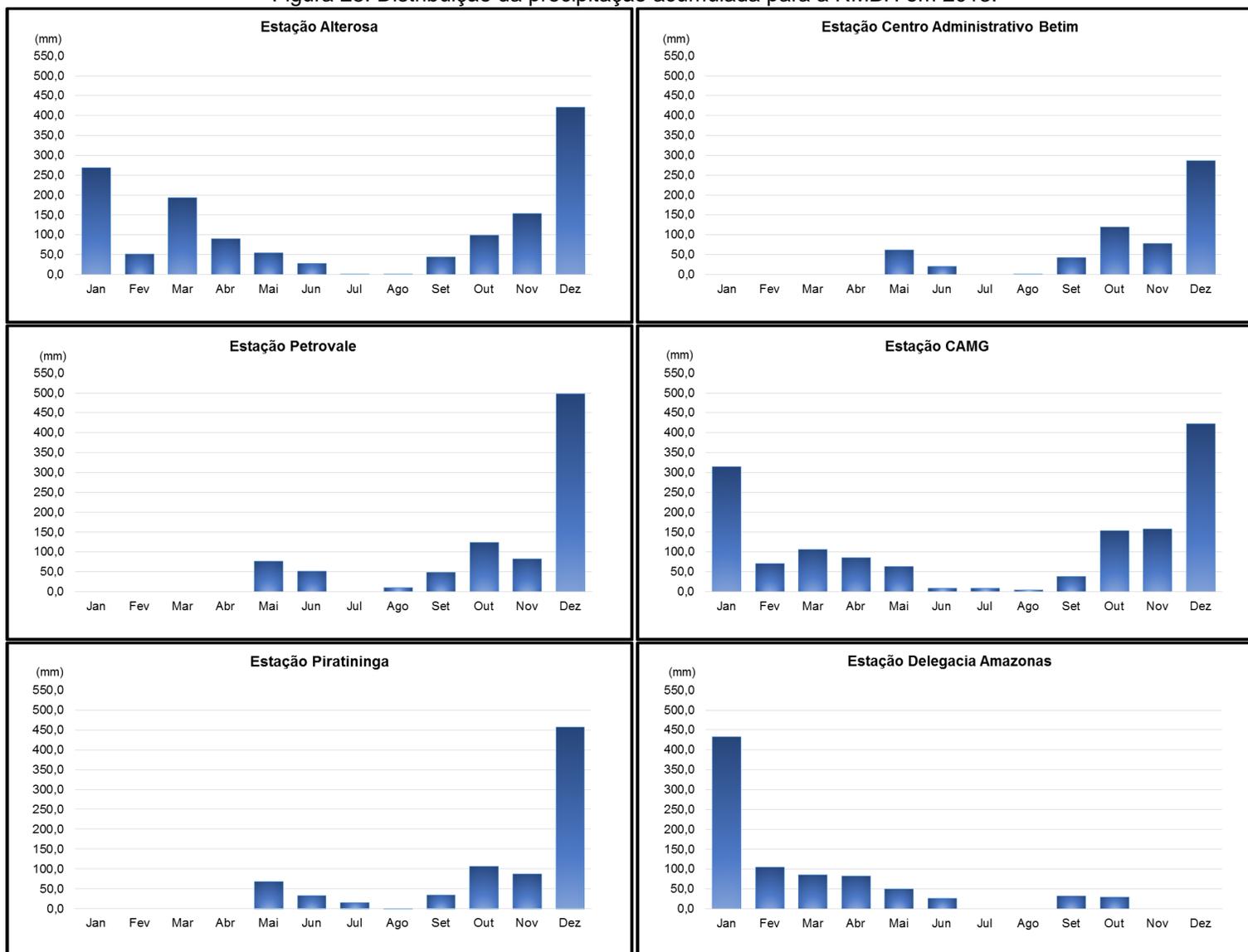
Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015. Os valores sinalizados com um asterisco (*) não foram representativos para o mês, enquanto que os períodos marcados com (-) não foram medidos pelas estações.

5.3.6 Precipitação

Os valores de precipitação foram obtidos pelas estações automáticas através 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 obtidos através de um pluviômetro que fornece dados em milímetros (mm) de chuva, onde 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 28 em que as barras em azul representam a precipitação acumulada mensal em milímetros (mm) para as seis estações automáticas da RMBH que efetuaram as medições para o ano de 2013.

Figura 28: Distribuição da precipitação acumulada para a RMBH em 2013.



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2015.

A estação Delegacia Amazonas não efetuou as medições entre os meses de outubro e dezembro, enquanto que as medições obtidas para as estações Petrovale e Centro Administrativo Betim não contemplaram o mês de janeiro até meados do mês de maio. Já a estação Piratininga não apresentou os dados para o período compreendido entre janeiro e a segunda quinzena do mês de abril, além do mês de julho. Com isso, as estações supracitadas não alcançaram o percentual mínimo de representatividade anual (75% das medições). A estação Cascata não registrou dados de precipitação para o ano.

A percentagem de dados omissos obtidos para as estações Alterosa, Delegacia Amazonas, Petrovale, Centro Administrativo Betim, Piratininga e CAMG foi de 3,01%, 25,75%, 39,45%, 39,17%, 35,34%, 1,91%,

respectivamente. É válido ressaltar que a partir dessas medições somente as estações Alterosa e CAMG apresentaram dados representativos para a caracterização anual.

Observa-se que a distribuição das chuvas na RMBH apresenta-se de forma sazonal, com maior intensidade durante o período chuvoso, compreendido entre os meses de outubro a março. Durante o período seco, compreendido entre os meses de abril e setembro, há a diminuição significativa do total precipitado. Durante os dias em que houve o registro de intensa precipitação pluviométrica, observa-se a diminuição da concentração de poluentes atmosféricos, uma vez que ocorre o processo de deposição úmida, que é considerado o mais eficaz na remoção de poluentes.

6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A partir do ano de 2013, apresentam-se os resultados do monitoramento realizado pela estação CAMG, ampliando a rede automática de monitoramento da qualidade do ar da região metropolitana de Belo Horizonte. A estação Amazonas volta a compor a rede da região metropolitana depois de ter sido desativada no ano de 2010 e ter passado pela atualização dos equipamentos de medição. As estações Aeroporto Carlos Prates e Praça Tancredo Neves foram definitivamente desativadas.

Em 2013, a qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte variou de boa a inadequada, com a predominância das classes boa e regular. A classe inadequada foi registrada em 6 dias do ano de 2013. Em maio, no dia 4, houve registro pela estação Amazonas, pelo parâmetro ozônio que atingiu concentração de $162,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No mês de julho, no dia 18, o poluente partículas inaláveis com concentração de $177,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ determinou a classe inadequada para a estação Centro Administrativo Betim. No mês de agosto, dia 26, também, a estação Centro Administrativo Betim registrou qualidade inadequada em função das concentrações de partículas inaláveis de $155,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e no mês de setembro, dia 26, essa estação registrou a classe inadequada devido ao valor de $161,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para ozônio. A estação Petrovale registrou 2 dias para a classe inadequada em função das concentrações de ozônio nos dias 02 de agosto e 27 de setembro, com valores de $164,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

No ano de 2013, seguindo tendências dos anos anteriores, a qualidade do ar classificada como regular e inadequada na região metropolitana de Belo Horizonte se deu em função das concentrações de material particulado ou ozônio, ou a concentração dos dois poluentes em um mesmo dia. No entanto, ressalta-se que houve registro de qualidade regular para o parâmetro NO_2 na estação Petrovale em 2 dias do ano; na estação CAMG em 1 dia a qualidade

do ar foi classificada como regular pelos parâmetros SO_2 e NO_2 ; na estação Centro Administrativo Betim, foram 2 dias para CO e 1 dia para NO_2 ; na estação Amazonas 11 dias classificado como regular em função das concentrações de NO_2 ; e estação Cascata 3 dias para SO_2 e 1 dia para NO_2 . Para as estações Alterosa e Piratininga a classe regular registrada pelas estações se deu exclusivamente pelas concentrações de material particulado ou ozônio. Esses resultados revelam que medidas implementadas para melhoria da qualidade do ar devem visar, sobretudo, a diminuição das concentrações desses dois poluentes, material particulado e ozônio.

As estações Petrovale, Piratininga e CAMG não atingiram o percentual mínimo de 75% de dados válidos para partículas inaláveis. As estações Alterosa, Cascata e Centro Administrativo Betim atingiram o valor mínimo exigido. Para o poluente ozônio, as estações Petrovale, Piratininga, Cascata e Centro Administrativo Betim não apresentaram 75% de dados válidos para o ozônio. As estações Alterosa, CAMG e Amazonas cumpriram o requisito.

Para a estação Alterosa que obteve 75% de dados válidos para os dois poluentes, partículas inaláveis e ozônio, 34% dos dias classificados como regular foi exclusivamente pelas concentrações de ozônio, enquanto 38% se deve pelos altos valores apresentados pelas partículas inaláveis.

Para as estações que atingiram o percentual válido de 75% ano, foi possível comparar a concentração média aritmética anual com os valores registrados no ano de 2012. Para a estação Alterosa, houve aumento dessa média, que registrou no ano de 2013, $38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superior aos $36,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificados em 2012. Na estação Cascata houve queda nos valores, de $32,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2012 para $30,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2013. A estação Centro Administrativo Betim, cujo valor quase ultrapassou a média anual determinada pela Resolução CONAMA nº 03/90, registrou $49,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no ano de 2013, o menor verificado com relação ao ano anterior, no qual houve ultrapassagem da média anual com concentração de $50,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Em 2013, a estação CAMG monitorou concentrações de partículas respiráveis, PM_{2,5}. A legislação ambiental nacional não estabelece limites de concentrações para essa fração de material particulado. Os valores medidos registraram significativa variação durante o ano, sendo as maiores concentrações encontradas nos meses de julho e agosto.

Para o poluente dióxido de enxofre, observa-se que os valores de concentração registrados por todas as estações foram bem inferiores ao exigido na legislação. Entre as estações, a estação Cascata é a que apresenta maiores valores quando comparadas as demais.

O monóxido de carbono também registra valores bem abaixo do determinado pela legislação nacional vigente. Das estações, a estação Centro Administrativo Betim registra os maiores valores quando se avalia com as demais estações.

Dióxido de nitrogênio, também, apresenta concentrações abaixo do determinado pela legislação atualmente em vigor. Quando se compara os valores medidos pelas estações, as que apresentam as maiores concentrações são Centro Administrativo Betim, Petrovale e Amazonas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELO HORIZONTE. **Lei n. 7.165 de 27 de Agosto de 1996**. Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 1996. 48 p. 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. **Lei n. 7.166 de 27 de Agosto de 1996**. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município. Belo Horizonte, 1996. 61 p.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **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. 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.

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

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=|inifogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Portal Cidades. **Minas Gerais: São José da Lapa**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316295&search=minas-gerais|sao-jose-da-lapa>>. 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. **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.

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; RAIA, Adma; REIS, Rui Bran 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.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Planejamento Urbano: Mapa consolidado**. Mapa Consolidado da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=planejamentourbano&tax=38827&lang=pt_BR&pg=8843&taxp=0&>. Acesso em: 29 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. **Beaufort Scale of Wind-Force**. Manual on Marine Meteorological Services, volume 01, nº 558, 2012. 111p.