

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Denise Marques Sales

**CLIMA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS: INTER-RELAÇÕES NO
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE (MG)**

Belo Horizonte

2019

Denise Marques Sales

**CLIMA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS: INTER-RELAÇÕES NO
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais como pré-requisito para obtenção do título de mestre.

Área de Concentração: Análise Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Wellington Lopes Assis

Coorientador: Prof. Dr. Bráulio Fonseca Magalhães

Belo Horizonte

2019

S163c Sales, Denise Marques.
2019 Clima e doenças respiratórias [manuscrito] : inter-relações no município de Belo Horizonte (MG) / Denise Marques Sales. – 2019.
xv,132 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Wellington Lopes Assis.
Coorientador: Bráulio Magalhães Fonseca.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Geografia, 2019.
Área de concentração: Análise Ambiental.
Bibliografia: f. 108-115.
Inclui apêndices e anexos.

1. Climatologia urbana – Belo Horizonte – Teses. 2. Aparelho respiratório – Doenças – Teses. 3. Geoprocessamento – Teses. I. Assis, Wellington Lopes. II. Fonseca, Bráulio Magalhães. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geografia. IV. Título.

CDU: 551.58 (815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Clima e doenças respiratórias: inter-relações no município de Belo Horizonte (MG)

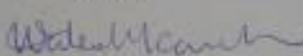
DENISE MARQUES SALES

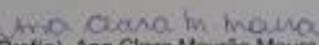
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

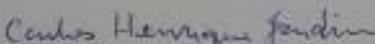
Aprovada em 15 de maio de 2019, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Wellington Lopes Assis - Orientador
UFMG

Prof(a). Braulio Magalhaes Fonseca
UFMG


Prof(a). Waleska Teixeira Caiáffa
UFMG


Prof(a). Ana Clara Mourão Moura
Escola de Arquitetura - UFMG


Prof(a). Carlos Henrique Jardim
UFMG

Belo Horizonte, 15 de maio de 2019.

Dedico a todos que acreditaram em meu potencial. Em especial aos meus pais, Vânia e Márcio (in memoriam), e à minha irmã, Bárbara, principais responsáveis por esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Sou grata à minha mãe e pai (*in memoriam*) por terem me dado a vida e educação para seguir com simplicidade e honestidade.

À minha irmã Bárbara por compartilhar decisões, conquistas, angústias e alegrias comigo; por ler os milhares de mensagens, e-mails, por me salvar nos apertos com tabelas, planilhas e também com as formalidades.

Ao Prof. Wellington Lopes Assis por aceitar o desafio de orientar uma pesquisa transdisciplinar, pela atenção, pontualidade, compromisso e por desafiar meus limites.

Ao Prof. Bráulio Magalhães Fonseca pelas tardes extensas de modelagens e conversas, pela paciência, ensinamentos e convivência.

Às ilustres Prof.^a Carla Juscélia, Prof.^a Doralice Pereira, Prof.^a Valéria Roque, e aos queridos Prof. Alberto Avelar (*in memoriam*), Prof. Carlos Alberto, Prof. Paulo Rodrigues e Prof. Pedro França, pelas valiosas contribuições, sugestões e conversas antes e durante o processo da pós-graduação.

À Prodabel pela disponibilização dos dados e, principalmente, à Karla Borges, Ângelo Rizzo, Felipe Antônio, Fernando Márcio, Márcio Gonçalves, Luiz Cláudio e Lidiane Nery.

À SMSA pela disponibilização dos dados de saúde, atendimentos e internações, especialmente às equipes da *Assessoria de Tecnologia e Informação em Saúde* e do *Núcleo de Epidemiologia*.

À FEAM pela disponibilização dos dados de cinco estações meteorológicas e ao INMET pelo acesso aos dados de quatro estações meteorológicas. Foram essenciais para execução desta pesquisa.

Aos profissionais da área da saúde que disponibilizaram seu tempo para responder aos questionários digitais. Sem essa participação a execução de parte desta pesquisa não seria possível.

Aos colegas da pós-graduação, em especial às amigas Sol, Gabi, Lívia, Nayhara, Rosani e Evelyn pelos momentos de boas conversas, compartilhamento de realidades, lamentos, risadas e almoços no bandeirão. Às amigas climáticas Débora e Marina pelas infinitas conversas

sobre temáticas climatológicas e Aion, pelo apoio tecnológico com Excel além das boas reflexões. Aos amigos Diego, Brenner, Lucas Grossi, Tamara e Manu Corrêa pelos bons conselhos acadêmicos e conversas sobre a vida.

Agradeço aos meus brilhantes amigos Ramon Cruz, Fernanda Tavares e Simone Fonseca pela força, exemplo e, claro, por ouvir minhas angústias e dúvidas.

À Aline Cruz, pela amizade, reflexões acerca da saúde coletiva, uma eterna entusiasta, exemplo de vida e superação.

Aos amigos da natação e do pilates, essenciais nos momentos de ânimo, descontração e renovação das energias. Pelas tardes de postura elegante, fortalecimento corporal, flexibilidade e recuperação do fôlego para as escritas.

Agradeço aos desafios que me foram colocados e principalmente às superações, enxergando novos horizontes e resultando nesta construção.

Aos colegas, professores e funcionários do Programa de pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da UFMG.

À FAPEMIG por subsidiar esta pesquisa, com o fornecimento da bolsa, mesmo com todos os percalços.

A Deus por permitir todos estes encontros ou quiçá reencontros!

[...]
Somos una especie en viaje
No tenemos pertenencias sino equipaje
Vamos con el polen en el viento
Estamos vivos porque estamos en movimiento
Nunca estamos quietos, somos trashumantes
Somos padres, hija(o)s, nieta(o)s y bisnieta(o)s de inmigrantes
Es más mío le que sueño que lo que toco
[...]
Atravesamos desiertos, glaciares, continentes
El mundo entero de extremo a extremo
Empecinados, supervivientes
El ojo en el viento y en las corrientes
[...]
Y así ha sido desde siempre, desde el infinito
Fuimos la gota de agua viajando en el meteorito
Cruzamos galaxias, vacío, milenios
Buscábamos oxígeno, encontramos sueños
[...]
Siempre miramos el río
Pensando en la otra rivera
Somos una especie en viaje
No tenemos pertenencias sino equipaje
[...]

(Jorge Drexler – Movimiento)

RESUMO

Pensar a saúde em espaços urbanos é, acima de tudo, entender os elementos que os compõem e a existência de uma trama com diversas interações, confrontos e afinidades de origem ambiental e social. Considerando essa organicidade dos ambientes urbanos, torna-se essencial entender suas relações com a população que ali habita e os determinantes que agravam à saúde. Para tanto é necessário envolver o caráter transdisciplinar que pode resultar em relevantes análises espaço-temporais das cidades. Dentro dessa perspectiva, as condições climáticas vêm ganhando espaço em estudos epidemiológicos, principalmente em relação aos agravos à saúde respiratória. Em paralelo a esse cenário e definindo a escala de análise, percebe-se um grande volume de casos de doenças respiratórias no município de Belo Horizonte (MG), que constitui um problema para a saúde pública e ocupa posição de destaque entre as principais causas de internação no Sistema Único de Saúde (SUS). O objetivo dessa pesquisa é entender em que medida nos ambientes antropizados as condições climáticas desencadeiam ou agravam diretamente o conforto humano e conseqüentemente a saúde, deixando a população de 0 a 5 anos mais vulnerável. Através das análises dos dados climáticos e de saúde, das análises rítmicas e da modelagem ambiental foi possível identificar algumas inter-relações. Para atingir o objetivo proposto, foram utilizados registros mensais de cinco estações meteorológicas pertencentes à FEAM e de quatro estações meteorológicas do INMET. Os sistemas atmosféricos atuantes no período foram identificados utilizando-se cartas sinóticas, disponibilizadas pela DHN, e imagens de satélite, disponíveis na página do INPE. As informações relacionadas às doenças respiratórias foram disponibilizadas pela SMSA e os dados da malha urbana de Belo Horizonte da PRODABEL. Concluindo-se que elementos do clima (variações de temperatura, baixa umidade relativa do ar, redução da precipitação, a emissão e concentração de poluentes no ar), sazonalidade (características predominantes das estações do ano e a transição entre elas) e alguns tipos de organizações sócio espaciais (zonas de baixa renda, próximas de complexos industriais e classificadas como vulneráveis) sofrem agravos à ocorrência de doenças respiratórias. Nas análises temporais foi possível identificar o mês de abril como o pico de registros de agravos ao aparelho respiratório e janeiro como o mês de menor ocorrência. Já as análises espaciais revelaram que os distritos sanitários em que há potencial de ocorrência de doenças respiratórias são: Venda Nova, Norte, Nordeste, Leste e Barreiro, validadas a partir dos dados empíricos contendo o número de ocorrência de doenças respiratórias por setor censitário. Nesse sentido, espera-se que com os resultados deste trabalho, o poder público possa obter novos olhares para intervir

na saúde, possibilitando a diminuição dos gastos e a criação de políticas públicas mais eficazes em áreas vulneráveis à propagação de doenças. Isso é importante para reduzir iniquidades e ampliar a equidade do atendimento, hospitalização, tratamento e prevenção das doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos e possivelmente para outras faixas etárias também acometidas.

Palavras chave: Elementos climáticos. Fatores socioeconômicos. Vulnerabilidade. Doenças respiratórias.

ABSTRACT

Urban health should be considered using a framework that considers the interactions and associations between environmental and social factors. Considering the interconnectedness of the urban environment, it is important to identify factors which jeopardize the health and wellbeing of urban residents. Spatiotemporal analysis from an interdisciplinary perspective is one approach to evaluate these relationships. Climatic variables have been gaining attention among epidemiological studies using this approach, particularly those examining respiratory health. Respiratory diseases are a major concern in Belo Horizonte (MG), where they are one of the leading causes of hospitalization. Accordingly, the aim of this study is to understand how climatic conditions affect respiratory health among a vulnerable population (0 to 5 year-olds) in the urban environment of Belo Horizonte. Monthly records were obtained from nine weather stations, and atmospheric systems were identified using synoptic charts and satellite imagery. Municipal data on respiratory diseases and urban infrastructure by census tract was also utilized. Methods included rhythmic analysis and environmental modeling. Respiratory diseases were associated with seasonality, climatic factors (temperature variations, relative humidity, precipitation, and pollutants), and socio-spatial elements (average income and proximity to industrial complexes). April was the annual peak of respiratory disease occurrence and January was the month of lowest incidence. Spatial analysis by census tract revealed that the districts of Venda Nova, North, Northeast, East, and Barreiro had the highest rates of respiratory disease. The results of this study may be used by the municipal government to reduce costs and enact effective policies in vulnerable areas. These actions are important to reduce inequities in hospitalization, treatment, and prevention of respiratory diseases in both children ages 0 to 5 and other affected age groups.

Key words: Climatic elements. Socioeconomic factors. Vulnerability. Respiratory diseases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estratificação vertical da atmosfera urbana e escalas de análise.	8
Figura 2: Escalas climáticas e camadas verticais sobre áreas urbanas.	10
Figura 3: Escalas climáticas	11
Figura 4: Sistema clima urbano, canais de percepção.	15
Figura 5: Subsistemas e canais de percepção.	16
Figura 6: Principais fatores atmosféricos com efeito bioclimático.	18
Figura 7: Estrutura do UCMaP	31
Figura 8: Planta geral de Belo Horizonte 1895.	33
Figura 9: Evolução da mancha urbana de Belo Horizonte, do limite da Av. do Contorno até o colar da Região Metropolitana.	35
Figura 10: Localização do município de Belo Horizonte.	36
Figura 11: Climograma do município de Belo Horizonte (MG).	38
Figura 12: Resumo da Metodologia - Fluxograma Geral.	46
Figura 13: Localização das estações meteorológicas e equipamentos de saúde no município de Belo Horizonte utilizados nesta pesquisa.	49
Figura 14: Exemplo de carta sinótica da marinha de 15 de abril de 2013, no horário de 12 UTC.	54
Figura 15: Exemplo de imagens de satélite do INPE de 15 de abril de 2013, no horário de 12 UTC.	54
Figura 16: Índice de vulnerabilidade da saúde (a) e densidade demográfica (b) do município de Belo Horizonte (MG).	56
Figura 17: Fluxograma da Análise e Incerteza e Sensibilidade.	62
Figura 18: Número de internações por doenças respiratórias registradas no município de Belo Horizonte nos anos de 2013 e 2014.	69
Figura 19: Número de atendimentos primários por doenças respiratórias registradas no município de Belo Horizonte nos anos de 2013 e 2014.	69
Figura 20: Estações do ano e ocorrência de doenças respiratórias (2013).	70
Figura 21: Estações do ano e ocorrência de doenças respiratórias (2014).	70
Figura 22: Análise rítmica do mês de abril de 2013.	74
Figura 23: Análise rítmica do mês de abril de 2014.	76
Figura 24: Análise rítmica do mês de janeiro de 2013.	78
Figura 25: Análise rítmica do mês de janeiro de 2014.	80
Figura 26: Resultado da Análise Hierárquica de Pesos (AHP) para o mês de janeiro (a) e abril (b) no município de Belo Horizonte (MG).	83
Figura 27: Mapa das interpolações dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em janeiro 2013.	84
Figura 28: Mapa das interpolações dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em janeiro 2014.	86
Figura 29: Mapa da interpolação dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em abril 2013.	89

Figura 30: Mapa da interpolação dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em abril 2014.....	91
Figura 31: Distribuição espacial dos resultados gerados pela ferramenta Monte Carlo, potencial e incerteza de ocorrência de doenças respiratórias, mês de janeiro.	93
Figura 32: Distribuição espacial dos resultados gerados pela ferramenta Monte Carlo, potencial e incerteza de ocorrência de doenças respiratórias, mês de abril.....	94
Figura 33: Análise de incerteza associado ao potencial de ocorrência de doenças respiratórias mês de janeiro.....	95
Figura 34: Análise de incerteza associado ao potencial de ocorrência de doenças respiratórias mês de abril.....	96
Figura 35: Mapa comparativo de ocorrência de doenças respiratórias por setor censitário, densidade demográfica, IVS e resultados da análise multicritério.....	100
Figura 36: Modelo conceitual para Saúde Urbana.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 01 de 05).	21
Tabela 2: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 02 de 05).	22
Tabela 3: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 03 de 05).	23
Tabela 4: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 04 de 05).	24
Tabela 5: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 05 de 05).	25
Tabela 6: Indicadores selecionados em cada uma das dimensões, IVS 2012.	41
Tabela 7: Resultado com os preenchimentos das falhas para a variável temperatura média do mês de abril a partir da regressão linear.	52
Tabela 8: Escala de Comparação pareada de critérios segundo Saaty.	57
Tabela 9: Perfil dos profissionais da saúde selecionados na primeira rodada.	58
Tabela 10: Perfil dos profissionais da saúde selecionados na segunda rodada.	59
Tabela 11: Resumo das etapas da Análise Hierárquica de Pesos ou Multicritério.	61
Tabela 12: Matrizes de julgamento das variáveis seus respectivos pesos e cenários.	63
Tabela 13: Resultado da AHP para cada um dos cenários analisados.	64
Tabela 14: Estatística básica para a realização da MC.	65
Tabela 15: Valores máximos e mínimos para a MC.	65
Tabela 16: Matriz Combinatória Rank AVG x Rank STD	67
Tabela 17: Principais registros identificados de 2007 a 2017.	68
Tabela 18: Matriz com resultados dos pesos resultantes da comparação par a par na AHP. ...	81
Tabela 19: Resultado da Análise Hierárquica de Pesos (AHP) - Multicritério	82
Tabela 20: Resultado da <i>Variance Decomposition</i> com 10.000 interações: quantitativo da influência das variáveis na incerteza da aptidão à ocorrência de doenças respiratórias, mês de janeiro.	97
Tabela 21: Resultado da <i>Variance Decomposition</i> com 10.000 interações: Quantitativo da influência das variáveis na incerteza da aptidão à ocorrência de doenças respiratórias, mês de abril.	98

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xv
INTRODUÇÃO.....	1
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS	5
1.1 AS ESCALAS CLIMÁTICAS	6
1.2 SISTEMA CLIMA URBANO.....	11
1.3 CLIMA E SAÚDE.....	17
1.4 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AOS ESTUDOS DE CLIMA E SAÚDE..	29
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
2.1 HISTÓRICO DA CIDADE	32
2.2 ASPECTOS GEOECOLÓGICOS E CLIMÁTICOS.....	36
2.3 INDICADORES E INSTRUMENTOS DE SAÚDE EM BELO HORIZONTE	39
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1 BASES DE DADOS	46
3.2 INTERPOLAÇÕES	50
3.3 ANÁLISES RÍTMICAS	53
3.4 DADOS SOCIOECONÔMICOS E DE SAÚDE	55
3.5 MODELAGENS ESPACIAIS.....	56
3.5.1 <i>Análise Hierárquica de Pesos</i>	56
3.5.2 <i>Análises de Incerteza e Sensibilidade Espacial</i>	62
4 ANÁLISES E DISCUSSÕES	67
4.1 ANÁLISE TEMPORAL.....	68
4.1.1 <i>Análise Rítmica</i>	72
4.2 ANÁLISE ESPACIAL	81
4.2.1 <i>Outras Análises e Reflexões</i>	99
CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES	116
ANEXOS.....	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Análise Hierárquica de Pesos
AMC	Análise Multicritério
ASAS	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
ASTIS	Assessoria de Tecnologia e Informação em Saúde
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CID	Código Internacional de Doenças
CNDSS	Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DAR	Doenças do Aparelho Respiratório
DCV	Doenças Cardiovasculares
DRC	Doenças Respiratórias Crônicas
DNH	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
FE	Frentes Estacionárias
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FF	Frente Fria
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FJP	Fundação João Pinheiro
GARD	Global Alliance Against Chronic Respiratory Diseases
GEEPI	Gerência de Epidemiologia e Informação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICL	Instabilidades Convectivas Locais
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i>
IIMR	Instrumento de Identificação de Municípios de Risco
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IQVU	Índice de Qualidade de Vida Urbana
IRA	Infecção Respiratória Aguda
ISUH	<i>International Society for Urban Health</i>
IVS	Índice de Vulnerabilidade à Saúde
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LI	Linha de Instabilidade
mEc	Massa Equatorial Continental
mPa	Massa Polar Atlântica
mPat	Massa Polar Atlântica Tropicalizada
mTa	Massa Tropical Atlântica
mTac	Massa Tropical Atlântica Continentalizada
MS	Ministério da Saúde
OdF	Ondas de Frio
OMS	Organização Mundial da Saúde
OP	Orçamento Participativo
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
OSUBH	Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte
PGE	Plano Global Específico

PM 10	Partículas Inaláveis, de diâmetro inferior a 10 micrómetros (μm)
PM 2,5	Partículas Inaláveis, de diâmetro inferior a 2,5 micrómetros (μm)
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRODABEL	Empresa de Informática e Informação de Belo Horizonte
PSF	Programa Saúde da Família
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SMAPU	Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano
SEMAD	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMC	Simulação de Monte Carlo
SMSA	Secretaria Municipal de Saúde
S.C.U	Sistema Clima Urbano
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SUS	Sistema Único de Saúde
SVS	Secretaria de Vigilância à Saúde
UBL	<i>Urban Boundary Layer</i>
UCL	<i>Urban Canopy Layer</i>
UCMap	<i>Urban Climatic Analysis Map</i>
UP	Unidade de Planejamento
UTC	Tempo Universal Coordenado
UTM	Universal Transversa de Mercator
VIGIAR	Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCOU	Zona de Convergência de Umidade

INTRODUÇÃO

As áreas urbanizadas apresentam características geográficas das mais diversas ordens, sejam elas: geocológicas, de uso e ocupação, climáticas e sociais. Ao tratar a cidade como um espaço orgânico, em constante construção e produção, é possível entender que ela promove um acúmulo de fenômenos sociais e ambientais. Esses se manifestam no espaço e influenciam diretamente na situação de saúde e qualidade de vida da população.

Com o agravamento das questões ambientais nos espaços urbanos, tais como, falta de saneamento, aumento da poluição atmosférica, desmatamento, assoreamento de rios, impermeabilização do solo - resultantes da expansão urbana e de um planejamento inadequado - alguns setores da sociedade são direta e intensamente impactados, seja por sua faixa etária mais vulnerável, pela baixa renda, por seu acesso, ou não, aos equipamentos de saúde, seu histórico de vida ou sua condição de moradia. Esse conjunto de fatores tende a gerar diferentes níveis de exposição, vulnerabilidade e agravos à saúde.

Nos últimos anos tem sido perceptível a complexidade demandada para analisar tais condições o que exige articulações demográficas, econômicas e de saúde ao longo do território urbano, como salienta Bonita et al. (2010), em que grande parte das doenças é causada ou influenciada por fatores ambientais, dentre eles as condições climáticas que vêm ganhando espaço em estudos epidemiológicos.

Conforme Dominici (2004), estudos de séries temporais realizados com diferentes populações mais expostas ao ar poluído confirmam um excesso de mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares. Concomitante a essa abordagem, “mais de dois milhões de mortes prematuras a cada ano podem ser atribuídas aos efeitos da poluição do ar em espaços abertos urbanos e nos países pobres e em desenvolvimento, a carga dessas doenças é ainda maior” (WHO, 2005, p.5).

Ampliando a percepção de agravos à saúde para além da poluição atmosférica, a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS/2008) declara que o clima, dentre outros fatores, pode suscitar a manifestação de determinadas doenças através de seus atributos (temperatura, umidade do ar, precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, ventos, dentre outros), que interferem no bem-estar da população.

Diante dessa declaração, é possível identificar algumas variáveis ambientais que podem ser responsáveis por agravos à saúde respiratória como: variações de temperatura,

baixa umidade relativa do ar e redução da precipitação. Em posição de destaque em diversos estudos está a concentração de poluentes no ar, principalmente o monóxido de carbono [CO] e os materiais particulados [PM10] (DUCHIADE, 1992; WHO, 2005, 2007; FONSECA; VASCONCELOS, 2011; FREITAS et al., 2013; ANTUNES; BÁRBARA; GOMES, 2013; UBILLA, 2017). As partículas inaláveis, também denominadas de PM10, são partículas de diâmetro inferior a 10 microns, que penetram no aparelho respiratório podendo atingir os brônquios e os alvéolos pulmonares. Ali instaladas podem causar alergias, asma, irritação crônica das mucosas, bronquite, enfisema pulmonar e pneumoconiose, definida como o acúmulo de pó nos pulmões, e outras reações do tecido pulmonar à presença deste pó (SEMAD, 2017).

Nesse contexto o que mais intrigou a autora deste trabalho foi entender: como tais características climáticas comportam-se nas escalas temporal e espacial? Como elas interagem com a escala humana? Em que medida o olhar geográfico torna-se essencial para entender a manifestação das doenças correlacionadas aos fatores climáticos? Como podem ser agravadas e distribuídas pelo território? Surgindo, assim, o interesse de desenvolver uma pesquisa com perspectiva transdisciplinar trazendo experiências e reflexões de períodos importantes de sua vida profissional e acadêmica em que teve a oportunidade de se envolver com temáticas relacionadas ao planejamento urbano, aos elementos climáticos e à saúde pública.

Para tanto, foi necessário verticalizar um pouco mais nas leituras em busca de respostas para essas indagações e propor uma pesquisa em que fosse possível respondê-las, já que há um número reduzido de estudos e trabalhos acadêmicos envolvendo elementos climáticos e doenças respiratórias na escala municipal, ressaltando Belo Horizonte.

Os agravos à saúde respiratória ocorrem principalmente nos grandes centros urbanos, como na metrópole belo-horizontina. Percebe-se um grande volume de casos de doenças respiratórias no município, o que constitui um problema para a saúde pública e ocupa posição de destaque entre as principais causas de internação no Sistema Único de Saúde (SUS).

A metrópole belo-horizontina ocupa o 6º lugar no *ranking* elaborado pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) na lista de concentrações urbanas do Brasil com população, em 2018, de 2,5 milhões de habitantes. Essa capital possui a tradição de registrar cartograficamente seus elementos urbanos, ademais possui uma distribuição de estações climatológicas superiores à média dos municípios mineiros. Destaca-se também a existência

de um banco de dados consolidado com informações relacionadas à saúde pública, que contempla dados de atendimentos em unidades de saúde e internações hospitalares da rede do Sistema Único de Saúde (SUS), justificando assim a escolha da capital mineira como área de estudo desta pesquisa.

Diante dessa descrição, este estudo tem como questão norteadora: em que medida as condições climáticas locais agravam a ocorrência de doenças respiratórias? Buscando compreender de que forma as dinâmicas urbanas, ambientais e climáticas podem afetar a saúde da população de 0 a 5 anos de idade, contribuindo ou não para contextos mais vulneráveis e susceptíveis à ocorrência de doenças que afetam o sistema respiratório.

Buscou-se definir um panorama de vulnerabilidade do município belo-horizontino, associando as condições climáticas da capital (se existem comportamentos atmosféricos predominantes em certos períodos do ano e em algumas regiões da cidade) à ocorrência de doenças respiratórias (existência, tipo e concentração).

Em busca de identificar esses possíveis grupos vulneráveis, técnicas de geoprocessamento foram adotadas como ferramenta de apoio e auxiliaram na identificação, localização de populações que residem em áreas consideradas de risco ou maior potencial de ocorrência de enfermidades, além de possibilitar uma análise temporal e espacial dos agravos trazidos por alterações nos elementos do clima local.

A partir da afirmação do Ministério da Saúde (2010) de que “as doenças respiratórias crônicas estão aumentando em prevalência particularmente entre as crianças e os idosos; afetam a qualidade de vida e podem provocar incapacidade nos indivíduos afetados”, e de Ubilla (2017) de que “as crianças são um grupo particularmente vulnerável devido à imaturidade do sistema respiratório e imunológico e às condutas da idade”, optou-se por considerar apenas a faixa etária de 0 a 5 anos. Sabendo que se trata de uma parcela da população considerada vulnerável (crianças) ao acometimento desse tipo de doença, e um grupo que normalmente vive, estuda, tem seus momentos de lazer próximo a seus lares, não possuindo assim uma locomoção dinâmica e variável ao longo do dia, mês e ano.

O grupo de idosos, também vulnerável, não foi considerado interessante para esta análise por possuir um histórico de vida que não se pode identificar, tratando de doenças respiratórias, não só os aspectos ambientais podem ser agravantes nessa faixa de idade, mas também o histórico de vida como, por exemplo, o tabagismo ou a vida profissional em uma cimenteira, além da locomoção, que é difusa no espaço onde vivem. Esses fatores

dificultariam uma análise espacial inter-relacionando componentes ambientais, climáticas e os registros das ocorrências de atendimento e/ou internação.

Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a relação entre os elementos climáticos e a ocorrência de doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos de idade, no município de Belo Horizonte, nos anos de 2013 e 2014.

Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- 1) Identificar espacialmente as áreas de maior e menor potencial de ocorrência de doenças respiratórias na capital mineira;
- 2) Identificar os períodos temporais em que houve uma intensificação e diminuição da ocorrência de doenças respiratórias;
- 3) Avaliar em que medida os elementos climáticos e socioeconômicos influenciaram na saúde respiratória urbana.

Considerando as seguintes hipóteses: 1) as condições climáticas no ambiente urbano têm relação direta com as condições de saúde da população; 2) existem grupos populacionais que se encontram em maior situação de risco à saúde/vulneráveis; 3) Fatores socioeconômicos são aspectos preponderantes no agravamento da ocorrência de doenças respiratórias.

A pesquisa sobre clima e saúde exige uma perspectiva transdisciplinar e é de significativa relevância para a área do conhecimento geográfico ao permitir analisar o espaço urbano a partir dos campos disciplinares da climatologia, geomorfologia, socioeconômicas e suas inter-relações, uso e ocupação do solo, tangenciando para suas influências, diretas ou não, a saúde de certos segmentos da população.

Para tanto, foi necessário abordar conceitos geográficos, adotar ferramentas de modelagem ambiental e proporcionar uma análise mais aproximada da realidade acerca da saúde respiratória populacional e suas possíveis relações com as condições climáticas do município de Belo Horizonte.

Ademais, esta pesquisa traz um viés social ao possibilitar uma melhor compreensão das condições de vulnerabilidade populacional relacionadas diretamente com a saúde pública em ambientes urbanos, o que permitirá contribuir para a revisão, aplicação e/ou elaboração de políticas públicas mais eficientes e equânimes para o município.

Por fim, a eficiência dos programas de saúde pública depende, visivelmente, de um lado, de uma gestão territorial satisfatória, que de acordo com Santos (1998), deve garantir o

acesso aos bens e serviços básicos para uma boa qualidade de vida. Por outro lado, o paciente deve desejar modificar sua condição de doente e auxiliar no processo de recuperação realizando o tratamento proposto pela equipe médica.

Além dessa introdução, este trabalho contará com outras quatro seções, considerações finais, referências bibliográficas, apêndices e anexos.

Na primeira seção deste estudo, “Fundamentação Teórica e Bases Conceituais” são apresentados os principais aspectos teóricos e bases conceituais relativas ao sistema do clima urbano. São revisitadas suas principais características e suas relações com a saúde pública populacional, contando com alguns exemplos nacionais e internacionais envolvendo clima urbano, suas influências na saúde respiratória da população e a relevância do geoprocessamento aplicado nesta temática. Nesse exercício, reforça-se assim a questão principal da proposta de dissertação.

Na segunda seção, “Caracterização da Área de Estudo”, é elaborada a caracterização do município de Belo Horizonte a partir de uma breve descrição de seus aspectos históricos, geocológicos e climáticos, os indicadores de saúde e vulnerabilidade à saúde na capital, e por fim, uma breve descrição de documentos e instrumentos nacionais e internacionais em prol da saúde respiratória da população.

A terceira seção, “Procedimentos Metodológicos” diz respeito à metodologia desenvolvida para a elaboração de um diagnóstico da vulnerabilidade da saúde da população em Belo Horizonte com foco nas doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos. Ele está organizado em três grandes grupos: a análise e tratamento dos dados climáticos, a análise dos dados de saúde e análise hierárquica de pesos.

A quarta seção trata das análises e discussões dos resultados obtidos, voltados a responder aos objetivos da pesquisa e verificar as hipóteses. Por fim, nas considerações finais foram sintetizados e articulados os resultados alcançados, relacionando-os às referências bibliográficas que embasaram esta pesquisa, bem como os limites e possíveis recomendações para novos estudos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS

Nesta seção são apresentados os principais aspectos teóricos e as bases conceituais relativas às escalas climáticas, ao sistema clima urbano, suas principais características e suas possíveis relações com a saúde pública populacional. Também é retratada a relevância do

geoprocessamento aplicado aos estudos de clima e saúde, reforçando assim a questão principal da proposta desta dissertação.

1.1 AS ESCALAS CLIMÁTICAS

Nas análises geográficas a escala é fator-chave para entendimento dos fenômenos; ela permite uma coerência mental para a observação dos arranjos espaciais, suas possíveis interações e representações físicas. Voltando o olhar para as temáticas do clima, existem as ligações interescares que se organizam desde o global, regional, mesoclima, topoclima chegando ao microclima, que evidenciam a complexidade da relação atmosfera-superfície.

Ao resgatar o eixo central deste estudo, inter-relações entre clima e saúde urbana, torna-se importante realizar uma revisita aos conceitos de escalas climáticas e suas interconexões; com a finalidade de perceber como ocorre parte dos fenômenos climáticos em escala local, sobretudo em áreas urbanas, e como eles são desencadeados por sistemas atmosféricos de larga escala. Na tentativa de identificar em que medida as condições climáticas locais agravam a ocorrência de doenças respiratórias, por exemplo, pela atuação das massas de ar ou sua relação com a sazonalidade do clima tropical.

Para melhor compreender os fenômenos climáticos, é crucial observar suas escalas, tanto a espacial quanto a temporal, atentando para definir conceitos e terminologias envolvendo o comportamento da atmosfera.

Na atmosfera ocorrem diversos fenômenos que se fundem no tempo e no espaço, comportam-se em extensão e duração específicos realizando trocas energéticas recíprocas e interdependentes. Considerando essas possibilidades de interação, o geógrafo nigeriano Ayoade (1988) realizou uma classificação em três níveis interativos:

I - *o nível macroclimático*: ocorre a interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e seus movimentos de rotação e translação. Relaciona-se com os aspectos dos climas de amplas áreas da Terra e com os movimentos atmosféricos em larga escala;

II - *o nível mesoclimático*: ocorre a interação entre a energia disponível para o processo de evaporação e campos de pressão e as feições do meio terrestre, abarca o estudo do clima urbano e sistemas climáticos locais severos, tais como tornados e temporais;

III - *o nível microclimático*: ocorre a interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum. Preocupa-se

com o estudo do clima próximo à superfície ou de áreas muito pequenas com menos de 100m de extensão.

Nessa mesma linha de pensamento, outros autores têm considerado sistemas de nomenclatura para os fenômenos climáticos adotando os nomes de escala planetária, mesoescala e microescala. Para representar melhor essas segmentações climáticas, existem as ordens de grandeza têmporo-espacial que, de acordo com Ribeiro (1993), divide-se em cinco escalas: clima zonal, clima regional, clima local ou mesoclima, topoclima e microclima.

Em sua abordagem geográfica Ribeiro (1993) afirma que o clima zonal é produzido pela distribuição latitudinal da radiação solar, envolvendo a curvatura da superfície do planeta e a inclinação de seu eixo em relação ao plano da eclíptica, onde estão as Zonas Tropicais, Temperadas e Polares.

Já o clima regional confunde-se com suas próprias repercussões na cobertura vegetal natural dos continentes. É comum nessa escala a referência ao clima do cerrado, da caatinga e da floresta amazônica, representando variações regionais do mesmo clima tropical no território brasileiro. Essas diferenciações estão diretamente ligadas a um conjunto de fatores de superfície que modificam a circulação geral da atmosfera como a rugosidade do relevo, as correntes marítimas e os efeitos de maritimidade e continentalidade. Aspectos esses, muito bem abordados nos estudos do prof. Aziz Nacib Ab'Saber e na conceituação dos Domínios Morfoclimáticos realizados na década de 70.

Ainda de acordo com de Ribeiro (1993), os climas regionais apresentam extensão horizontal entre 150 e 2500 km e verticalmente estão limitados pelos fenômenos que ocorrem abaixo da tropopausa; seus estados do tempo são derivados da atuação dos centros de ação e frentes que duram, em média, de 1 a 30 dias.

Pensando na área de estudo, Belo Horizonte, é essencial refletir que o clima urbano resulta da interação dos fatores da cidade com o clima regional e com o meio físico pré-existente (ANDRADE, 2005). A partir daí, é possível citar o mesoclima ou clima local que recebe impactos das ações antrópicas que influenciam diretamente no fluxo de energia e transporte de massas de circulação regional.

em mesoclimatologia a configuração do terreno, o tipo de solo e sua cobertura vegetal são considerados como feições da localidade, sujeitos apenas a pequenas mudanças no tempo, determinando o clima que predomina em determinado lugar, da ordem de centenas de quilômetros

quadrados, e pode ser chamado de clima local. (OLIVER e FAIRBRIDGE¹ apud RIBEIRO, 1993, p.3)

Para Ribeiro (1993), as diferenciações altimétricas apresentam em mesoescala papel destacado na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor de água e armazenamento de calor sensível. Conjunto de elementos esses que podem provocar mudanças no clima regional e possibilitar o aparecimento de climas locais, como ilustra a Figura 1.

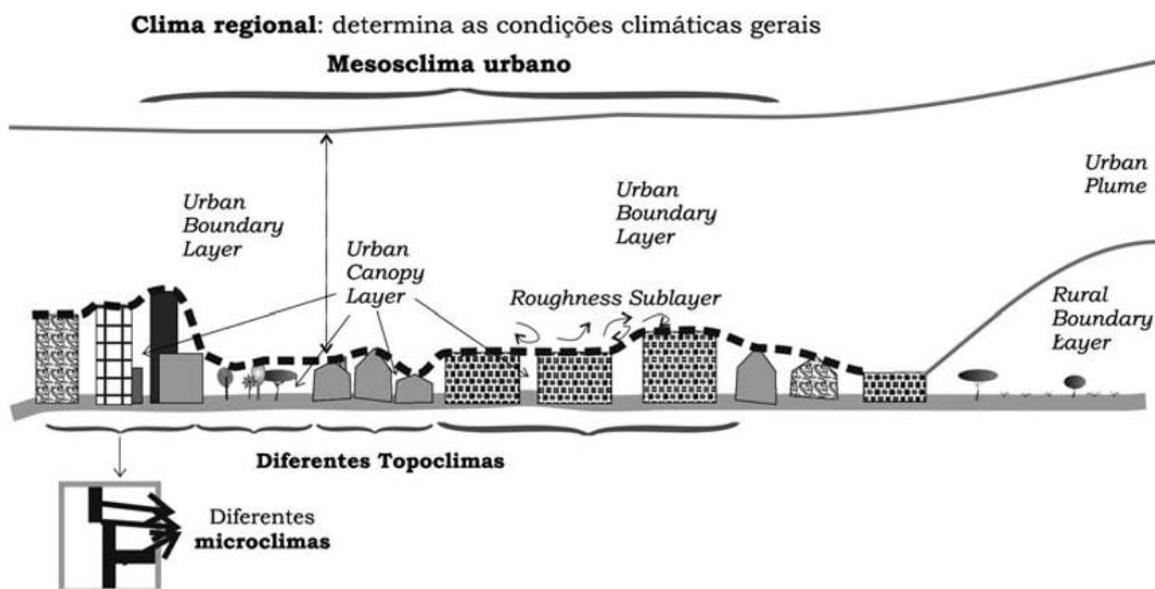


Figura 1: Estratificação vertical da atmosfera urbana e escalas de análise.
Fonte: Andrade (2005, p. 71) adaptado de Orlanski (1975)².

Os climas locais são influenciados pelo tipo de cobertura de solo, pelas superfícies e materiais das edificações, e principalmente pela emissão de poluentes atmosféricos das mais diversas fontes, estando assim intrinsecamente ligados ao clima urbano. O topoclima, uma subcategoria do mesoclima, está relacionada às diferentes formas de exposição da superfície à radiação solar, ao tipo de rugosidade do relevo e aos diferentes tipos de uso do solo. Pode ser identificado a partir da orografia ou de condições topográficas específicas.

Outros padrões climáticos possíveis são os microclimas, que de acordo com o geógrafo francês Pédélaborde (1959) são uma resultante de condições muito particulares da circulação junto ao solo, no interior de uma formação vegetal ou de um agrupamento urbano. Para Ribeiro (1993), o microclima define-se através da magnitude das trocas gasosas e

¹ OLIVER, J. F.; FAIRBRIDGE, R. W. *Encyclopedia of Climatology*. New York: V. N. Reinhold, 1987.

² ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 56, p. 527–530, 1975.

energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas (inclusive objetos, plantas e animais) dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve.

Tais elementos deixam claro que é o nível escalar mais próximo do ambiente em que há vida humana individualizada, assimilando diretamente a transferência vertical de calor, umidade e momentum, restringindo-se assim a camada de cobertura urbana (UCL). A *Urban Canopy Layer* (UCL) é uma camada atmosférica que se estende do solo até aproximadamente o nível médio da altura das edificações em área. De acordo com o climatólogo britânico Oke (2004), nessa camada o comportamento climático é determinado pela natureza dos elementos imediatamente circundantes, sobretudo os materiais utilizados nas construções urbanas e a geometria das edificações. É nessa escala que se pode ressaltar a emissão e circulação de elementos ambientais que afetam diretamente o sistema respiratório, como os particulados finos, os gases poluentes e a polinização, atacando o sistema imune e gerando condições alérgicas. Há também a *Urban Boundary Layer* (UBL), camada atmosférica logo acima da UCL, contida na camada limite planetária, em escala mesoclimática que recebe influência do tecido urbano. A camada limite urbana é um fenômeno de mesoescala local, cujas características são regidas pela natureza da superfície urbana (Figura 2).

A partir desses conceitos trazidos até aqui, é possível afirmar que existe uma relação intrínseca entre o movimento do ar e a disposição das edificações, causando novos efeitos na circulação atmosférica dos ambientes urbanos.

Oke (1978, 2006) destaca a importância da delimitação da escala de análise, categorizando-a em escala horizontal e vertical. Define três escalas preferenciais para estudos do clima urbano, como foi abordado anteriormente, e representadas na Figura 2 na qual encontram-se a) mesoescala b) escala local e c) microescala:

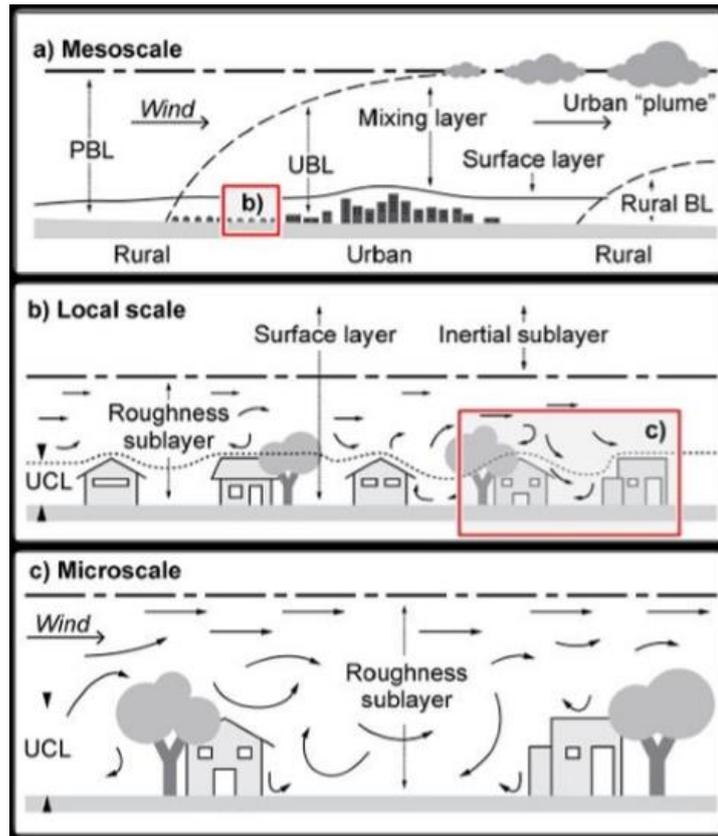


Figura 2: Escalas climáticas e camadas verticais sobre áreas urbanas.
 Fonte: Oke (2006).

Monteiro (1976) também elaborou um quadro (Figura 3) em que são apresentadas as escalas climáticas. Nesse, são descritas diferentes ordens de grandeza, escalas de tratamento, escalas climáticas, espaços urbanos onde se enquadram pela categoria e as estratégias de abordagem. O autor realizou um escalonamento das unidades entre si e suas articulações com o clima urbano, reforçando a ideia da análise geográfica e sua percepção a partir de escalas propondo estratégias de abordagem.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Escala de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
				Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálise	Latitude Centro de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes Transectos
IV	1:1.000.000 1:500.000	Sub-Regional (fácies)	Megalópole grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geocológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande Bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especiais
-	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(detalhe)	Arquitetura	-
-	1:2.000	Microclima	Grande edificação habitação setor de habitação	Bateria de instrumentos especiais	Habitação	-

Figura 3: Escalas climáticas
Fonte: adaptado de Monteiro (1976, p. 109).

Cabe ressaltar que para cada tipo de escala há fatores geográficos diferentes relacionados às respostas atmosféricas distintas. Conhecer essa temática que tanto influencia neste estudo torna-se premissa básica para compreensão dos fenômenos e suas influências nos diferentes ambientes urbanos, e de forma transdisciplinar contribui para discussões que tratam das relações ambientais com a saúde pública.

Ao lidar com as escalas do clima, percebe-se que não há limites rígidos entre as dimensões espaciais. São utilizados balizadores para auxiliar na espacialização e transição entre as categorias. Utilizar a hierarquização e delimitação espacial facilita o estudo e a compreensão da dinâmica climática.

1.2 SISTEMA CLIMA URBANO

Com o olhar voltado para a capital mineira, é importante ressaltar que o clima da metrópole resulta da interação de fatores ambientais, que assim como em outras áreas urbanas, possui uma organização climática particular, com processos dinâmicos e, muitas

vezes, complexos envolvendo fatores geocológicos (hidrografia, vegetação, uso e ocupação do solo, latitude, altitude, continentalidade, emissão excessiva de gases poluentes, etc).

O sistema clima urbano (SCU) busca compreender como essas interações ocorrem, se dinamizam e se distribuem espacial e temporalmente, de forma homogênea ou não. Torna-se importante refletir que

[...] as modificações no comportamento urbano dos elementos climáticos induzidas pela urbanização refletem-se tanto nos seus aspectos quantitativos quanto qualitativos. O primeiro refere-se à intensidade dos fenômenos: aumento de temperaturas, diminuição da umidade relativa do ar, diminuição na entrada de radiação solar, etc.; denotam essa característica. O segundo aspecto revela o surgimento de novos elementos e/ou fatores, aliados a novos comportamentos. As “ilhas de calor”, chuva ácida, enchentes, etc.; representam alguns fenômenos climáticos tipicamente urbanos. (JARDIM, 2007, p. 324.)

É importante ressaltar que o SCU lida diretamente com as trocas energéticas do próprio ambiente, que desencadeiam uma sucessão de eventos físico-químicos que irão influenciar na ocorrência de ilhas de calor, inversão térmica, *smog*, alteração do albedo superficial, entre outros fenômenos diretamente relacionados com dinâmica atmosférica. Para tanto, é relevante descrever brevemente tais fenômenos, iniciando pelas ilhas de calor.

As ilhas de calor, de acordo com Lombardo (1985), são geradas por efeito da transformação de energia no interior da cidade, pela redução do resfriamento em função da diminuição da evaporação, catalisada pela produção de energia e emissão de calor pela atividade industrial, trânsito e habitações.

Segundo Oke (1997), a velocidade dos ventos no meio urbano, sendo geralmente menor, induz a uma diminuição na perda de calor e na transferência de energia por advecção, o que intensifica o fenômeno da ilha de calor. Ao longo da cidade, a distribuição das edificações, principalmente nas áreas mais verticalizadas, não age somente como barreira para a dissipação do calor no período noturno alterando o balanço da radiação, age também como um fator de desaceleração local dos ventos.

Ao falar da inversão térmica, de acordo com Assis (2010) e Varejão-Silva (2000), entende-se como uma condição meteorológica o que ocorre quando uma camada de ar quente se sobrepõe a uma de ar frio. Esse processo inibe o movimento ascendente do ar, uma vez que, o ar abaixo dessa camada fica mais frio, fazendo com que os poluentes se mantenham mais próximos da superfície.

Outro fenômeno a ser abordado é o SMOG, justamente a junção das palavras de língua inglesa *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina); ela é usada para definir o acúmulo da poluição do ar nas cidades, onde é formada uma grande neblina de fumaça no ambiente atmosférico próximo à superfície. Tal fenômeno prejudica a qualidade do ar e também diminui a visibilidade nos ambientes urbanos. Dois fenômenos que têm correlação direta e são muito apontados por pesquisadores que avaliam a concentração de poluentes no ar e seus impactos à saúde.

Não menos importante, o albedo superficial, ou reflectância, apresenta-se de diferentes formas. Esse fenômeno depende intrinsecamente dos elementos que compõe os materiais. Importante evidenciar que a reflectância

é uma propriedade física que os corpos possuem e caracterizam-se pela capacidade que os objetos apresentam de refletir a radiação solar que incide sobre eles, e esta pode variar de acordo com a cor e constituição, sendo que a reflexão máxima ocorrerá nos corpos de cor branca e o mínimo nos de cor preta, podem variar também de acordo com a inclinação (ou obliquidade) dos raios solares, ou seja, quanto maior essa inclinação, maior será o albedo.(ASSIS, 2016, p.64)

Sabe-se que algumas superfícies têm propriedade de absorver mais radiação de ondas curtas, e nesse caso, emitem mais radiação de ondas longas. Por outro lado, a menor umidade contida na superfície urbana favorece as trocas de calor sensível (responsável pelo aquecimento da atmosfera) em detrimento das de calor latente (responsável pela mudança de estado físico de determinada substância).

Após abordar brevemente esses conceitos, torna-se possível observar que, em alguma medida, a qualidade do ar e conseqüentemente a qualidade de vida nos espaços urbanos são reduzidas afetando diretamente o bem-estar e saúde populacional. Ao mesmo tempo é reforçada a ideia de que o espaço urbano é um sistema aberto, esse sofre influência da natureza e de atividades humanas que provocam alterações na composição química da atmosfera, gênese essa do subsistema físico-químico do SCU.

As atividades antrópicas podem, por exemplo, emitir para a atmosfera gases e particulados que alteram a qualidade do ar sobre o tecido urbano e podem causar conseqüências indiretas como o bloqueio da radiação, alteração da nebulosidade e visibilidade percebida através do fator de visão do céu. Segundo o climatólogo alemão Landsberg (2006), em um segundo estágio alteram a temperatura, a precipitação e a umidade do ar, trazendo conseqüências inclusive para a saúde humana. Reafirma-se, assim, a importância de se

compreender os atributos termodinâmicos da atmosfera, já que a principal fonte de energia nesse sistema é a radiação solar, que pode ser transferida por condução, convecção, advecção e radiação.

Nesse contexto, vale ressaltar as transformações do comportamento climático causadas pela urbanização. Alguns espaços são caracterizados por alterações em seu ambiente natural que, segundo Assis (2010), geram transformações no balanço energético e de massa modificando o campo térmico, pluviométrico, o fluxo de ventos e a umidade relativa do ar em nível local.

O geógrafo e climatólogo brasileiro Monteiro (1976) propôs que o estudo do clima urbano fosse associado à percepção humana e, dessa forma, definiu subsistemas associados ao S.C.U. denominados “canais de percepção do clima”. Esses canais compreendem o subsistema termodinâmico, relacionado ao conforto térmico; o subsistema físico-químico, atrelado à qualidade do ar; e o subsistema hidrometeorológico, que diz respeito ao impacto meteorológico. O autor sempre traz maior destaque à dimensão espacial horizontal em detrimento da vertical e temporal dos fenômenos. A Figura 4 representa os canais de percepção e suas interfaces idealizadas por Monteiro (1976) adaptadas por Aleixo (2011).

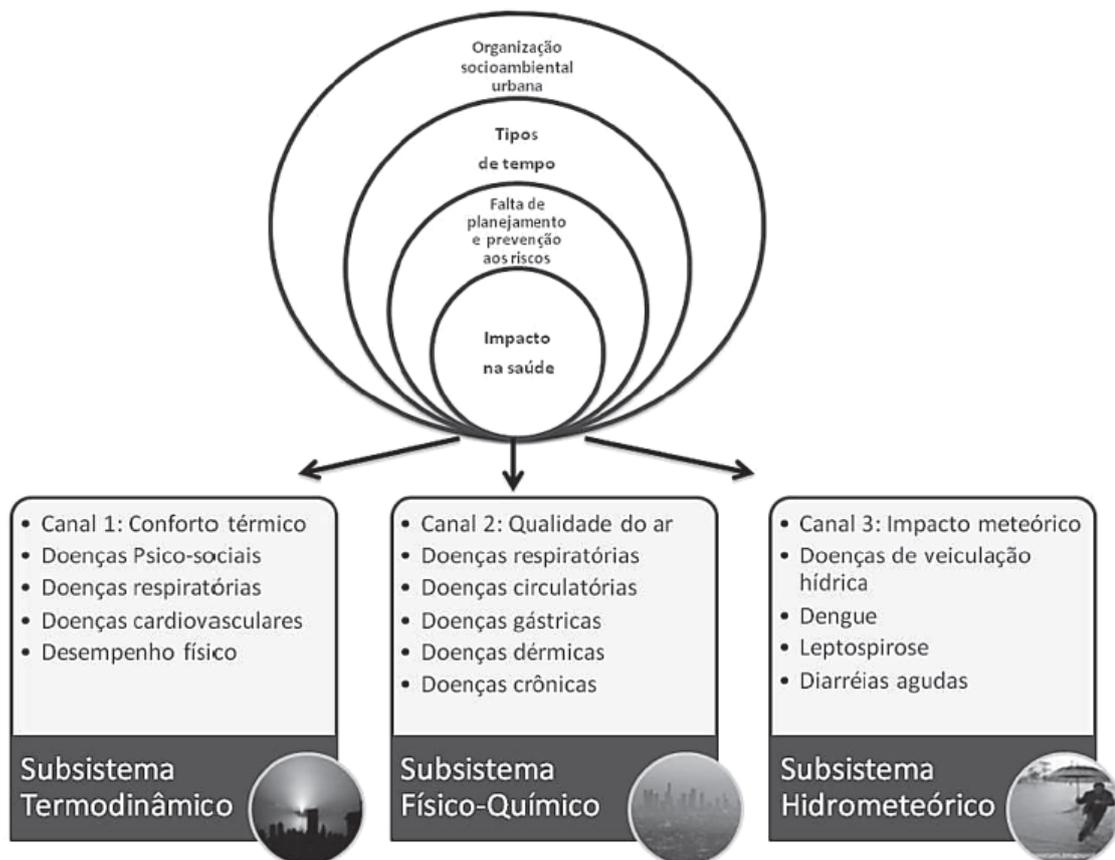


Figura 4: Sistema clima urbano, canais de percepção.
 Fonte: (Monteiro, 1976) adaptado Aleixo, 2011.

A partir da Figura 5, é possível perceber quão intrínseca é a relação entre clima, qualidade ambiental e saúde populacional nos ambientes urbanos. O S.C.U. aborda a inter-relação entre a organização socioambiental urbana, a falta de planejamento e prevenção dos riscos, os tipos de tempo possíveis e o impacto direto à saúde. O quadro 2 propõe uma caracterização dos subsistemas de acordo com cada canal de percepção, deixando mais clara a forma de abordagem proposta por Monteiro (1976).

Subsistemas Canais / Caracterização	I Termodinâmico Conforto Térmico	II Físico-Químico Qualidade do Ar	III Hidrometeorológico Impacto Meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação Horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias Obras-Limpeza	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (trabalhos de campo)	Sanitária e meteorologia especial	Meteorológica Hidrológica (trab. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infra-estrutura urbana
Produtos	Ilha de Calor Ventilação Aumento de Precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do Solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Figura 5: Subsistemas e canais de percepção.
Fonte: adaptado MONTEIRO (1976, p.127).

A abordagem teórica elaborada por Monteiro contribuiu como referência para identificação e seleção de parte das variáveis que são analisadas nesse estudo e apontadas na seção referente à metodologia. Escolhas essas embasadas principalmente nas características e elementos abordados no canal II (físico-químico/qualidade do ar). São muitos os casos de agravos à saúde ocasionados pela má qualidade do ar, pelos altos índices de poluentes e particulados em áreas urbanas, conjugados com baixa umidade, oscilações de temperatura e suas relações com o conforto térmico.

Conde (2001) afirma que as alterações respiratórias são geradas por reações alérgicas, infecções ou inalações de poeiras ou produtos químicos, e podem ser influenciados pelo tempo e pelo clima, diretamente, através de quedas súbitas na temperatura ou indiretamente, através do aumento em níveis de poluentes.

Sabe-se que é recorrente nos ambientes urbanos - principalmente aqueles que possuem uma topografia que contribua para a concentração de poluentes e fumaça na baixa troposfera - que as condições de saúde sejam agravadas e se tornem um risco para a população mais frágil à doenças respiratórias, como idosos e crianças.

Alguns geógrafos vêm buscando discutir temáticas como saúde e doença em espaços urbanos e sua distribuição (SANTANA, 2014). Em todas essas abordagens e análises, elementos do tempo e do clima, sobretudo o ritmo climático, têm ganhado destaque; é a base da biometeorologia humana, em diferentes escalas temporais: horária, diária, sazonal e anual; e espaciais: microclima, clima local, clima regional e clima global (RIBEIRO et al, 2016).

A análise rítmica ou de tipos de tempo, proposta por Monteiro (1971), permite avaliar as condições diárias das variáveis meteorológicas atreladas à condição sinóptica, permitindo uma análise integrada dos parâmetros meteorológicos e dos sistemas atuantes, que podem estar associados aos agravos à saúde.

Verifica-se, portanto, que a climatologia urbana tem trazido grandes contribuições para avaliação da qualidade de vida, dando a devida atenção para os aspectos que condicionam o conforto térmico e a saúde das populações. Para tanto, faz-se necessário estudar os cenários urbanos, perceber sua evolução histórica, avaliar aspectos ambientais, elencar os riscos, averiguar a existência de instrumentos e protocolos para evitar agravos à saúde humana, sempre com o olhar voltado para as escalas temporal e espacial em que eles ocorrem.

1.3 CLIMA E SAÚDE

Para entender melhor a relação entre aspectos climáticos e a saúde humana, é necessário perceber a cidade como um sistema complexo e dinâmico. Entender as inter-relações entre o homem e os elementos ambientais e considerar estilos de vida, o meio em que está inserido (físico, social e econômico), as condições biológicas e os serviços de atenção à saúde disponíveis.

É importante destacar que

os problemas do ambiente urbano (e sua componente climática) são frequentemente encarados sob duas perspectivas diferentes: a) o consumo e degradação de recursos externos à cidade; b) a qualidade de vida no espaço urbano. Sendo que a primeira tem a ver com o consumo de água, energia e outros recursos e resíduos, além da emissão dos poluentes atmosféricos. Já no segundo tem-se a qualidade de vida como resultante do ajustamento

pessoal entre um conjunto de domínios humanos (econômicos, pessoais, etc) e ambientes naturais e a segurança (ANDRADE apud Breheny, 1992³).

De acordo com o geógrafo português Andrade (2005), o clima urbano pode afetar diretamente a saúde e bem-estar humanos, sendo possível distinguir, nessa influência, diferentes fatores tais como: qualidade do ar, radiação, vento, ruídos e o que o autor descreve como complexo térmico (Figura 6). Elementos esses, que corroboram com as discussões que se pretende realizar nesta dissertação.

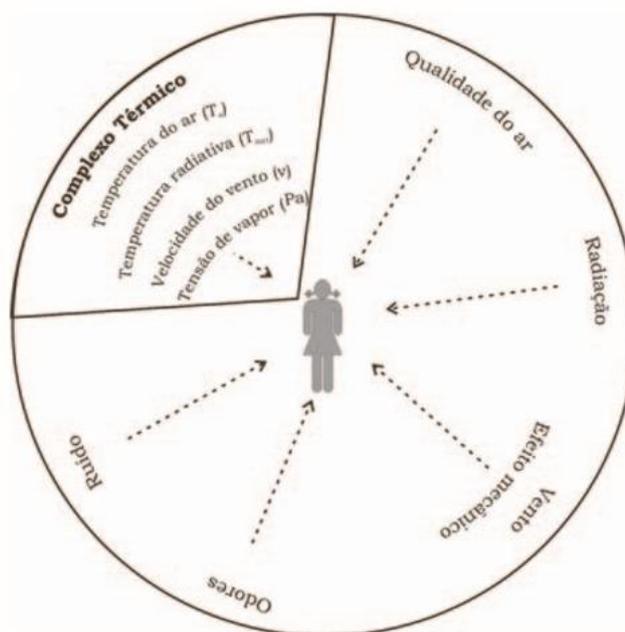


Figura 6: Principais fatores atmosféricos com efeito bioclimático.

Fonte: ANDRADE, 2005 adaptado de JENDRITZKY, 1993; MATZARAKIS e BERCKOGE e MAYER, 1998; VDI, 1998; MATZARAKIS e MAYER, 2000.

Retomando o conceito de análise rítmica apontado no item anterior

estudos em escala temporal diária têm revelado quais os tipos de tempo e parâmetros meteorológicos mais propícios ao desencadeamento de agravos que levam à internação hospitalar e/ou morte. Em geral, para as doenças do aparelho respiratório, as pesquisas apontam que temperaturas mínimas e médias baixas; tempo seco; amplitudes térmicas elevadas; e mudança brusca de tempo estão relacionados ao aumento dos agravos na cidade de Rio Claro – SP (CASTRO, 2000⁴); em Presidente Prudente – SP (SOUZA, 2007⁵);

³ BREHENY, M. J. *Towards sustainable urban development*. In A. M. Mannion and S.R. Bowbly (eds) – *Environmental Issues in the 1990s*. John Wiley & Sons, Chichester: 227 – 229, 1992.

⁴ CASTRO, A. *Clima urbano e saúde: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo de inverno de Rio Claro/SP*. [Tese de Doutorado]. IGCE/UNESP - Rio Claro, Rio Claro, SP, 2000, 202.

⁵ SOUZA, C. G. A. *Influência do ritmo climático na morbidade respiratória em ambientes urbanos*. [Dissertação de Mestrado]. FCT/UNESP_Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP 2007.

Brasília – DF (BARROS, 2006⁶); em Ribeirão Preto- SP (ALEIXO, 2014⁷); e às crises hipertensivas estudadas por Pitton e Domingues (2004)⁸, em Santa Gertrudes, SP. (RIBEIRO et al, 2016, p. 321).

Diante das abordagens expostas até aqui é importante reforçar a ideia de vulnerabilidade nos espaços urbanos, compreender de que forma as dinâmicas urbanas, ambientais e climáticas afetam as populações deixando-as mais vulneráveis e susceptíveis às doenças.

Atualmente, é perceptível a complexidade envolvendo articulações demográficas, econômicas e de saúde, ao longo do território urbano, em ambientes de clima tropical como: elevada amplitude térmica, ondas de calor, chuvas intensas, inundações repentinas, vendavais, tempo seco, formação de ilhas de calor, concentração de poluentes na atmosfera, desmoronamentos e deslizamentos de vertentes, ocorrendo com frequência e distribuídos ao longo do ano e muitos deles afetando diretamente a população.

O conjunto das relações acima citadas gera impactos potencializados em escalas regionais e locais em função de diferentes graus de vulnerabilidade e capacidade adaptativa das populações que ali vivem. Para tanto, existem muitos trabalhos acadêmicos em torno dessas indagações nos últimos anos, discutindo a temática de forma interdisciplinar (Quadro 3). Sabendo disso a discussão a seguir foi escrita com base em alguns deles.

As pesquisas acadêmicas relacionadas à temática clima e saúde ganharam maior notoriedade no Brasil a partir da década de 90. A epidemiologista Duchiate (1992) realizou uma revisão bibliográfica importante e um resgate histórico acerca de como eram tratadas as variáveis ambientais, chamadas anteriormente de ecológicas, e os agravos às doenças respiratórias. O artigo ressalta uma preocupação inicial do efeito nocivo e prejudicial causado pelo tabagismo e, logo em seguida, resgata estudos internacionais das décadas de 70 e 80 que passaram a investigar o papel dos particulados em suspensão.

A autora ressalta ainda que não há dúvidas acerca dos efeitos nocivos de episódios agudos da poluição do ar intensa sobre as vias respiratórias, levando ao agravamento de

⁶ BARROS, J.R. Tipos de Tempo e Incidência de Doenças Respiratórias: Um Estudo Geográfico Aplicado ao Distrito Federal. [Tese de Doutorado] IGCE/UNESP_Rio Claro. Rio Claro, SP, 2006.

⁷ ALEIXO, N. C. R. Condicionantes Climáticos e Interações por Pneumonia: Estudo de Caso em Ribeirão Preto/SP. Revista do Departamento de Geografia – USP, v.27, 2014, p. 1-20.

⁸ PITTON, S. C., DOMINGOS, A. E. Tempo e Doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes-SP. Estudos Geográficos, Rio Claro, v. 2, n. 1, junho 2004, p. 75-56.

sintomas em indivíduos vulneráveis portadores de problemas respiratórios crônicos e até mesmo à morte (DUCHIADE, 1992).

Fonseca e Vasconcelos (2011) realizaram um estudo para correlacionar a ocorrência de doenças respiratórias com a poluição atmosférica em Santa Catarina, e para entender as causas relacionadas ao agravamento das doenças utilizaram variáveis ambientais e socioeconômicas.

As autoras analisaram seis variáveis ambientais (CO; PM_{2,5}; temperatura, umidade relativa, precipitação e focos de queimada) e variáveis socioeconômicas do Atlas Brasileiro de Vulnerabilidades Socioambientais⁹, através da regressão linear múltipla. Apontaram que o aumento das doenças respiratórias pode ser determinado pela interação de variáveis climáticas, juntamente com condições ambientais inadequadas e baixo nível socioeconômico. (FONSECA; VASCONCELOS, 2011).

Outro trabalho acadêmico realizado nos últimos anos foi o de Freitas et al. (2013), em que os autores avaliaram o impacto da poluição atmosférica na saúde, a partir de agravos respiratórios e cardiovasculares. O estudo acontece em 21 municípios brasileiros, utilizando como variáveis de controle os registros de material particulado fino (PM₁₀) e dados meteorológicos de temperatura e umidade, a partir do modelo de séries temporais (Modelos Aditivos Generalizados) através da regressão de Poisson.

Os autores afirmaram que para as análises foi adotada a metodologia proposta no Projeto ESCALA (Estudo de Saúde e Contaminação do Ar na Latino-América) e citam também a estruturação do projeto VIGIAR (Programa de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade do Ar) como programa que busca realizar diagnósticos da situação de saúde de populações em busca de promover a saúde. Nas Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5 é possível observar relevantes trabalhos interdisciplinares discutindo relações entre clima e agravos à saúde respiratória.

⁹ Estudo da distribuição de doenças respiratórias no estado de Santa Catarina, Brasil. Link: <<https://cebrap.org.br/pesquisas/atlas-brasileiro-de-vulnerabilidades-socioambientais-2009-2010/>>

Tabela 1: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 01 de 05).

Título	Abordagens	Conclusões	Autor (es) / Ano
Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. (artigo)	Resgata estudos internacionais das décadas de 70 e 80 que passaram a investigar o papel dos particulados em suspensão e seus efeitos na saúde.	Não há dúvidas acerca dos efeitos nocivos de episódios agudos da poluição do ar intensa sobre as vias respiratórias, levando ao agravamento de sintomas em indivíduos vulneráveis até mesmo à morte.	DUCHIADE, M. P. (1992)
Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil (artigo)	Avalia cenários de mudanças climáticas e ambientais sobre as condições de saúde e suas incertezas no Brasil.	Aponta que as principais doenças que podem ser afetadas por estas mudanças são de veiculação hídrica e as respiratórias e que cabe ao setor saúde prevenir esses riscos e reduzir as vulnerabilidades sociais. Aponta à precarização dos sistemas de governo.	BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALAN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HAGON, S.; RAGONI, V. (2009)
Estudo da distribuição de doenças respiratórias no estado de SC, Brasil (artigo)	Avalia a ocorrência de doenças respiratórias com a poluição atmosférica em SC análises a partir de variáveis ambientais e socioeconômicas.	Apontaram que o aumento das doenças respiratórias pode ser determinado pela interação de variáveis climáticas, juntamente com condições ambientais inadequadas e baixo nível socioeconômico.	FONSECA, F.R.; VASCONCELOS, C.H. (2011)
Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância (artigo)	Entende qual o impacto da poluição atmosférica na saúde, a partir de agravos respiratórios crônicos (DRC) e cardiovasculares (DCV) em 21 municípios brasileiros. E a seleção de possíveis indicadores através de estudos de séries temporais.	Diagnóstico do impacto da poluição do ar na saúde (PM10, umidade e temperatura), este estudo identificou como melhor indicador de efeito para fins de vigilância do impacto na saúde: interações por doenças respiratórias em menores de anos e doenças respiratórias totais.	FREITAS, C. U. DE; JUNGER, W.; LEON, A. P. DE ; GRIMALDI, R. ; SILVA, M. A. F. ; GOUVEIA, N. (2013)

Tabela 2: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 02 de 05).

Título	Abordagens	Conclusões	Autor (es) / Ano
<p>Desigualdades sociais na distribuição espacial das hospitalizações por doenças respiratórias (artigo)</p>	<p>Verifica as desigualdades sociais na hospitalização por doenças respiratórias em Salvador (BA), realizando um estudo ecológico espacial, tendo como unidade de análise as zonas de informação, as quais foram estratificadas considerando um indicador de condições de vida e analisadas por regressão de Poisson.</p>	<p>Asma, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) apresentaram padrão espacial heterogêneo, no qual estratos de piores condições de vida apresentam maior risco de ocorrência dessas internações. A taxa hospitalização foi 2,4 vezes maior no estrato de condições de vida muito baixas do que no primeiro estrato. A existência de forte gradiente social reforça a hipótese de que aspectos socioeconômicos são determinantes das hospitalizações por doenças do aparelho respiratório.</p>	<p>ANTUNES, F. P.; COSTA, M. C. N.; PAIM, J. S.; VIEIRA-DA-SILVA, L. M.; CRUZ, A. A.; NATIVIDADE, M.; BARRETO, L.M. (2013)</p>
<p>Elementos climáticos e internações hospitalares por doenças respiratórias em Uberlândia (MG): perspectivas e desafios nos estudos de clima e saúde (dissertação)</p>	<p>Analisa a correlação entre os elementos climáticos (temperatura do ar e umidade relativa do ar) e as taxas de internações hospitalares por doenças respiratórias em Uberlândia (MG), de 2005 a 2011. Verificou-se quais são as doenças respiratórias mais frequentes na cidade; foram avaliados os índices diários de umidade e temperatura (médias, máximas e mínimas), as médias mensais e os dados mensais das internações hospitalares; objetivo de identificar a população mais atingida pelas doenças do aparelho respiratório.</p>	<p>Identificou-se que os elementos climáticos interferem na ocorrência de morbidades respiratórias. Nos meses de março, abril, maio, junho e julho, estão registrados os maiores números de internações por doenças respiratórias. Nesses períodos tem-se a transição da estação do outono para a estação do inverno, que causam oscilações na umidade relativa do ar; são apontados também correlações com crescimento urbano e aumento da emissão de poluentes na atmosfera. Há indicação de ligação com as condições socioeconômicas das populações e ao acesso restrito aos serviços de saúde.</p>	<p>OLIVEIRA, S. M. (2014)</p>

Tabela 3: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 03 de 05).

Título	Abordagens	Conclusões	Autor (es) / Ano
<p>Caracterização topoclimática do aglomerado da Serra- A associação do clima com a ocorrência de problemas respiratórios em criança (trabalho de conclusão de curso)</p>	<p>Busca revelar as particularidades climáticas do Aglomerado da Serra, no município de Belo Horizonte (MG), sob a ótica geográfica do clima urbano, e sua associação com problemas respiratórios (Pneumonia, Asma e Bronquite e Bronquiolite aguda) em crianças residentes no Aglomerado, com idade entre 0 e 4 anos.</p>	<p>Os resultados da regressão linear mostraram que existe uma correlação de fraca a moderada entre os parâmetros climáticos e a ocorrência dos agravos. Entende-se que o clima pode ser um componente desencadeador nas manifestações do agravo de doenças, respiratória, porém não pode ser tratado o único, tampouco o mais importante. O pico de internações ocorre com mudanças bruscas nas condições tempo atmosférico, como a passagem de sistemas frontais e atuação de outros sistemas atmosféricos, visto que oscilações repentinas podem reduzir a eficiência do sistema imunológico de crianças e idosos. Foi realizada a ressalva que as condições socioambientais, econômicas, bem como características físicas e biológicas são importantes ao se avaliar a produção de doenças no tempo/espaço.</p>	<p>BASTOS, L. G. (2014)</p>
<p>Efeitos do clima na saúde análise das internações de crianças menores de cinco anos por pneumonia no município de Ponta Grossa (PR) (artigo)</p>	<p>Observa-se variações climáticas que são capazes de influenciar a incidência de patologias no indivíduo, este trabalho buscou avaliar doenças do aparelho respiratório em relação a algumas variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade) no município de Ponta Grossa (PR)</p>	<p>Foram realizados testes de correlação de Pearson e de regressão linear múltipla, considerando-se a avaliação climática sazonal, quando comparada às taxas de internações por doenças do aparelho respiratório (DAR), identificou-se que com o decréscimo da temperatura os registros de internação aumentam. A umidade relativa tem baixa influencia na ocorrência de DAR e por fim os melhores resultados foram obtidos pela avaliação conjunta das três variáveis ao longo de todo ano, sendo a temperatura mínima a principal variável responsável pela elevação das DAR.</p>	<p>PONTES, C. C.; LEITE, M.L.; GAVÃO, N.; VIRGENS FILHO, J. S. (2016)</p>

Tabela 4: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 04 de 05).

Título	Abordagens	Conclusões	Autor (es) / Ano
<p>Análise da influência entre as variáveis meteorológicas e doenças respiratórias na cidade de Campina Grande (PB) (artigo)</p>	<p>Identifica a associação entre as variáveis climáticas meteorológicas (temperatura, umidade e precipitação) com as doenças respiratórias na cidade de Campina Grande (PB), no período de 2004 a 2013.</p>	<p>Identificou que a temperatura média e a umidade do ar têm influenciado os casos de acometimentos de pneumonia, reforçando a tese de que mudanças bruscas de temperatura comprometem o funcionamento dos cílios responsáveis pela filtragem do ar aspirado, o que acarreta uma maior exposição aos micro-organismos causadores de doença. Verificou-se que o clima tem sua parcela de contribuição significativa na incidência de doenças.</p>	<p>CARVALHO, E. K. M. A.; DANTAS, R. T.; CARVALHO, J. R. M. (2016)</p>
<p>Internações por asma em crianças e adolescentes residentes em Belo Horizonte: Projeto BH-Viva (MG) (tese)</p>	<p>Descreve e analisa a distribuição geográfica e temporal das internações por asma em crianças e adolescentes residentes em Belo Horizonte. Identifica e caracteriza áreas na cidade de maior concentração e vulnerabilidade à saúde, busca analisar a qualidade do ar, os fatores climáticos, o acesso a serviços de saúde e vulnerabilidade social com internação por asma em crianças e adolescentes residentes em BH.</p>	<p>Identificou-se que a taxa de internação por asma foi maior em crianças de 0 a 4 anos do sexo masculino, no período de 11 anos foi observada tendência à redução do número de hospitalização por asma em toda cidade. Entretanto, houve mais agrupamento das hospitalizações em área de favelas, com aproximadamente 44 % dessas internações ocorrendo em crianças que residiam em áreas de alta vulnerabilidade à saúde. A pesquisadora encontrou também um padrão sazonal na ocorrência das hospitalizações, com picos nos meses de março, abril e maio, coincidindo com o outono.</p>	<p>DIAS, C. S. (2016)</p>
<p>Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño (artigo)</p>	<p>Discute a ocorrência de doenças respiratórias em crianças, sua condição de vulnerabilidade e as principais fontes de contaminação de ar, tipo e classificações. Como as partículas atingem o sistema respiratório.</p>	<p>Concluiu-se que os efeitos da saúde respiratória, agudos e crônicos relacionados com a contaminação do ar, são cada vez mais demonstrados cientificamente. Estes efeitos são relevantes em crianças que estão normalmente mais expostos e suscetíveis. Traz recomendações de que haja mais inspeções ambientais e um melhor preparo das equipes de saúde para atender e orientar os pacientes quanto à exposição e tratamento.</p>	<p>UBILLA, C.; YOHANNESSEN, K. (2017)</p>

Tabela 5: Trabalhos acadêmicos que discutem relações entre clima e doenças respiratórias, discussões interdisciplinares (parte 05 de 05).

Título	Abordagens	Conclusões	Autor (es) / Ano
<p>A relação das variáveis climáticas na prevalência de infecção respiratória aguda em crianças menores de dois anos em Rondonópolis - MT, Brasil (artigo)</p>	<p>Analisa a relação das variáveis climáticas na prevalência de infecção respiratória aguda (IRA) em crianças menores de dois anos em Rondonópolis - MT, de 1999 a 2014. Adotando um estudo do tipo transversal com abordagem quantitativa e descritiva.</p>	<p>Estimou-se que o número médio de casos de IRA diminui em aproximadamente 7,9% a cada grau centígrado de aumento acima da média da temperatura do ar e diminuía cerca de 1,65% a cada 1% de aumento acima da média da umidade relativa do ar. Já a precipitação pluviométrica não apresentou relação com estes casos. As variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar são inversamente relacionadas com os casos de infecção respiratória aguda (IRA) em Rondonópolis-MT.</p>	<p>SANTOS, D. A. S.; AZEVEDO, P. A.; OLINDA, R. A.; SANTOS, C. A. C.; SOUZA, A.; SETTE, A. M.; SOUZA, P. M. (2017)</p>
<p>Impactos das ondas de frio sobre a saúde pública no município de São Joaquim (SC) (artigo)</p>	<p>Apresenta uma análise da ocorrência de ondas de frio (OdF), assim como os impactos destes eventos no número de internações hospitalares do município de São Joaquim (SC), por meio de avaliações estatísticas foram comparados dados de temperatura média do ar, número de dias de OdF com dados de internações por doenças respiratórias e circulatórias.</p>	<p>Constatou-se que São Joaquim apresenta significativa ocorrência de OdF e temperatura do ar realmente baixas para os padrões nacional e estadual, e que os episódios de OdF se distribuem em quase todos os meses. O impacto do frio na saúde pública foi mais claramente representado pelas internações decorrentes de pneumonia. Não foi possível avançar tanto devido aos limites dos dados e a aplicação espacial da pesquisa, porém tais resultados são importantes para criação e ou aprimoramento de políticas públicas, além da possibilidade de otimização de recursos humanos e materiais em hospitais e unidades de saúde.</p>	<p>SILVEIRA, R. B.; MENDONÇA, M.; FRANKE, A. E.; BITENCOURT, D. P. (2018)</p>

Ao longo dos anos

as dimensões humanas das mudanças ambientais (ou climáticas) globais começam a receber a devida atenção dos pesquisadores brasileiros. Vale a pena lembrar que a integridade da biosfera (e o bem-estar do homem) sofre diversas ameaças – a perda da biodiversidade, o buraco na camada de ozônio, a poluição dos mares, a disseminação na atmosfera de componentes químicos longe do seu lugar de origem (...). (HOGAN, 2009, p. 12)

Cabe ressaltar que a vida na Terra passa por diversos ciclos e que a escala temporal e espacial em que eles ocorrem não é integralmente percebida e entendida pelo homem. Sem buscar o alarmante catastrofismo colocado pelas mídias sociais e pelos meios de comunicação e, de certa forma posto pelo demógrafo Daniel J. Hogan, em relação aos termos “aquecimento global” e “mudanças climáticas globais”, é importante entender que as mudanças de relação entre meio ambiente e o homem vem ocorrendo de maneira cada vez mais desequilibrada. Faz-se necessário, portanto, uma maior atenção aos impactos para ambas as dimensões, em busca de mudanças no modo de vida populacional, dos meios de produção e na redução de situações de vulnerabilidade e no aumento da equidade.

A vulnerabilidade varia tanto no espaço quanto no tempo e ela descreve o grau com que um sistema socioambiental é suscetível ou não a efeitos adversos, considerando níveis de exposição, sensibilidade, agravos e capacidade de adaptação e resiliência.

Seguindo a mesma vertente, Alves (2009) afirma que o ideal é utilizar uma definição operacional de vulnerabilidade socioambiental, que descreve a coexistência, cumulativa ou sobreposição espacial de situações de pobreza e privação social, de situações de exposição a risco ou degradação ambiental.

É interessante ressaltar que

estudos que buscam uma abordagem qualitativa em uma escala menor de análise têm sido reclamados como necessários para a melhor compreensão da vulnerabilidade, tanto para entender a dimensão sociocultural e demográfica de sua composição, quanto para aprofundar a compreensão da importância do lugar e das comunidades territorialmente centradas. (MARANDOLA JR e HONGAN, 2009, p. 164-165)

Essa abordagem qualitativa em menor escala combinada com estudos quantitativos pode demonstrar a espacialidade dos fenômenos, contribuindo de forma muito rica para entender aspectos sócio-espaciais e ambientais que corroboram para ocorrência de grupos mais vulneráveis e outros menos. A exemplo disso tem-se o Índice de Vulnerabilidade à Saúde (IVS) da metrópole belo-horizontina, um indicador composto, elaborado pela SMSA e

publicado em 2013, por meio da Gerência de Epidemiologia e Informação (GEEPI). O IVS leva em consideração as dimensões saneamento e socioeconomia divididas em 8 indicadores. A partir dele foi possível categorizar o município em quatro tipos (baixo risco, médio risco, elevado risco, muito elevado risco) na escala espacial de setores censitários.

Esse índice tem como principal objetivo identificar áreas com condições socioeconômicas desfavoráveis em um espaço urbano delimitado, apontar áreas prioritárias para intervenção e alocação de recursos e favorecer, assim, a proposição de ações intersetoriais (RODRIGUES; DIAS, 2015).

Interessante ressaltar a abordagem do economista e cientista social Humberto Alves sobre a

(...) fixação perene das áreas urbanas e, portanto, a impossibilidade de trasladar as cidades de lugar, nos obriga a repensar a relação sociedade natureza, no sentido de buscar processos e ações adaptativas, que permitam a permanência dos grupos sociais de forma mais estável e, menos suscetível diante dos riscos. (ALVES, 2009, p. 216)

Dentro da perspectiva de saúde coletiva

(...) as cidades contemporâneas representam metabolismos complexos que, com suas redes e conexões, se estendem globalmente, com relevantes implicações em saúde, incluindo a agudização dos problemas sociais como a violência, os acidentes de trânsito, a presença de doenças emergentes e re-emergentes, transmissíveis ou não. (CAIAFFA et al, 2008, p. 1787)

A partir do ponto de vista epidemiológico, Bonita et al (2010) afirmam que grande parte das doenças é causada ou influenciada por fatores ambientais, sendo que nos países pobres e em desenvolvimento a carga dessas doenças é ainda maior. Cabe salientar que

o número crescente de pessoas vivendo em absoluta pobreza, o aumento entre as diferenças que separam os pobres e ricos, da degradação do ambiente, da globalização, da cultura do consumo, dos impactos da industrialização, associados à falta política e popular de medidas visando mudanças dessas condutas, têm papel crucial no advento das calamidades (NUNES apud PELLING, 2006, p.3)

Segundo Santos (2007), estudos realizados em todo o mundo, especialmente nos últimos 50 anos, apontam associações positivas entre a exposição aos contaminantes do ar atmosférico, sobretudo nas áreas urbanas, e os efeitos adversos à saúde.

Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), não se pode eliminar o risco por completo, pois não existe risco zero. Os indivíduos e os lugares percebem as ameaças de diferentes formas, de acordo com suas práticas culturais e sociais. Neste contexto, a saúde e o meio ambiente não podem ser

desvinculados, pois, os riscos se materializam no ambiente e podem afetar a todos de diferentes maneiras. (ALEIXO, 2011, p. 192)

Diante deste contexto e de acordo com Monteiro (1976), é difícil dissociar os atributos climáticos da qualidade ambiental e do conforto e bem-estar, visto que são componentes do sistema urbano, inteiramente relacionados e dependentes entre si. Através do olhar geográfico, Assis (2009) afirma que o clima se configura como uma das dimensões mais importantes do ambiente urbano e deve ser estudado não só na escala local, mas nas suas interações com a dinâmica climática regional e global com a sociedade.

Partindo da demografia, Queiroz (2012) ressalta a necessidade de construir políticas públicas e regionais relacionadas aos possíveis impactos das mudanças climáticas, que foquem esses setores como espaços articulados, superando essa simples divisão espacial. É importante ressaltar neste momento que os aspectos climáticos, a manifestação das doenças e dos agravos à saúde não possuem limites físicos fixos, tornando assim os limites políticos administrativos estabelecidos importantes para os gestores, mas não explicitando a real espacialidade dos diferentes tipos de vulnerabilidades identificadas.

Cabe enfatizar que no contexto multidimensional e orgânico das cidades não existem soluções simples para os diversos problemas relacionados à saúde da população. No entanto, ter uma perspectiva transdisciplinar significa ter uma visão integrada de processos socioeconômicos, demográficos, ambientais e de saúde. Buscando revelar, assim, a natureza multifacetada da vulnerabilidade, tendo ações a curto prazo conjugadas com planejamentos e elaboração de políticas públicas pensadas a longo prazo.

É possível pensar em formas de prevenir o risco e diminuir a vulnerabilidade em várias escalas, sejam por ações individuais (proteção estrutural, saída das áreas de risco, melhores formas de lidar com os sintomas da doença, melhor percepção das oscilações do clima e tempo, etc.), ações sociais (educação ambiental, melhor inter-relação com o meio em que vive, relações mais equilibradas de uso e ocupação, práticas coletivas de prevenção a saúde, etc.) e ações políticas (atualização de programas relacionados à saúde, elaboração de medidas preventivas, mitigação dos riscos, reelaboração de políticas públicas, proposição de novas formas de acesso à saúde, etc.).

Segundo o geógrafo Marandola Jr. (2009), mesmo que não existam novas respostas à velha questão, problematizá-la já faz parte do caminho de redescoberta do sentido do habitar contemporâneo, expressão maior da relação da população em seu ambiente. Para tanto, é

necessário abordar conceitos geográficos e de saúde pública, adotar técnicas de geoprocessamento, ferramentas de modelagem ambiental e buscar novas respostas com uma análise mais aproximada da realidade acerca da saúde populacional.

1.4 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AOS ESTUDOS DE CLIMA E SAÚDE

No campo das geociências, o processo de modelagem avançou com a consolidação do geoprocessamento e de suas diversas ferramentas de suporte técnico-metodológico. Com o crescimento da criação e disponibilização de bancos de dados geográficos, a espacialização das informações a partir do Sistema de Informações Geográficas – SIG (*Geographical Information System - GIS*, em inglês) cresceu e passou a dar apoio em análises geográficas.

As análises em ambiente SIG e ferramentas de geoprocessamento permitem uma varredura eficiente das feições de interesse na área de estudo, além de possibilitar a compilação de dados de diferentes grandezas (XAVIER-DA-SILVA et al., 2001). Nessa pesquisa os dados utilizados foram climáticos (temperatura, umidade, precipitação e particulados.), socioeconômicos (IVS e Densidade demográfica) e de ocorrência de doenças respiratórias (internações e atendimentos contabilizados por setor censitário), que são descritos detalhadamente na seção de procedimentos metodológicos.

Cabe apontar que os sistemas de informações geográficas (SIG) passaram a atuar como ferramenta de apoio, auxiliando na identificação, localização e o acompanhamento de populações que residem em áreas consideradas de risco, ou mesmo em situação de vulnerabilidade. Possibilitando também a análise temporal dos agravos trazidos por alterações no clima e/ou tempo local, causadas principalmente pela intensa urbanização, reflexos no uso e ocupação do solo. De forma complementar e sendo considerado um produto geográfico, há a possibilidade de gerar mapas temáticos a partir de modelagens.

Os mapas temáticos configuram importante instrumento na análise espacial do risco de determinada doença,

eles são instrumentos valiosos em estudos epidemiológicos e podem-se listar três objetivos principais de sua produção. O primeiro é descritivo e consiste da simples visualização da distribuição espacial da doença na região de interesse. O segundo objetivo, exploratório, é sugerir determinantes locais de doenças e fatores etiológicos desconhecidos que possam ser formulados em termos de hipóteses a serem investigadas posteriormente. Finalmente, um terceiro objetivo é apontar associações entre fontes potenciais de contaminação e áreas de risco elevado. (ASSUNÇÃO et al., 1998, p. 714)

Nessa pesquisa foi necessária a seleção de elementos climáticos e socioeconômicos que pudessem proporcionar diferentes riscos à saúde respiratória da população infantil em Belo Horizonte e a inserção desses em um modelo ambiental. A modelagem se dá com a representação simplificada da realidade. Entende-se o termo “simplificada” como uma tentativa de considerar apenas os aspectos mais importantes para a ocorrência do fenômeno estudado, entendimento de seus processos e como forma de atenuar os fatores menos relevantes.

Para a realização da análise espacial sabe-se que

um número de métodos MCE, incluindo combinação linear com pesos (MALCZEWSKI, 2002), análise hierárquica de pesos (AHP) (SAATY,1980), métodos de pontos de referência (HWANG; YOON, 1981), e métodos hierárquicos (ROY, 1996) têm sido propostos e adotados em SIG e análise espacial para resolver os problemas de uma ampla variedade de áreas.(JANKOWSKI, 2016, p.116)

A partir do olhar da arquitetura e planejamento urbano, Moura et al (2014) afirmam que a análise multicritério (AMC) tem sido popular entre os usuários dos SIG quando o objetivo é a construção de modelos descritivos ou preditivos do território, em diferentes escalas e para diferentes aplicações, facilitando a integração de variáveis espaciais. Essa metodologia possibilita a análise de interação entre os elementos da paisagem, assim como a análise do comportamento das variáveis no cenário modelado.

Nesta pesquisa a AMC contribuirá para inferir sobre a existência de correlação ou não dos fatores climáticos e socioeconômicos com a ocorrência de doenças respiratórias, através da álgebra de mapas, cruzamento de variáveis espaciais por sobreposição.

Dentro dessa perspectiva, o mapeamento do clima urbano é outro importante instrumento que adota técnicas de geoprocessamento e propõe o planejamento de ações de intervenção na dinâmica urbana. Trazendo um exemplo internacional, cita-se um caso na Alemanha, na cidade de Stuttgart que, desde a década de 70, foi pioneira em pensar na incorporação dos estudos climáticos nos instrumentos reguladores do planejamento urbano, com o propósito de pensar uma cidade mais sustentável, saudável e confortável.

O sistema de Mapa do Clima Urbano, também chamado na forma abreviada de UCMMap (*Urban Climatic Analysis Map*), integra a percepção e caracterização de elementos do clima urbano ao planejamento da cidade. O UCMMap consiste em uma ferramenta de informação e avaliação que analisa uma série de camadas de entrada subdivididas em mapas

de análises do clima urbano (*Urban Climatic Analysis Map – UC - AnMap*) e em mapas de recomendações climáticas para o planejamento urbano (*Urban Climatic Planning Recommendation Map – UC - ReMap*).

A elaboração do UCMMap se dá a partir de uma série de dados meteorológicos, geográficos e de uso do solo representado na Figura 7.

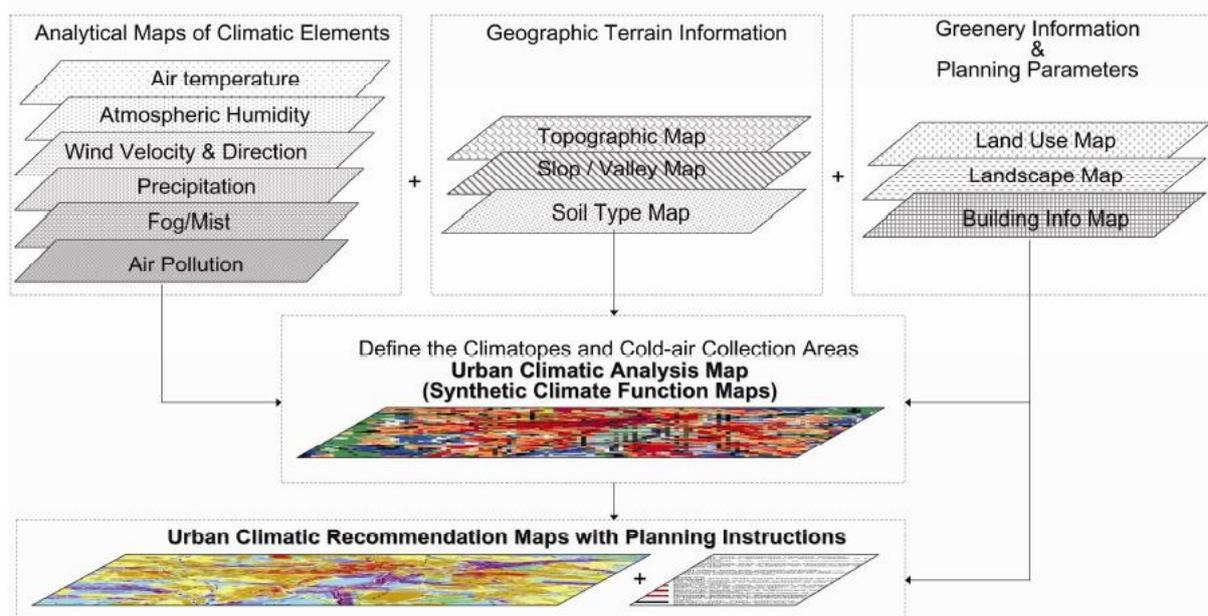


Figura 7: Estrutura do UCMMap
 Fonte: (REN; NG; KATZSCHNER, 2011).

De acordo com Machado (2016), os dados são obtidos por meio de estações meteorológicas, imagens aéreas de infravermelho e pela simulação de modelos de macro e mesoescala especialmente na análise do fluxo de ventos e do balanço de energia.

Tal mapeamento chega ao Mapa das Recomendações Climáticas que traz uma série de instruções que, se atendidas, reflete em benefícios tais como: a diminuição da liberação de calor antropogênico, melhoria do ar e da ventilação a nível dos pedestres, maior número de áreas sombreadas, aumento da vegetação, criação de caminhos de ar e, principalmente, o controle mais rigoroso das novas edificações.

De acordo com Ren (2011), até agora existem mais de 15 países que processam seus próprios mapas e aplicam medidas de mitigação e diretrizes climáticas nas práticas de planejamento local. Recentemente, países sul-americanos e asiáticos estão entre os que

desenvolveram pesquisas baseadas na metodologia do UCMMap, como o Japão, França e Brasil (REN; NG; KATZSCHNER, 2011).

Retomando a temática da álgebra de mapas e sua correlação com o UCMMap, proposta pelo prof^o Lutz Katzschner da Universidade de Kassel na Alemanha, nesta pesquisa foi essencial realizar um levantamento de dados secundários, deixar essas bases comunicantes em uma linguagem comum, aplicar técnicas geoestatísticas e de modelagem, realizar análises, buscar respaldos e justificativas para os resultados encontrados e, quiçá, propor uma melhor aplicação de políticas públicas relacionadas à saúde respiratória da população na capital mineira. Na seção de procedimentos metodológicos, são abordadas com maior detalhe a execução da análise multicritério, a partir da análise hierárquica de pesos, a utilização da Simulação de Monte Carlo, identificando índices de sensibilidade e incerteza, já na seção de análises e discussões, são apresentados os mapas resultado dessas etapas de modelagem e as respectivas análises e reflexões.

Esse conjunto de técnicas relatará a disposição espacial da ocorrência de doenças respiratórias no município, proporcionando assim uma avaliação espacial que implicará na reflexão do “porquê”, “onde”, “como” e “quando” ocorrem essas correlações, reforçando a eficiência das técnicas de geoprocessamento nas análises espaciais geoclimáticas.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização do município de Belo Horizonte é feita a partir de uma curta abordagem de seus aspectos históricos, geocológicos e climáticos, os indicadores de saúde e vulnerabilidade à saúde na capital e, por fim, uma breve descrição de documentos e instrumentos nacionais e internacionais em prol da saúde respiratória da população.

2.1 HISTÓRICO DA CIDADE

A excelência do clima de Belo Horizonte sempre foi concebida, a ponto de ter sido justamente esse predicado um dos fatores principais que preponderaram no espírito do legislador mineiro, levando-o a escolher essa localidade para ser construída a nova capital de Minas Gerais (BARRETO, 1996). Dr. Cícero Ferreira, médico higienista da Comissão Construtora, concluiu após dois anos de observação clínica e com base nos dados meteorológicos colhidos na época que era

um lugar de altitude moderada, de clima quente, variável, seco, largamente ventilado pelas correntes alísias que tornam agradabilíssima as diferentes estações, onde não existem moléstias endêmicas, abundantemente iluminado e nas condições de se tornar uma cidade digna de nota pela sua salubridade e por suas condições higiênicas.¹⁰

O processo de formação histórico e social de Belo Horizonte perpassa pela projeção de cidade modelo e se diferencia das demais capitais do país inspirada nos moldes urbanísticos das cidades europeias, com ideais positivistas e baseada em princípios higienistas.

Projetada pelo engenheiro Aarão Reis, chefe da Comissão Construtora da Nova Capital, foi inaugurada em 12 de dezembro de 1897, planejada no período do Brasil moderno. Possuía uma malha perpendicular com ruas cortadas por avenidas em diagonal cercada pela Avenida do Contorno, essa área central tinha toda a infraestrutura de transporte, educação, saúde e saneamento. Fora dela, havia ainda, um cinturão verde responsável por abastecer a cidade (Figura 8).

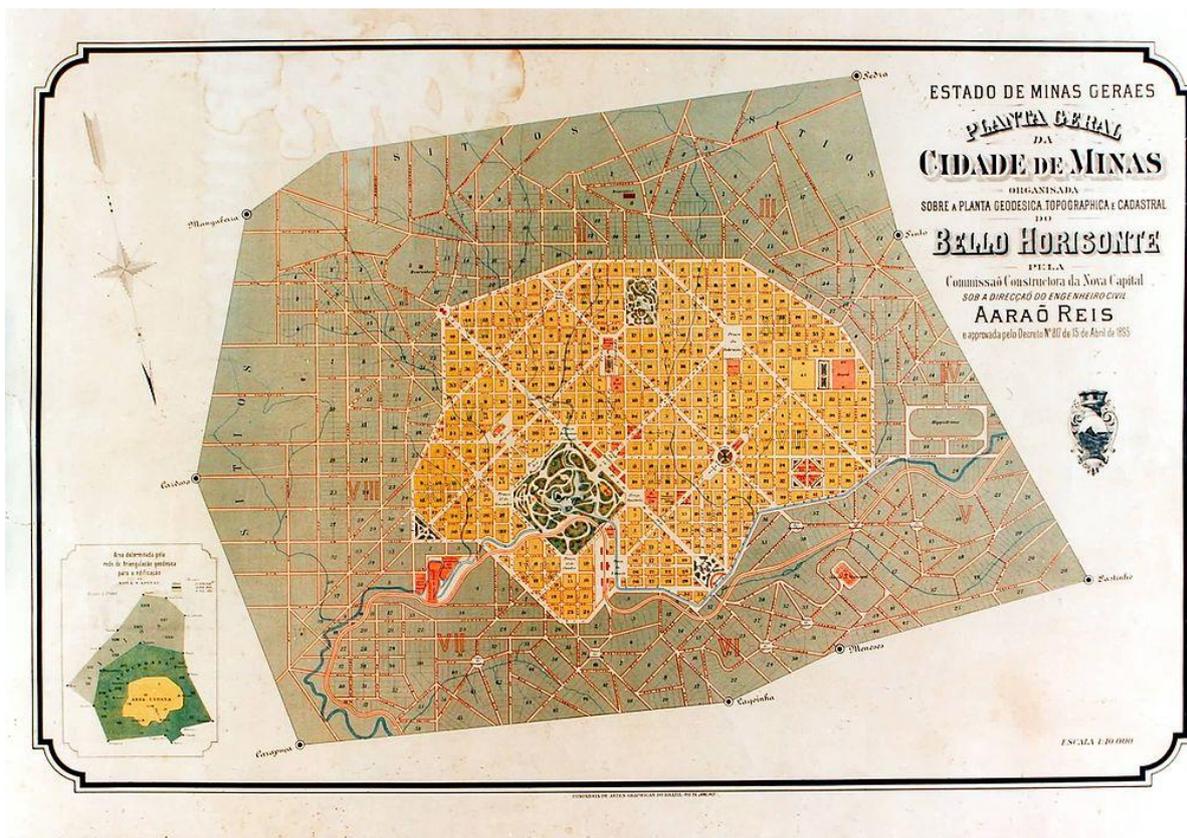


Figura 8: Planta geral de Belo Horizonte 1895.
Fonte: Imagem Pública da Comissão Construtora de Belo Horizonte.

¹⁰ FERREIRA, C.. Higiene. *A Capital*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1930.

A nova capital de Minas Gerais detinha espaços classificados e ordenados que atendiam as funções e necessidades sociais, ao mesmo tempo que assegurava o intuito de efetivar o controle social. A partir da Figura 8, é possível observar a divisão de Belo Horizonte em três zonas,

a zona urbana que constituía o espaço moderno e ordenado reservado para as elites mineiras. Possuía avenidas largas, retas, geométricas, infra-estrutura sanitária e técnica, área que deveria ser espelho das cidades mais modernas do mundo; a zona suburbana, fora dos limites da Avenida do Contorno que funcionava como uma fronteira que separava a vida urbana da suburbana, onde as moradias eram sofríveis e os serviços precários; e, por fim, a zona rural, um cinturão verde, onde se localizariam os núcleos coloniais que abasteceriam a Capital de frutas, legumes, verduras e matéria prima para a sua construção (OLIVEIRA, 2004, p. 34 - 35)

Sua projeção foi inspirada na mudança de expectativa e dos planos urbanísticos em todo o mundo causadas pelo filósofo e sociólogo francês Augusto Comte, que fundamentava-se na possibilidade de planejar o desenvolvimento da sociedade e do indivíduo embasado em critérios das ciências exatas e biológicas.

Belo Horizonte, com toda sua modernidade à época, não escapou a estes ideais e traz no levantamento sobre a planta geral o decreto governamental 803 de 1895, em que no seu artigo nº 2 descrever que: “Art. 2º – A sua área será dividida em seções, quarteirões e lotes, com praças, avenidas e ruas necessárias para a rápida e fácil comunicação dos seus habitantes, boa ventilação e higiene [...]”.

Trazia consigo também uma gestão igualmente moderna com intervenções de saberes da engenharia, jurídicos, médico-sanitaristas e estatísticos, entre outros, a fim de responder a problemas como miséria, falta de saneamento, doenças, densidade populacional e o potencial de tensões e revoltas sociais (BARRETO, 1996). Ao mesmo tempo carregava consigo a ideia ilusória para as formas de acesso à cidade, conforme aponta Moura (2014). Eram ditadas referências sobre o tipo de população que seria considerada adequada e condizente com a imagem que a cidade gostaria de evidenciar, ou seja, adequadas para habitá-la.

Pretendia-se implantar a cidade a partir do centro em direção à periferia, do espaço central ordenado, moderno e dominante, para os espaços periféricos, porém a cidade cresceu no sentido oposto, da periferia para o centro (MONTE-MÓR, 1994).

Realizando uma rápida passagem temporal sobre a evolução do espaço urbano belo-horizontino, em que

na década de 30 começa a mudar sua estrutura e largura; na década de 40 já possui uma população mais robusta para a época, havia se libertado da capital ouro-pretana e estava em busca de modernização e desenvolvimento; neste mesmo período iniciou-se a construção da Lagoa da Pampulha buscando uma nova ordem sociocultural e estética; nos anos 50 intensificou-se o processo de verticalização e metropolização; em seguida, nos anos 60 houve uma mudança expressiva no imaginário urbano causada pela segregação espacial, a expansão desconexa e a tendência à conurbação da área central, acentuam-se as diferenças sociais e econômicas, fruto da sua expansão na década de 70, período esse em que a capital passa a articular com centralidades diversas e se consolida como pólo estadual e nacional. (LEMOS, 1994, p. 34-44)

Hoje, Belo Horizonte está distante da imagem idealizada no plano da nova capital, foi construída entre favelas e sobrados, edifícios públicos monumentais e casario do funcionalismo, ruelas e grandes avenidas, subúrbio e centro; nascem todos simultaneamente nessa cidade de contrastes, planejada para ser modelo (MOURA, 1994). Cresceu, mas de modo confuso e caótico.

Ao longo dos anos consolidou uma dinâmica crescente e contínua de expansão como mostrado na Figura 9.

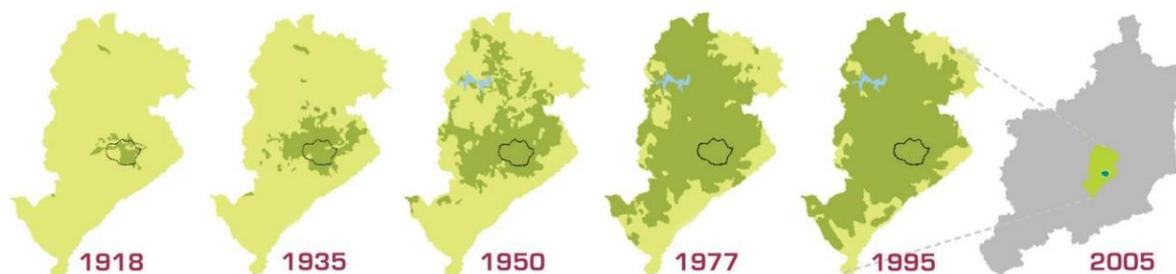


Figura 9: Evolução da mancha urbana de Belo Horizonte, do limite da Av. do Contorno até o colar da Região Metropolitana.

Fonte: Nascimento et al. (2010) apud (PBH, 2010).

Onde o polígono circular em preto representa a Avenida do Contorno (onde a urbanização deveria concentrar-se), a mancha azul a Lagoa da Pampulha (que foi inserida na paisagem belo-horizontina a partir da década de 40/50), a mancha verde-musgo identificando a expansão do urbano numa escala temporal, e por fim na última representação em 2005 mostra sua ocupação territorial e consequente inserção na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

A metrópole belo-horizontina passou por transformações das mais diversas escalas: avenidas foram alargadas, cursos d'água canalizados e/ou cobertos, tipos de uso e ocupação

foram modificados e padrões de vida alterados. Atualmente, está situada na 3ª maior região metropolitana do país, formada por 34 municípios, e ocupa o 6º lugar no *ranking* elaborado pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) na lista de concentrações urbanas do Brasil com população estimada, em 2018, de 2,5 milhões de habitantes, o que corresponde a 7.553 hab/km², imbuídos em seus contratos, conflitos, riscos e vulnerabilidades, principalmente em relação às condições de saúde e doença.

2.2 ASPECTOS GEOECOLÓGICOS E CLIMÁTICOS

Capital do estado de Minas Gerais, Belo Horizonte localiza-se na região sudeste do país, possui área aproximada de 331 km², localizada sob coordenadas geográficas 19° 49' 01" S e 43° 57' 21" O (Figura 10).

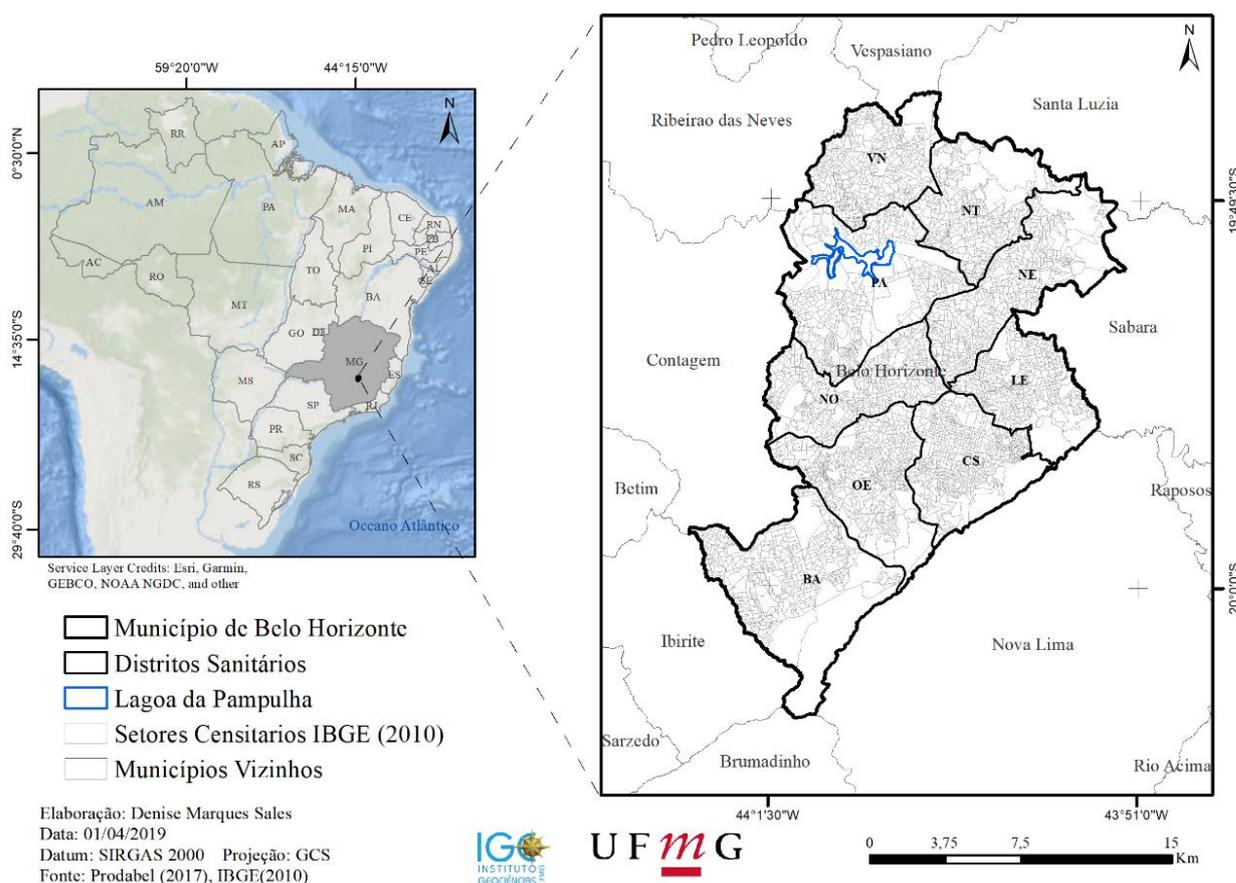


Figura 10: Localização do município de Belo Horizonte.
 Fonte: Elaborado pela autora (2019).

De acordo com Abreu (1998), o Estado de Minas Gerais, sofre influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais que imprimem à região

características de um clima de transição, com um ritmo sazonal tipicamente tropical com duas estações bem definidas: a seca (abril a setembro) e a chuvosa (outubro a março). Existem alguns controladores em escala local e regional que, combinados a interações entre fatores dinâmicos e estáticos, determinam o clima da região. Segundo Nimer (1979), esses fatores de origem dinâmica, juntamente com os fatores estáticos, ou geográficos, relacionados à posição geográfica e à topografia, contribuem para a definição das características climáticas. Afirmação reforçada por Assis (2010), apontando que esses fatores de ordem estática (latitude, altitude, topografia e continentalidade) interagem e atuam simultaneamente com os fatores dinâmicos (sistemas atmosféricos atuantes), determinando a distribuição de energia solar e o ritmo de todos os parâmetros meteorológicos da cidade.

Belo Horizonte apresenta características fisiográficas e socioambientais que contribuem para uma diversidade de topoclimas e mesoclimas, que podem potencializar a ocorrência das doenças do aparelho respiratório, os quais são marcados pela

Serra do Curral, alongada no sentido nordeste-sudoeste, referência limítrofe entre ocupações do espaço mineiro. Suas rochas resistentes e formações escarpadas expressam a força do quadrilátero ferrífero, interpondo-se às intempéries naturais. A ela se contrapõem os morros arredondados e aplainados do Planalto Bambuí. Nas partes íngremes da serra, o clima úmido e fresco expressa-se numa vegetação mais abundante e rica, enquanto nos mares de morros ao norte, as mesmas chuvas intensas, caindo sobre o solo poroso que abriga a vegetação do cerrado, produzem um clima seco e quente. (MONTE-MÓR, 1994, p. 12)

A microrregião onde se implantou Belo Horizonte apresenta duas unidades geológicas e geomorfológicas marcadas e distintas: as encostas da Serra do Curral e a Depressão de Belo Horizonte, esta tendo como formação rochosa o granito-gnaise, contida nas microbacias dos ribeirões Arrudas e do Onça, entremeio da mata atlântica e do cerrado (MONTE-MÓR, 1994).

Inserida na faixa intertropical

sua pequena distância do Trópico de Capricórnio (somente 3° 30' de latitude) implica em uma realidade de transição entre a atuação de sistemas atmosféricos típicos dos regimes tropicais, com período seco e úmido definidos, observados em grande parte do Sudeste brasileiro, e aqueles subtropicais, permanentemente úmidos, característicos da região Sul. (ASSIS, 2010, p. 72)

Segundo Assis et al. (2013), as condições atmosféricas observadas no município de Belo Horizonte são controladas pela atuação de sistemas sinóticos estáveis, tais como o

Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a Massa Polar Atlântica (mPa), e instáveis, como Frentes Frias (FF), Frentes Estacionárias (FE), Linhas de Instabilidade (LI), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Entretanto, os totais pluviométricos diários mais significativos ocorrem durante a atuação da ZCAS e das LI. Vale destacar que as Instabilidades Convectivas Locais (ICL) têm uma participação importante nas chuvas torrenciais nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

De acordo com os dados das Normais Climatológicas (1981 – 2010)¹¹, a temperatura média compensada anual de Belo Horizonte é de 21,8 °C, registrando as maiores médias mensais em fevereiro (23,8 °C) e as menores em julho (19,1 °C). Quanto à precipitação acumulada, dezembro representa o mês de maior volume acumulado (358,9 mm) e o de menor em julho (7,9 mm). Caracterizado por dois períodos bem definidos, o período úmido (outubro a março) e o período seco (abril a setembro), possui precipitação acumulada anual de 1602,6 mm e umidade relativa média anual de 67,2% (Figura 11).

A velocidade média dos ventos à superfície (1,7 m.s-1) é de pouca variação ao longo do ano, sendo um pouco maior nos meses de agosto, setembro e outubro (1,9 m.s-1), possui direção predominante de Leste na maior parte do ano, ocorrendo ventos de noroeste, e excepcionalmente de sul, associados à atuação dos sistemas frontais e das linhas de instabilidade (NIMER, 1979; ABREU, 1998).

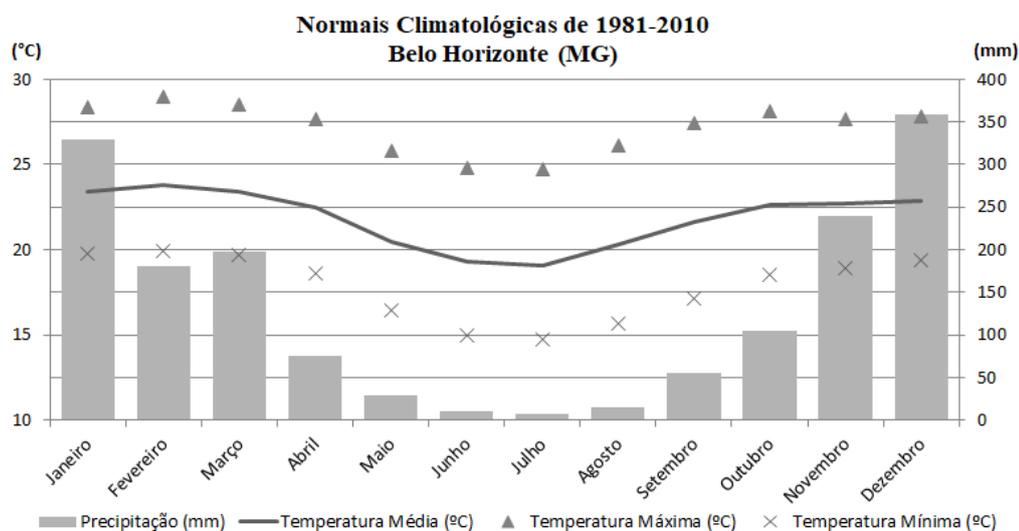


Figura 11: Climograma do município de Belo Horizonte (MG).
Fonte: INMET - Normais Climatológicas de 1981 – 2010.

¹¹ Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>.

A altitude média de Belo Horizonte é de 860 m, chegando a 1506 m ao sul da regional Barreiro, e apresentando cota de 670 m a 800 m ao longo dos leitos fluviais do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça. De acordo do Assis (2010), tais características topográficas tendem a “amenizar” as temperaturas à medida que se elevam as cotas e ao mesmo tempo influenciam no campo anemométrico, implicando em diferenciações topo e mesoclimáticas dentro do município. Em geral, os bairros localizados nas proximidades da Serra do Curral apresentam médias menores se comparados aos localizados nas regiões de Venda Nova, Pampulha e Norte, mais deprimidas. O mesmo autor afirma que o gradiente térmico vertical atmosférico médio de 0,65 ° C /100 possibilita uma diferenciação térmica teórica de 5,4° C entre as unidades topoclimáticas encontradas no município. Essas diferentes feições geográficas contribuem também para a exacerbação de problemas resultantes da degradação ambiental, tais como a formação de ilhas de calor e concentração de poluentes (ASSIS, 2010).

2.3 INDICADORES E INSTRUMENTOS DE SAÚDE EM BELO HORIZONTE

A sociedade e o poder público estão hoje colocados diante do grande desafio de formulação e implementação de políticas econômicas e sociais que deem conta de melhorar a qualidade de vida e saúde da população, em seus diversos grupos sociais, reduzindo as desigualdades e promovendo equidade no acesso ao trabalho, moradia, transporte, lazer, segurança, educação e serviços de saúde. (MAGALHÃES JR., 2015, p. 11)

Para tanto é necessário, conhecer o território, elaborar índices que digam respeito a suas espacialidades e especificidades, propor políticas participativas, estudos transdisciplinares, parcerias entre o setor público e as instituições de ensino e pesquisa, criar projetos a fim de alcançar melhorias e ampliar o acesso da população ao uso saudável da cidade que habita, a fim de fortalecer o planejamento urbano e a implantação de políticas públicas.

Rodrigues e Dias (2015) realizam um pequeno histórico desse caminho percorrido em Belo Horizonte que refletiu diretamente no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,602, em 1991, para 0,726, em 2000, e 0,810, em 2010¹² (PNUD, Ipea

¹² O Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) - Belo Horizonte é 0,810, em 2010, o que situa esse município na faixa de Desenvolvimento Humano Muito Alto (IDHM entre 0,800 e 1). A dimensão que mais contribui para o IDHM do município é Longevidade, com índice de 0,856, seguida de Renda, com índice de 0,841, e de Educação, com índice de 0,737. Fonte: < http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/belo-horizonte_mg#idh> acesso em: 02/04/2019.

e FJP), apresentam o Orçamento Participativo (OP) criado em 1993 como marco inicial da participação popular nas decisões perante a cidade.

Em seguida, as autoras discorrem sobre a criação, em 1996, e adoção do Índice de Qualidade da Vida Urbana (IQVU), calculado para 80 unidades intraurbanas de planejamento (UP) levando em consideração 35 indicadores, agrupados em 10 domínios (abastecimento, cultura, educação, habitação, infraestrutura urbana, ambiente, saúde, serviços urbanos, segurança e esportes). Rodrigues e Dias (2015) descrevem também outro importante instrumento para mapear e orientar intervenções em vilas e favelas, o Plano Global Específico (PGE) que conta principalmente com um diagnóstico social, físico-ambiental e da situação fundiária da região, refletindo em outros programas adotados no município.

Outro índice importante para o município e que está diretamente ligado a esta pesquisa é o Índice de Vulnerabilidade à Saúde (IVS), um indicador composto, criado pela Secretaria Municipal de Saúde (SMSA), por meio da sua Gerência de Epidemiologia e Informação (GEEPI) que tem como principal objetivo identificar áreas com condições socioeconômicas e de saúde desfavoráveis em um espaço urbano delimitado.

De acordo com a SMSA (2012), o IVS, em sua primeira versão, foi elaborado em 1998, com dados do Censo Demográfico de 1991, da Contagem Populacional de 1996, dos sistemas de informação em saúde e de urbanização. Foi recalculado em 2003, com dados do Censo de 2000 e dos sistemas de informação em saúde, nessa etapa foram utilizados 13 indicadores nos seguintes domínios: saneamento, habitação, educação, renda e social/saúde, atribuíram-se pesos para cada indicador e, posteriormente, calculou-se o IVS por setor censitário (SMSA,2003). Pela necessidade de manter o IVS atualizado e mais próximo da realidade vivida na última década, um novo cálculo foi feito em 2012, utilizando somente dados do Censo Demográfico de 2010. Desta vez, as variáveis foram selecionadas a partir de seu poder discriminatório das desigualdades espaciais e, após criteriosa seleção, foram adotadas duas dimensões (socioeconômica e saneamento) e essas divididas em seus respectivos indicadores na Tabela 6.

Tabela 6: Indicadores selecionados em cada uma das dimensões, IVS 2012.

Dimensão	Indicador
Saneamento	Percentual de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água inadequado ou ausente.
	Percentual de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário inadequado ou ausente.
	Percentual de domicílios particulares permanentes com destino do lixo de forma inadequada ou ausente.
Socioeconômica	Razão de moradores por domicílio.
	Percentual de pessoas analfabetas.
	Percentual de domicílios particulares com rendimento per capita até ½ SM.
	Rendimento nominal mensal médio das pessoas responsáveis (invertido).
	Percentual de pessoas de raça/cor preta, parda e indígena.

Fonte: SMSA (2012).

O mesmo foi categorizado em quatro classes (risco baixo, risco médio, risco elevado e risco muito elevado) e a partir daí tornou-se possível apontar áreas prioritárias para intervenção e alocação de recursos de maneira mais efetiva. Esse índice foi atualizado em dezembro de 2018 e encontra-se disponível para visualização na página da Prefeitura de Belo Horizonte¹³.

Dentro desse contexto, com 17 anos de existência, o Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte (OSUBH) é uma parceria da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e o Município de Belo Horizonte. Coordenado por Waleska Teixeira Caiaffa, Fernando Augusto Proietti e César Coelho Xavier, o OSUBH agrega cerca de 40 pesquisadores, entre professores, alunos de pós-graduação e de graduação, com formações multidisciplinares (CAIAFFA e FRICHE, 2015).

¹³ Link para acesso: < <https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-vulnerabilidade-da-saude>>.

sua missão é produzir conhecimentos sobre saúde urbana e seus determinantes para subsidiar políticas públicas que impactem na redução das iniquidades intraurbanas, além de qualificar profissionais para atuar na área. Centra-se na aquisição de conhecimento profundo sobre a saúde urbana por meio da pesquisa científica, nos níveis individual e comunitário, a fim de compreender as condições sociais e ambientais da vida urbana, e permitir a implementação de estratégias específicas de intervenção e de políticas públicas, utilizando abordagens contemporâneas. (CAIAFFA e FRICHE, p. 35, 2015).

O OSUBH é centro colaborador da Secretaria de Vigilância à Saúde (SVS) e tem projetos em parceria com o Ministério da Saúde (MS), International Society for Urban Health (ISUH), Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Johns Hopkins University, Kobe Center (World Health Organization - WHO-Kobe), University of Michigan e Mount Sinai Hospital e Center for Epidemiology and Population Health¹⁴.

Composto por equipe multidisciplinar, o OSUBH fomenta novas metodologias e estudos que gerem inovação no conhecimento elaborado a partir de realidades concretas; comunica e divulga resultados obtidos não só à comunidade científica, mas, sobretudo, aos gestores e formuladores de políticas em diferentes países (CAIAFFA e FRICHE, 2015).

Trazendo o foco para a temática dessa pesquisa, ocorrência de doenças respiratórias, o Ministério da Saúde estruturou a Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (VIGIAR) desde 2001. De acordo com o Ministério da Saúde o objetivo dessa política é de identificar e desenvolver ações de vigilância para populações expostas a poluentes atmosféricos, de forma a recomendar e instituir medidas de prevenção, de promoção da saúde e de atenção integral, conforme preconizado pelo Sistema Único de Saúde (SUS), avaliando o risco à saúde humana e a gestão e organização dos serviços de vigilância e atenção à saúde dessa população. Seu campo de atuação prioriza as regiões onde existam diferentes atividades de natureza econômica ou social que gerem poluição atmosférica de modo a caracterizar um fator de risco para as populações expostas.

O VIGIAR utiliza-se de dois instrumentos principais para sua atuação: o Instrumento de Identificação de Municípios de Risco (IIMR)¹⁵ e a estratégia de Unidade Sentinela¹⁶ como principais ferramentas. De acordo com o Ministério da Saúde, o IIMR é uma ferramenta que

¹⁴ Informações consultadas na página do OSUBH, link: < <https://site.medicina.ufmg.br/osubh/institucional/>>

¹⁵ O Manual de Instruções do IIRM pode ser acessado na íntegra através do link: < <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/agosto/30/Instrutivo-IIMR-VIGIAR.pdf> >

¹⁶ O Manual de Instrução da Unidade Sentinela encontra-se disponível no link: < <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/agosto/31/Manual-Unidade-Sentinela-VIGIAR.pdf>>

contém informações ambientais como as indústrias de extração e de transformação, frota veicular, focos de calor, e ainda informações de saúde com as taxas de mortalidade e internações por doenças do aparelho respiratório, cujo objetivo é possibilitar o planejamento de ações preventivas e auxiliar na adoção de medidas corretivas.

Já a Unidade Sentinela é um Serviço de Saúde que deverá exercer uma vigilância epidemiológica de casos de doenças respiratórias em crianças menores de 5 anos e idosos (maiores de 60 anos) que apresentem um ou mais sintomas respiratórios (MS, 2015). Segundo o Ministério da Saúde, as Unidades Sentinelas do Vigiar estão distribuídas em 5 estados (AC, MS, MG, RS e TO) e no município de Porto Alegre/RS totalizando 54 unidades, alocadas em diferentes serviços de saúde, desde Unidade Básica de Saúde a Hospital de Pronto Atendimento. Em Belo Horizonte a sede fica alocada na Vigilância Ambiental na SMSA da Prefeitura de Belo Horizonte, a equipe responsável acompanha os dados de emissão de particulados e poluentes no município assim como os dados de atendimentos e internações nas unidades de saúde do município via rede SUS. Em 2017 publicaram o Boletim da Vigilância em Saúde “Vigilância em Saúde Ambiental: Relacionada à Qualidade do Ar – VigiAr”¹⁷.

O Projeto de Reorganização da Assistência Pública às Doenças Respiratórias (PBH-1997) começou a ser desenvolvido em 1996 com parceria entre a SMSA e a Faculdade de Medicina da UFMG, no Distrito Sanitário Oeste, devido ao alto número de internações e procura por serviços de urgência entre crianças asmáticas (BICALHO, 2010). Esse projeto piloto deu origem posteriormente ao Programa Criança que Chia para o atendimento de crianças asmáticas até 14 anos, devido a asma ainda ser considerada um problema de saúde no Brasil, mesmo com os avanços no tratamento, e que disponibiliza medicamentos inalatórios para controle das exacerbações e tratamento. O programa

envolvia os três níveis de assistência (primário, secundário e terciário), para reduzir a morbidade e a mortalidade por asma, além de implantar uma educação preventiva continuada aos profissionais com objetivo de melhorar a resolutividade e satisfação no trabalho, incentivava a participação da(o) pediatra e da equipe de saúde no planejamento e avaliação do acompanhamento regular às crianças asmáticas. (BICALHO, p. 12, 2010)

A coordenadora do Programa Criança que Chia à época, em entrevista ao Conecta BH no ano de 2011, relata que ele “visa um tratamento profilático de crianças que têm um

¹⁷ O Boletim da Vigilância em Saúde pode ser acessado através do link: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/boletim-da-vigilancia-em-saude-edicao-1-ano-7.pdf>>

quadro de asma persistente com objetivo de reduzir mortalidade, morbidade, internações e idas às urgências de maneira desnecessária melhorando a condição de vida das crianças e suas famílias”.

De acordo com a Prefeitura de Belo Horizonte, ao longo dos anos essa atenção foi pontual e focada em cada caso asmático e isso gerou um salto de qualidade nos atendimentos e na receptividade do paciente, além do sucesso positivo dos resultados, principalmente na redução das internações. Atualmente, as equipes e pediatras dos programas de saúde da família (PSF) estão mais familiarizados com o atendimento e atenção a estas crianças com asma, rinite alérgica e outras doenças respiratórias. O programa foi incorporado às unidades de saúde de maneira fluida e as crianças incluídas nesse grupo de risco são compulsoriamente atendidas e têm direito aos medicamentos necessários. Recentemente, no ano de 2015, foi elaborado e lançado em Belo Horizonte um Protocolo de Amas: Diagnostico e Manejo¹⁸, a fim de orientar profissionais da área de saúde e reforçar as ações da área de saúde nesse sentido.

Sabendo da não linearidade do processo saúde-doença, Caiaffa e Friche (2015) ressaltam que “tendências globais, governos nacionais e locais, sociedade civil, mercado e o setor privado modulam o conjunto nos quais esses fatores locais operam”. Desta maneira pode-se elencar também alguns documentos importantes a respeito do trato às doenças do aparelho respiratório em escala nacional e internacional.

Visando entender melhor essas especificidades da saúde, com foco em doenças respiratórias, e com o objetivo de buscar soluções para os riscos à saúde respiratória, a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e o Ministério da Saúde (MS) têm elaborado estudos e medidas importantes nos últimos anos trazendo discussões de forma interdisciplinar, alguns exemplos são citados a seguir.

Dado os efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana, a OMS publicou o *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide* (WHO, 2005). Nesse documento constam diretrizes para promover a qualidade do ar e reduzir os efeitos da poluição atmosférica na saúde; o objetivo é auxiliar os formuladores de políticas em relação à gestão da qualidade do ar em diferentes partes do mundo.

¹⁸ Este documento se encontra na íntegra no link:
<http://www.ginanobrasil.org.br/Protocolo_Manejo_%20Asma_BH.pdf>

A OMS alerta sobre o impacto das doenças respiratórias crônicas (DRC) e os fatores de risco em documentos que abordam estudos de organizações nacionais e internacionais (WHO, 2005; WHO, 2007). Os meios de prevenção e tratamento dessas enfermidades foram publicados no *Preventing Chronic Diseases, a vital investment* (WHO, 2005) e na *Global Surveillance, Prevention and Control of Chronic Respiratory Diseases, a Comprehensive Approach 2* (WHO, 2007).

Outro marco relevante para esta temática foi o plano de ação *Global Alliance against chronic Respiratory Diseases* (GARD) e a criação do Programa Nacional para as Doenças Respiratórias (ANTUNES; BÁRBARA; GOMES; 2013), publicado em 2013.

Tratando-se esta pesquisa de entender as relações existentes entre elementos ambientais, saúde urbana e doenças respiratórias, torna-se crucial apontar o que já foi feito e se tem desenvolvido nesta linha a fim de entender fatores de risco presente na cidade, seus efeitos à saúde da população e as possibilidades de mitigação e intervenção.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção diz respeito à metodologia desenvolvida para a elaboração de um diagnóstico da vulnerabilidade da saúde população em Belo Horizonte com foco nas doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos. Ele está organizado em três grandes grupos: a análise e tratamento dos dados climáticos, a análise dos dados de saúde e a análise hierárquica de pesos, e podem ser observados de forma geral no fluxograma a seguir (Figura 12):

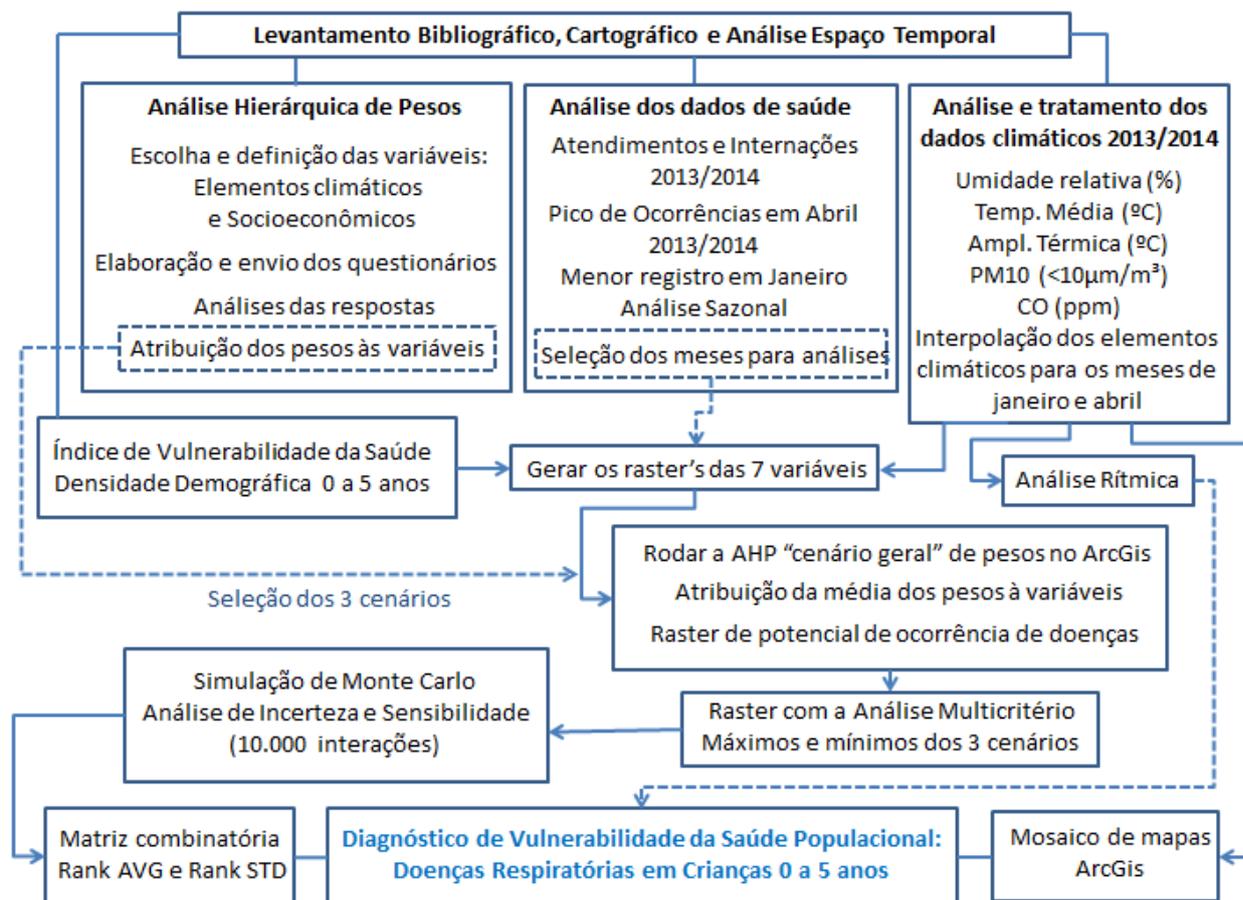


Figura 12: Resumo da Metodologia - Fluxograma Geral.
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

3.1 BASES DE DADOS

Foram realizados três tipos de levantamento: 1) Levantamento bibliográfico sobre as características climáticas, físico-ambientais e de uso e ocupação do solo da capital mineira; 2) Levantamento bibliográfico sobre saúde pública e doenças respiratórias nos ambientes urbanos e suas possíveis correlações com elementos climáticos e socioeconômicos; 3) Levantamento de dados secundários para espacialização e modelagem: do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Empresa de Informática e Informação de Belo Horizonte (PRODABEL), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INMPE), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), da Secretaria Municipal de Saúde (SMSA), da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), da Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano (SMAPU) e do Departamento de Informática do SUS (DATASUS).

As informações relacionadas aos setores censitários e ao número de população de 0 a 5 anos proveniente do censo de 2010 foram extraídas do IBGE para cálculo de densidade demográfica e espacialização das análises por setor censitário.

A PRODABEL disponibilizou os *shapes* das informações da base cadastral do município de Belo Horizonte, tais como limite municipal, distritos sanitários, municípios da região metropolitana, bairros, curvas de nível, equipamentos de saúde, vias e cursos d'água principais.

As informações relacionadas às doenças respiratórias foram disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte (SMSA) através da Assessoria de Tecnologia e Informação em Saúde (ASTIS). Nesse banco de dados consta os atendimentos em unidades de saúde pública registradas com o CID 10 (Código Internacional de Doenças) de J00 a J99 (Doenças Respiratórias), para os sexos feminino e masculino de crianças de 0 a 5 anos (faixa etária mais vulnerável) nos anos de 2010 e 2017. Foram disponibilizados pela mesma gerência o *shape* do Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS) do ano de 2012.

O Núcleo de Epidemiologia (GEEPI), vinculado à SMSA, disponibilizou os dados de internações hospitalares na rede SUS e conveniada também identificados com o CID 10 (Código Internacional de Doenças) de J00 a J99 (Doenças Respiratórias), para os sexos feminino e masculino de crianças de 0 a 5 anos (faixa etária mais vulnerável) nos anos de 2010 e 2017.

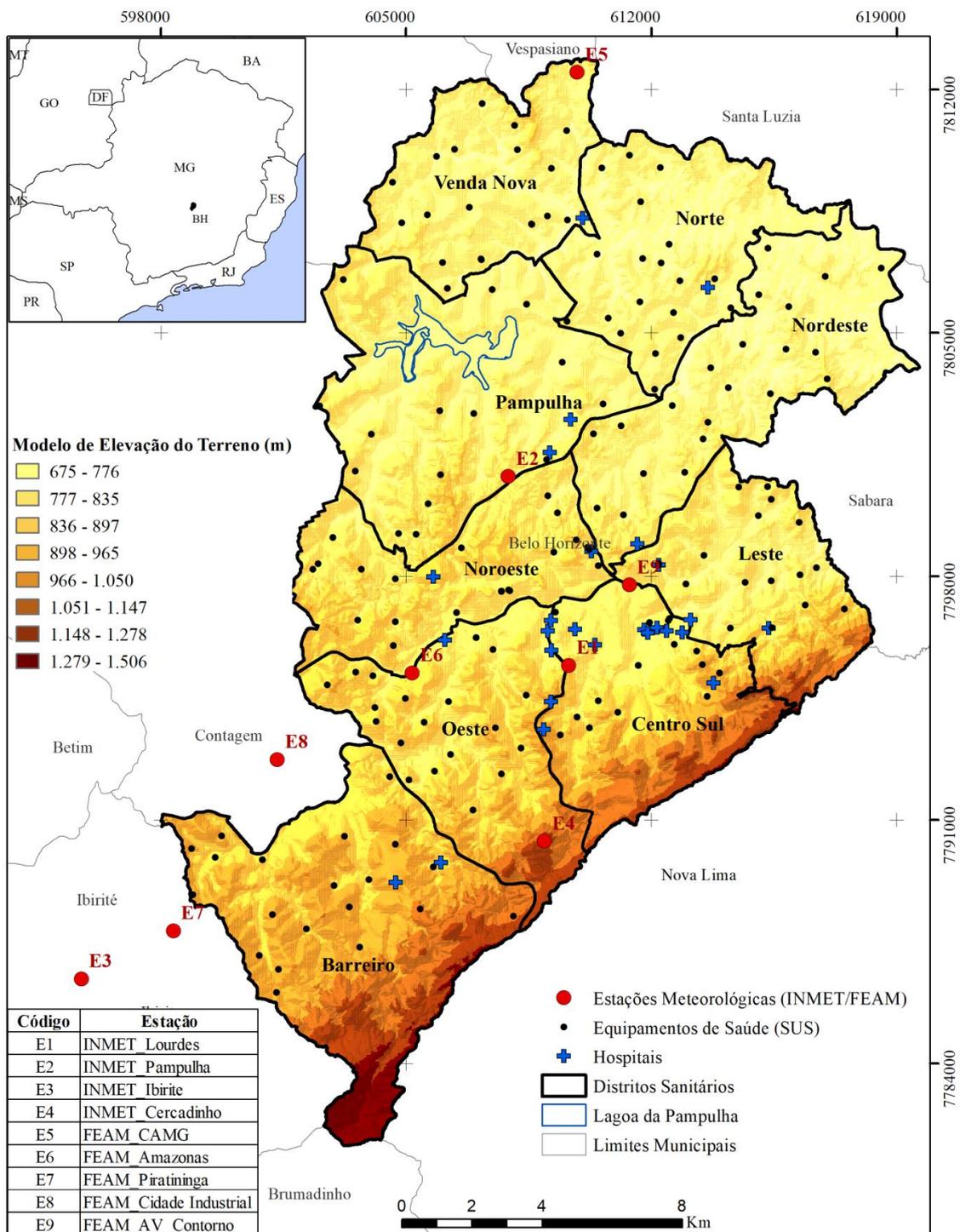
Ressalta-se que esses dados foram disponibilizados a partir da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – CAAE 81047717.9.0000.5140 e estão correlacionados com 173 equipamentos de saúde de atendimento primário do SUS e 26 hospitais distribuídos ao longo dos nove (9) distritos sanitários Figura 13.

Para os dados climáticos, foram disponibilizados os registros horários de janeiro a dezembro dos anos de 2013 e 2014 de cinco estações meteorológicas pertencentes à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) com os dados de: velocidade do vento (m/s), direção do vento (grau), temperatura (°C), umidade relativa (%), precipitação pluviométrica (mm), pressão atmosférica (mmHg), radiação solar (W/m^2), partículas inaláveis ($<10\mu m^3$) e monóxido de carbono (ppm).

Foram utilizados dados horários de quatro estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o mesmo período supracitado, com os dados de: temperatura (°C), umidade (%), ponto de orvalho (°C), pressão (hPa), vento (m/s),

radiação (kJ/m^2) e chuva (mm). Todas as estações localizadas dentro do município e/ou próximas ao limite municipal como pode ser observado na Figura 13.

A SMAPU disponibilizou o *shape* com os dados de tipologia de ocupação por lote da cidade de acordo como cadastro de IPTU de 2017, porém devido a grande variedade de variáveis já analisadas nessa pesquisa, essa informação não foi incorporada nas análises e modelagens ambientais.



UFMG

IG INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Área de Concentração: Análise Ambiental

Elaboração: Denise Marques Sales

Data: 20/03/2019

Datum: SIRGAS 2000 Projeção: UTM

Fonte: FEAM (2017), Prodabel (2017), INMET (2018), SMSA (2017) IBGE(2010)

Figura 13: Localização das estações meteorológicas e equipamentos de saúde no município de Belo Horizonte utilizados nesta pesquisa.

A escolha dos meses de janeiro e abril para este estudo foi em função do número de registros de ocorrências de doenças, sendo o menor em janeiro nos dois anos (2013 e 2014) e maior número de ocorrências das doenças respiratórias na população alvo em abril. As consistências e análises dos registros de atendimentos e internações foram realizadas especialmente através da planilha eletrônica Microsoft Excel e seus recursos estatísticos, tabela dinâmica e elaborações gráficas.

Cabe observar que não foi possível discriminar possíveis erros de diagnóstico ou de codificação e duplicidade de casos, pois os dados foram disponibilizados por setor censitário onde vive o atendido sem discriminar nome ou coordenada X e Y, principalmente devido ao sigilo do dado e à ética de não identificação do paciente. Ou seja, nessa pesquisa trabalhou-se com episódios e não com indivíduos.

Ademais, neste estudo trata-se apenas dos dados de atendimentos e internações do Sistema Único de Saúde brasileiro (SUS), não englobando assim a parcela da população de Belo Horizonte que possui plano de saúde ou que pode pagar pelos serviços de consulta e internação particulares. Dessa maneira, cabe salientar que as regiões da cidade em que se concentram as populações com melhores condições socioeconômicas e conseqüentemente de vida não tiveram os registros de atendimento e hospitalização por doenças respiratórias contabilizados de maneira satisfatória, apenas os grupos que acessaram ao SUS.

Ressalta-se que se utilizou como escala espacial neste estudo a menor área administrativa para fins de gestão e planejamento, os setores censitários definidos pelo IBGE, em que se encontram grupos de características socioeconômicas próximas, porém não homogêneas.

3.2 INTERPOLAÇÕES

Os elementos climáticos interpolados foram: temperatura média, umidade relativa, precipitação, particulados (PM10 e CO) e amplitude térmica para os anos de 2013 e 2014. Ao avaliar essas variáveis, identificaram-se algumas falhas nos registros mensais. Como alternativas para preenchimento dos dados faltantes, foram testados dois métodos: interpolação e regressão linear. A interpolação e espacialização foram realizadas no *software* ArcGis 10.3 a partir da ferramenta *Geostatistical Analyst* e a regressão linear por meio da planilha eletrônica Microsoft Excel.

Os interpoladores testados foram *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Radial Basis Functions* (RBF), *Krigagem* e *Co_Krigagem*, para a média mensal de temperatura, umidade, PM10 e CO e a precipitação acumulada mensal. Para a escolha do método de interpolação mais adequado, utilizaram-se os valores de *mean* (mais próximo de zero melhor) e *rms* (quanto mais próximo de um melhor)¹⁹. Ambos são valores fazem parte da estatística de erro da operação realizada para gerar o modelo, indicando sua acurácia. São parte dos resultados da 3ª etapa de execução tanto da ferramenta *RBF* quanto *IDW*, chamada “*Cross Validation*” em que são apresentadas as diferenças entre os valores estimados e observados e o gráfico de dispersão de validação cruzada. Ressalta-se que as interpolações cujos modelos produziram homogeneização na espacialização, ou seja, mesmo valores para todas as falhas, foram excluídas.

Adotou-se o RBF como interpolador mais ajustado e adequado para o preenchimento das falhas nos registros de umidade relativa e precipitação; os resultados podem ser observados nas Figura 27 e Figura 28 da próxima seção. A escolha de interpoladores para dados climáticos não é uma tarefa simples e o resultado final não depende apenas do interpolador. O processo de interpolação exige conhecimento acerca da natureza do dado a ser interpolado e da distribuição espacial das amostras (PERIN et al., 2015), ou seja, é necessário levar em consideração como normalmente comportam-se as variáveis nesse espaço interpolado, interpretar o posicionamento geográfico desses pontos de interpolação e realizar uma análise crítica dos resultados obtidos antes de adotá-los se possível utilizando um conhecimento prévio a cerca da área estudada.

A regressão linear foi realizada através de ferramenta do banco estatístico do software Excel, tomando-se como base na equação 1 a seguir (SANTOS et al., 2015)

$$T = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 X + \beta_3 ALT \text{ (equação 1)}$$

Em que,

T: Temperatura do ar (°C);

β_0 : Constante de regressão;

Y: Coordenada Geográfica Y (latitude);

X: Coordenada Geográfica X (longitude);

¹⁹ As diferenças entre os valores estimados e observados são resumidas usando as estatísticas de validação cruzada: erro médio de predição (MEAN), erro de predição de raiz quadrada média (RMS), medidas estatísticas usadas para avaliar o desempenho do modelo. MEAN = representa a média dos erros de cada ponto gerados pela interpolação. RMS = são os valores de desvio padrão da média, quanto maior esse valor maior, maior a dispersão dos dados interpolados.

ALT: Altitude (m); e

$\beta_1, \beta_2, e \beta_3$: Coeficientes de regressão para as variáveis Y, X e ALT.

Depois das falhas identificadas, realizou-se uma regressão linear tomando como base a relação entre as variáveis dependentes (valores de temperatura) e independentes representados pela altitude (em metros) e as demais coordenadas UTM para Longitude (X) e Latitude (Y). Ao final, foi gerado um resumo estatístico com os valores correspondentes para aplicação da equação X, calculada em cada célula com as falhas de dados.

Conforme ilustram da Tabela 7, os valores calculados estão em negrito e destacados em cinza. Importante observar o erro quadrado (r^2) gerado na regressão com os valores existentes (sem considerar a falha) antes da aplicação da equação e posterior ao preenchimento da falha, em que o valor do r^2 mais adequado seja o mais próximo de 1. Nesse caso, observaram-se valores do r^2 muito próximos de um (1) para as variáveis temperatura, PM10 e CO. Isso indica um alto grau percentual da qualidade e ajuste do modelo. A partir desses resultados, os valores estimados por esse método foram os adotados.

Tabela 7: Resultado com os preenchimentos das falhas para a variável temperatura média do mês de abril a partir da regressão linear.

Temperatura Média (°C) - Ano 2013 - Regressão Linear																	
Código	Estações	Longitude (x)	Latitude (y)	Altitude (m)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
E1	INMET_Lourdes	609646	7795438	915	23,83	25,43	23,65	22,32	21,64	21,25	21,39	21,63	22,45	22,26	23,45	23,88	22,77
E2	INMET_Pampulha	607921	7800869	854	22,86	24,04	23,18	20,90	20,16	20,13	19,89	20,47	21,60	21,41	23,33	23,56	21,79
E3	INMET_Ibirite	595738	7786424	1199	20,75	21,94	21,04	18,98	18,31	18,28	18,01	18,33	19,22	19,13	31,40	23,61	20,75
E5	FEAM_CAMG	609887	7812486	818	24,28	25,51	24,77	22,50	21,53	21,37	21,23	21,56	22,94	22,70	23,94	24,40	23,06
E6	FEAM_A Amazonas	605181	7795220	880	25,37	25,41	25,53	25,73	21,82	20,50	20,45	21,08	22,14	21,84	23,14	23,88	23,07
E7	FEAM_Piratininga	598364	7787803	886	25,71	24,12	26,19	19,38	20,28	20,39	20,14	20,60	21,61	21,55	22,64	23,12	22,15
média =					23,80	24,41	24,06	21,64	20,62	20,32	20,19	20,61	21,66	21,48	24,65	23,74	22,26

Temperatura Média (°C) - Ano 2014 - Regressão Linear																	
Código	Estações	Longitude (x)	Latitude (y)	Altitude (m)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
E1	INMET_Lourdes	609646	7795438	915	25,78	25,23	23,99	23,31	21,67	20,99	19,94	21,69	23,86	24,19	23,80	24,89	23,28
E2	INMET_Pampulha	607921	7800869	854	24,51	24,38	22,95	22,01	20,38	19,90	18,80	20,44	22,60	23,07	22,85	23,66	22,13
E3	INMET_Ibirite	595738	7786424	1199	22,14	21,95	20,81	20,27	18,57	18,05	16,80	18,61	20,27	20,65	20,52	21,35	20,00
E4	INMET_Cercadinho	608952	7790381	1200	21,91	21,40	20,27	19,77	18,24	17,48	16,34	18,31	19,95	20,16	20,21	21,25	19,61
E5	FEAM_CAMG	609887	7812486	818	25,84	25,74	24,51	23,93	22,30	21,10	20,02	21,79	23,86	24,36	24,28	25,27	23,58
E6	FEAM_A Amazonas	605181	7795220	880	24,62	24,96	23,22	22,09	20,56	19,91	18,88	20,46	22,74	23,21	23,06	24,13	22,32
E7	FEAM_Piratininga	598364	7787803	886	24,57	24,48	23,15	22,42	20,81	20,27	19,06	20,98	22,71	23,06	23,01	23,84	22,36
E8	FEAM_Cidade Industrial	601329	7792728	938	24,30	24,25	22,88	22,09	20,47	21,29	20,12	21,95	23,03	23,76	22,69	23,58	22,53
E9	FEAM_Av_Contorno	611376	7797750	840	25,47	25,22	23,76	22,86	21,31	20,72	19,69	25,17	24,11	23,78	24,79	25,56	23,54
média =					24,35	24,18	22,84	22,08	20,48	19,97	18,85	21,04	22,57	22,92	22,80	23,73	22,15

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Após a escolha do melhor interpolador para o preenchimento das falhas nos registros da temperatura, foram geradas as tabelas com as médias do mês de abril e janeiro para cada um dos anos (2013 e 2014) e elaborados os *shapes* dos pontos amostrais no *software* ArcGis

10.3. De posse dos *shapes* de cada uma das variáveis climáticas, adotou-se o interpolador IDW para gerar os mapas que são apresentados na seção de análises e discussões, com a classificação pelo método *jenks natural breaks* em quatro classes.

3.3 ANÁLISES RÍTMICAS

Com a finalidade de buscar uma correlação entre as mudanças na condição de tempo e os picos registrados na ocorrência das doenças respiratórias, foi realizada a caracterização dos tipos de tempo e a análise diária da sucessão dos estados atmosféricos observada no período amostral, tendo como instrumental teórico-metodológico os gráficos de análise rítmica (MONTEIRO, 1971).

Para a elaboração desses gráficos foram utilizados os registros da estação meteorológica convencional do INMET (Lourdes) nos horários de 00h, 12h e 18h UTC dos meses de janeiro e abril, de 2013 e 2014. Foram confeccionados gráficos de temperatura do ar, precipitação, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos. Além dos dados da estação meteorológica da FEAM (CAMG), para o mesmo período e horário, na confecção dos gráficos de PM10 e CO que são apresentados na seção de análises e discussões.

Esse modelo teórico-metodológico foi adotado para enriquecer a análise temporal dos elementos climáticos correlacionados à ocorrência de doenças respiratórias por semana. Através da sua metodologia mais detalhada é possível uma representação contínua e concomitantemente dos elementos climáticos representados graficamente, revelando a gênese (relativo às massas de ar, frentes frias e linhas de instabilidade) e o impacto (local, regional), tornando possível perceber uma integração escalar.

Utilizaram-se cartas sinóticas disponibilizadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil²⁰ e imagens de satélite cujo download foi realizado na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais²¹, vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os horários analisados foram de 00H e 12H UTC para os 30 dias dos meses de janeiro e abril dos anos de 2013 e 2014, que pode ser observada nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo:

²⁰ Link de acesso <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>. Essas cartas são 1.000 milibares mais próxima ao nível médio do mar.

²¹ Link de acesso <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>. Imagens no canal infravermelho.

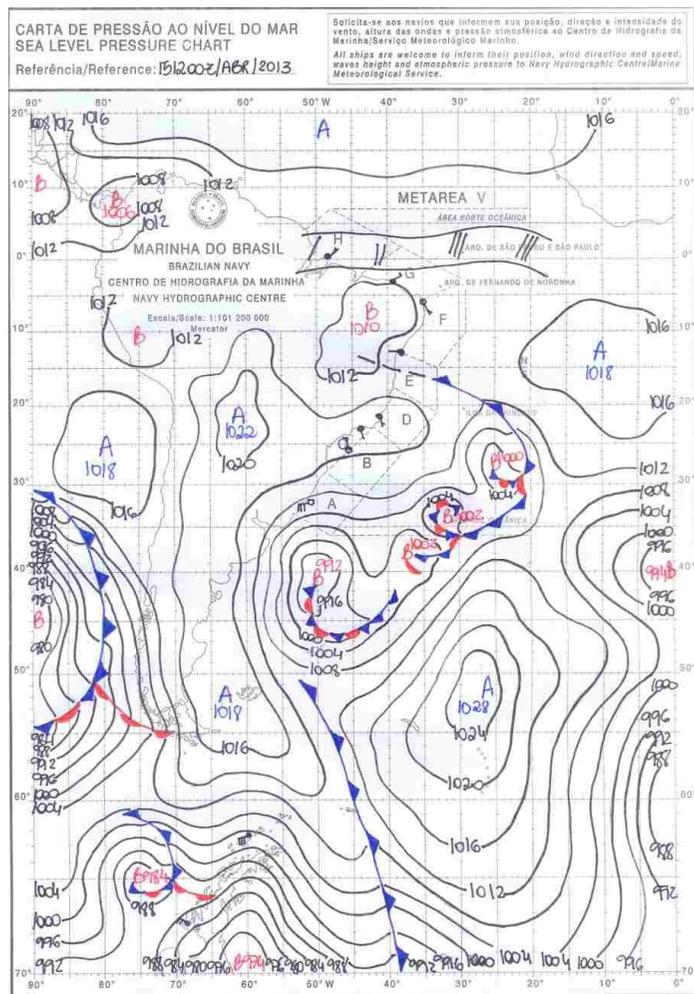


Figura 14: Exemplo de carta sinótica da marinha de 15 de abril de 2013, no horário de 12 UTC.

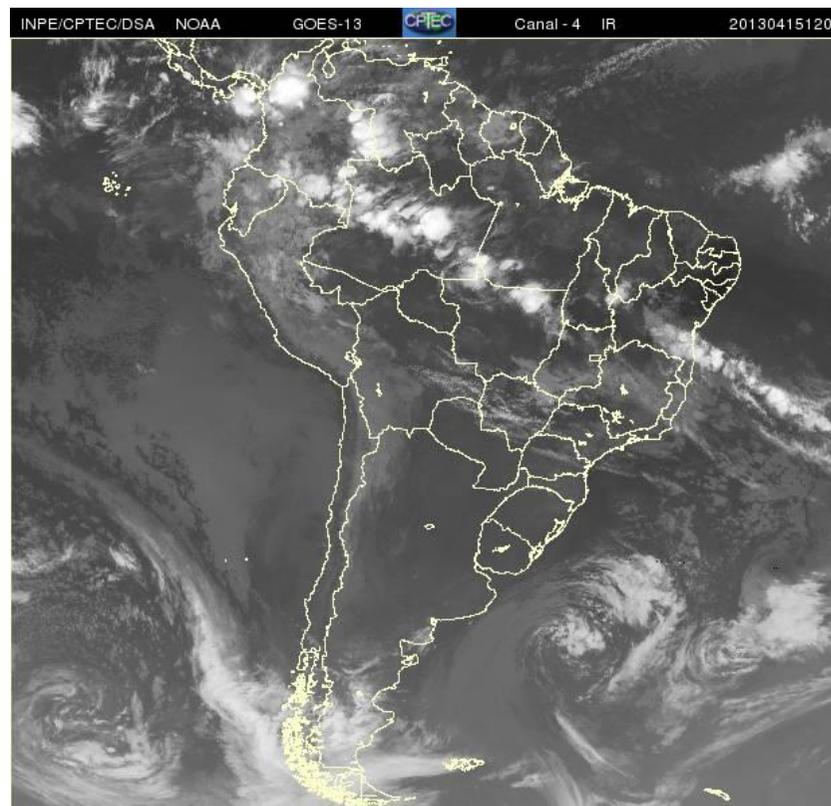


Figura 15: Exemplo de imagens de satélite do INPE de 15 de abril de 2013, no horário de 12 UTC.

3.4 DADOS SOCIOECONÔMICOS E DE SAÚDE

Outras duas variáveis que foram levadas em consideração nesse estudo foram densidade demográfica da população de 0 a 5 anos, calculada por setor censitário através dos dados do Censo Demográfico do IBGE (2010) Figura 16 (b) e o Índice de Vulnerabilidade da Saúde de Belo Horizonte (2013) elaborado pela Prefeitura de Belo Horizonte e parceiros.

O IVS leva em consideração as dimensões saneamento básico e condições socioeconômicas divididas em oito indicadores. Esse índice categorizou o município em quatro tipos na escala espacial de setores censitários, a saber: baixo risco, médio risco, elevado risco e muito elevado risco na Figura 16 (a). Essas variáveis podem fornecer indícios para a análise de correlação espacial entre ocorrência de doenças em espaços urbanos. Diante disso, pretendeu-se verificar se a maior intensidade de ocorrência de doenças respiratórias tem correlação espacial com a elevação do risco de vulnerabilidade à saúde e conseqüentemente com a densidade populacional mais elevada.

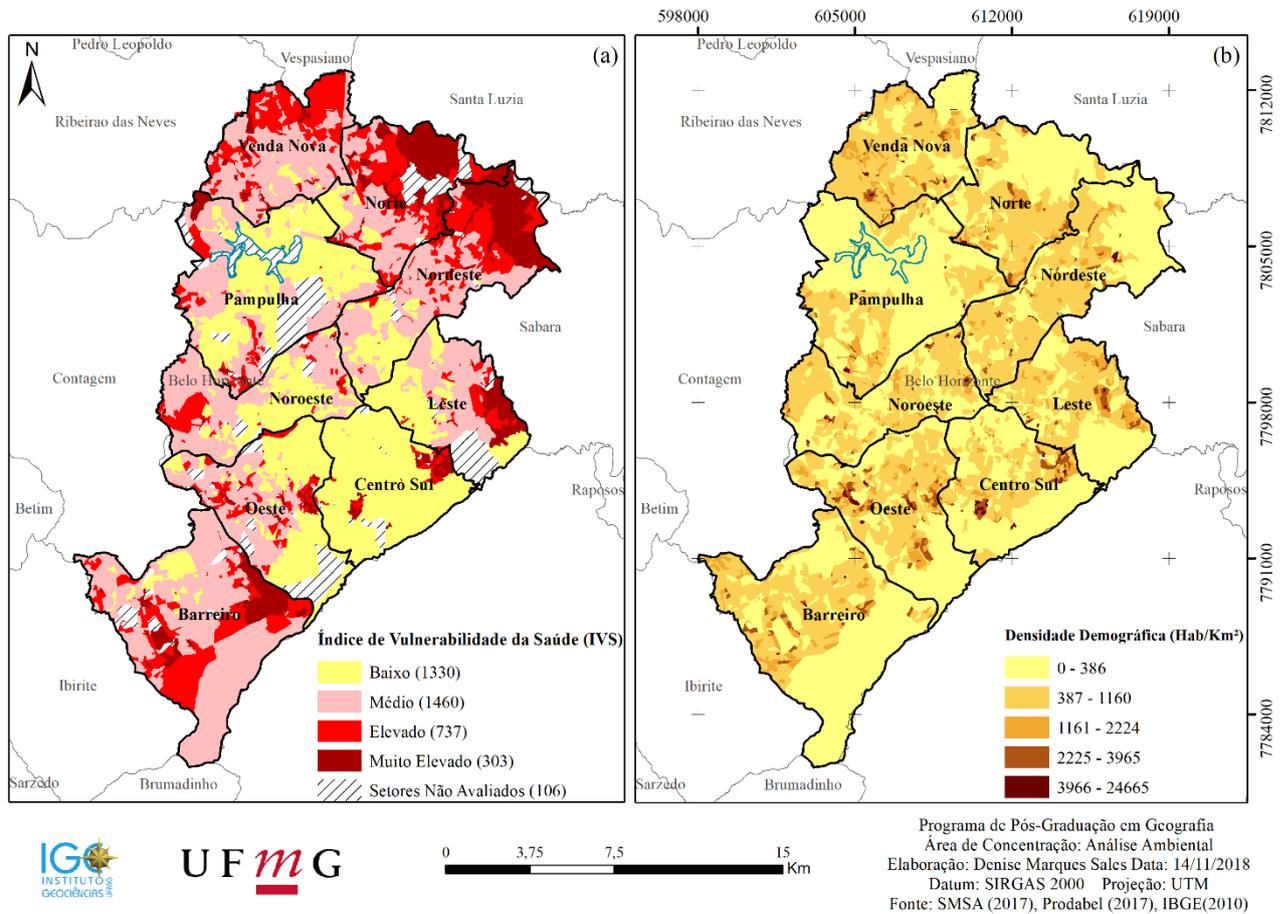


Figura 16: Índice de vulnerabilidade da saúde (a) e densidade demográfica (b) do município de Belo Horizonte (MG).

Essas variáveis foram exportadas para o formato *raster*, mantendo-se as classes apresentadas na Figura 16, para serem utilizadas nas modelagens descritas a seguir. Ressalta-se que as classes adotadas no IVS (baixo, médio, elevado, muito elevado e setores não avaliados) são exatamente as mesmas adotadas pela Secretaria de Saúde do município, a fim de ser fiel aos critérios utilizados pelo setor da saúde.

3.5 MODELAGENS ESPACIAIS

3.5.1 Análise Hierárquica de Pesos

Com objetivo de reforçar as análises de correlação espacial das variáveis ambientais e a ocorrência de doenças respiratórias, adotou-se a Análise Hierárquica de Pesos (AHP). A AHP é um método de Análise Multicritério (AMC) utilizado para auxiliar as tomadas de decisões. Esse método é baseado em julgamentos de profissionais ou pesquisadores

relacionados com a temática abordada no qual se propõe um conjunto de variáveis ou indicadores que devem ser comparados par a par e indicados o grau de importância de uma em relação à outra.

A análise multicritério tem sido usada com frequência entre os pesquisadores que adotam os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e trata-se de uma álgebra de mapas em que o objetivo é a construção de modelos descritivos ou preditivos do território, em diferentes escalas e para diferentes aplicações, viabilizando a integração de variáveis espaciais (Moura *et al.*, 2016).

Como primeira rodada foi enviado um questionário, via Google Drive, para os profissionais da área da saúde visando entender quais das variáveis acima têm maior peso no agravo das doenças respiratórias. Foi solicitado aos participantes que classificassem com valores de 1 a 9, onde um tem menor importância e nove extrema importância, seguindo a escala numérica fundamental de Saaty (1980) Tabela 8.

Tabela 8: Escala de Comparação pareada de critérios segundo Saaty.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial	Um fator é claramente mais importante que o outro.
7	Importância demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários	Possibilidade de compromissos adicionais.

Fonte: Adaptado de Moura (2007).

As variáveis eleitas para esse estudo foram: umidade relativa (%), temperatura média (°C), amplitude térmica mensal (°C), partículas inaláveis - PM10 (<10µm/m³), monóxido de carbono - CO (ppm), densidade populacional (hab/Km²) e os distritos sanitários (9). Ressalta-se que o peso 0 (zero) não foi adotado como mínimo porque se considera que nenhuma das

variáveis é desprezível, assim como o peso 10, evidenciando que nenhuma das variáveis possui importância tão grande sobre a outra. Ao final do questionário foram inseridas as seguintes questões:

- 1) Retiraria alguma das variáveis analisadas? Por quê?
- 2) Existe alguma variável que julgue importante e não foi contemplada?
- 3) Gostaria de fazer alguma consideração ou comentário que ache pertinente em relação ao tema pesquisado?

Nessa fase o questionário foi enviado a doze profissionais da área da saúde convidados (Tabela 9), dos quais sete enviaram suas respostas e comentários.

Tabela 9: Perfil dos profissionais da saúde selecionados na primeira rodada.

1ª rodada (7/12)	
Questionário	Área de atuação
1	Enfermagem/atenção básica
2	Saúde urbana e epidemiologia
3	Medicina familiar e comunidade
4	Pediatria
5	Enfermagem
6	Enfermagem
7	Fisioterapia e saúde urbana

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Sabendo que através do Google não seria possível elaborar uma matriz para a comparação par a par, foi necessário realizar uma adequação no método para alcançar os resultados em tempo hábil para a pesquisa. Sendo assim, realizou-se uma escuta adotando a metodologia Delphi²² e a tabulação em AHP, em que a autora e seu co-orientador realizaram as comparações par a par de acordo com os pesos dados pelos profissionais consultados.

Após a realização do seminário de dissertação, adequando às sugestões da banca e atentando também para as respostas dos profissionais da área da saúde, optou-se por realizar uma segunda rodada do questionário incluindo a variável o Índice de Vulnerabilidade à Saúde (IVS) de Belo Horizonte e retirando os distritos sanitários. Foi inserida também a questão de nº 4 no questionário que corresponde a: “Sugere algum profissional que lida nesta área?”

²² Considerado um método mais simples que a AHP, a metodologia Delphi caracteriza-se por perguntar o peso ou a relevância da variável isoladamente, porém para adotá-lo seria necessário no mínimo 15 entrevistados com suas respectivas respostas; quórum esse que não foi alcançado em nenhuma das duas rodadas realizadas.

Poderia me informar o nome e contato (telefone e/ou e-mail) para que possa entrevistá-lo”, na tentativa de captar uma amostragem por bola de neve.

Nessa segunda rodada dos trinta e oito profissionais da área da saúde convidados (Tabela 10), dez enviaram suas respostas e comentários.

Tabela 10: Perfil dos profissionais da saúde selecionados na segunda rodada.

2ª rodada (10/38)	
Questionário	Área de atuação
1	Enfermagem
2	Saúde urbana e epidemiologia
3	Fisioterapia e saúde urbana
4	Pneumologia pediátrica
5	Pneumologia pediátrica
6	Pneumologia pediátrica
7	Pediatria
8	Medicina
9	Pneumologia pediátrica
10	Pediatra/alergia e imunologia

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

De posse das novas respostas, foi eleito novamente um “cenário geral” que continha o valor médio dos pesos dados a cada variável. Em seguida foi necessário preparar os dados para as análises. As sete camadas de informação, correspondendo as variáveis de análise tanto para janeiro (2013 e 2014) quanto para abril (2013 e 2014), com suas respectivas informações foram transformados em *raster* (com pixel de 200m) e em seguida normalizados de acordo com a equação 2 a seguir:

$$([\text{matriz}] - \text{Vmin}) * \frac{1}{\text{Vmáx} - \text{Vmin}} \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

Matriz: *raster* de cada variável.

Vmín: valor mínimo encontrado no *raster*.

Vmáx: maior valor encontrado no *raster*.

Conforme esclarece Moura (2016), a comparação das variáveis requer que elas sejam apresentadas de modo normalizado, o que significa que apresentem o mesmo valor mínimo e o mesmo valor máximo, neste caso padronizadas em escala de 0 a 1, tomando como base que quanto menor o valor (mais próximo de zero), menor o impacto, e quanto maior o valor mais próximo de um, maior o impacto. Sendo assim, as variáveis temperatura média e

umidade relativa, ao final da normalização tiveram que ter seus valores invertidos, pois quanto menor a temperatura, maior o agravo e quanto menor a umidade, maior o agravo às doenças respiratórias.

Depois de efetuado o processo de rasterização de todas as variáveis (janeiro e abril de 2013 e de 2014), aplicou-se a análise hierárquica de pesos com o auxílio da ferramenta *extAHP20* no *software* ArcGIS, o qual estima automaticamente os pesos e o grau de consistência dos resultados. De acordo com Souza (2018) a metodologia pode ser resumida a partir da listagem apresentada nos tópicos abaixo:

- Construção da matriz de comparação pareada;
- Cálculo do autovetor principal;
- Cálculo do autovalor máximo;
- Cálculo do Índice de Consistência – Consistency Index (CI);
- Cálculo de Índice de Aleatoriedade – Randon Index (RI);
- Cálculo do Grau de Consistência – Consistency Ratio (CR).

A respeito de matriz, ela foi gerada com os pesos da comparação par a par seguindo os critérios de Saaty (1980), dados pelos profissionais da área da saúde.

Os pesos resultantes do processo anterior foram considerados para compor a análise multicritério em função do valor adquirido para o Grau de Consistência, sendo $CR = 0,008$. No método, foi estabelecido por Saaty que o valor de CR (*consistency ratio*) deve ser inferior a 0,1 para que os julgamentos da matriz de comparação sejam considerados coerentes, reforçando a confiabilidade da modelagem.

A seguir, a Tabela 11 apresenta o resumo com as etapas do processo metodológico da análise multicritério:

Tabela 11: Resumo das etapas da Análise Hierárquica de Pesos ou Multicritério.

Etapas	Passos Metodológicos	Passos executados
1	Definição de objetivos e aplicações no uso do sistema.	Áreas de potencial de ocorrência de doenças respiratórias, representatividade das variáveis (6) selecionadas.
2	Organização de dados alfanuméricos e cartográficos.	Interpolação através do IDW, transformação em <i>raster</i> realizando a média dos dados climáticos de 2013 e 2014 para os meses de Janeiro e Abril.
3	Tratamento dos dados para a composição de representações matriciais (<i>raster's</i>) para análise e representação da distribuição potencial do fenômeno.	Normalização dos dados climáticos e densidade demográfica.
4	Definição de pesos das variáveis e de valores para seus componentes de legenda.	Análises das respostas dos questionários enviados pelo Google Drive aos profissionais da área de saúde. Definição de um “cenário geral”.
5	Integração das variáveis na Análise de Multicritérios.	Inserção dos <i>raster's</i> na ferramenta, inserção dos pesos par a par dos questionários, média global.
6	Comparação com a realidade existente.	Houve a necessidade de realizar uma segunda roda com novos questionários para a inserção da variável socioeconômica e de vulnerabilidade à saúde representada na figura do IVS.
7	Calibração do Sistema e retorno para a fase da análise.	O sistema foi calibrado com as 6 variáveis + IVS (normalizados). Inserção dos pesos par a par gerados pela segunda rodada dos questionários, novamente foi considerado o “cenário geral”.
8	A construção de cenários (if/then).	Análises dos resultados obtidos e comparação com as interpolações realizadas para os dados climáticos de janeiro e abril para os anos de 2013 e 2014. Identificação e verificação de áreas de maior e menor potencial de ocorrência de doenças respiratórias.
9	Elaboração de propostas de intervenção, gestão e restrições.	Esboço de propostas mediante o resultado alcançado, relacionadas às ações de saúde pública no tocante às doenças respiratórias. E tomada de decisão dos gestores municipais.

Fonte: Adaptado pela autora a partir de Moura (2003).

Os resultados dessa etapa são apresentados em forma de tabelas e mapa na seção de análises e discussões.

3.5.2 Análises de Incerteza e Sensibilidade Espacial

Com objetivo de lidar com o grau de certeza ou incerteza do processo de análise multicritério (AHP), descrito no item anterior, a análise de sensibilidade espacial foi aplicada. Para tanto, o processo que auxilia nessa avaliação é a Simulação de Monte Carlo, que consiste em simular diferentes possíveis pesos para as variáveis, dentro de limites de máximo e mínimo em uma faixa de valores (MOURA et al.,(2016); MOURA e JANKOWSKI (2016), LIGMANN-ZIELINSKA e JANKOWSKI (2014), LIGMANN-ZIELINSKA et al. (2012)). O fluxograma desta etapa da metodologia está detalhado a seguir na Figura 17.

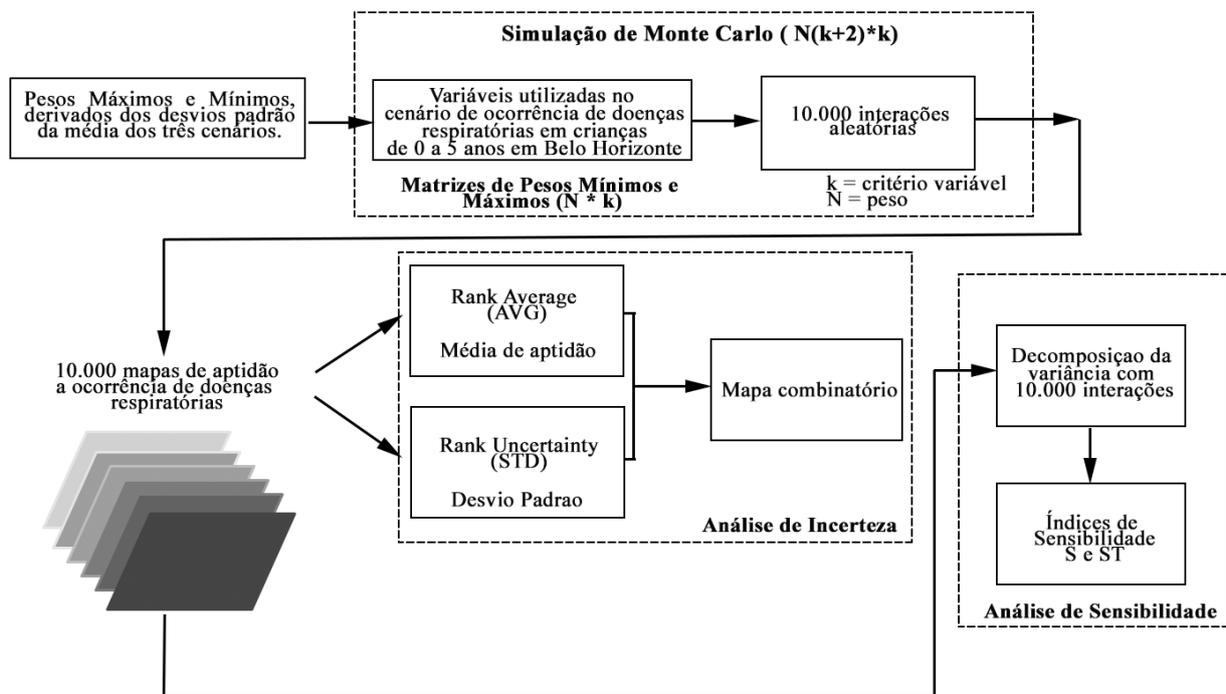


Figura 17: Fluxograma da Análise e Incerteza e Sensibilidade.
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Para construir as 3 matrizes de comparação para representar 3 cenários distintos, foram consideradas as respostas dadas pelos profissionais da área da saúde, considerando o grau de importância dado às comparações pareadas das variáveis eleitas (Tabela 12).

Avaliaram todas as respostas de cada profissional separadamente, sendo que para elaborar o cenário geral (Tabela 12) foi realizada a média de pesos dados a cada uma das variáveis, e dentre os profissionais da área da saúde foram selecionados dois para compor o especialista 1 e o especialista 2.

Tabela 12: Matrizes de julgamento das variáveis seus respectivos pesos e cenários.

Cenário Geral							
	<i>Umidade relativa</i>	<i>Amplitude térmica</i>	<i>PM10</i>	<i>CO</i>	<i>Dens. Demográfica</i>	<i>IVS</i>	<i>Temperatura Média</i>
<i>Umidade relativa</i>	1	2	1	1	1	0,5	2
<i>Amplitude térmica</i>	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,333	1
<i>PM10</i>	1	2	1	1	1	1	2
<i>CO</i>	1	2	1	1	1	1	2
<i>Dens. Demográfica</i>	1	2	1	1	1	0,5	2
<i>IVS</i>	2	3	1	1	2	1	3
<i>Temperatura Média</i>	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,333	1

CR: 0,008

Especialista 1							
	<i>Umidade relativa</i>	<i>Amplitude térmica</i>	<i>PM10</i>	<i>CO</i>	<i>Dens. Demográfica</i>	<i>IVS</i>	<i>Temperatura Média</i>
<i>Umidade relativa</i>	1	0,333	0,333	0,333	0,125	0,125	0,333
<i>Amplitude térmica</i>	3	1	1	1	0,167	0,167	1
<i>PM10</i>	3	1	1	1	0,167	0,167	1
<i>CO</i>	3	1	1	1	0,333	0,333	1
<i>Dens. Demográfica</i>	8	6	6	3	1	1	3
<i>IVS</i>	8	6	6	3	1	1	6
<i>Temperatura Média</i>	3	1	1	1	0,333	0,167	1

CR: 0

Especialista 2							
	<i>Umidade relativa</i>	<i>Amplitude térmica</i>	<i>PM10</i>	<i>CO</i>	<i>Dens. Demográfica</i>	<i>IVS</i>	<i>Temperatura Média</i>
<i>Umidade relativa</i>	1	0,5	1	1	0,5	0,333	2
<i>Amplitude térmica</i>	2	1	2	2	1	0,5	2
<i>PM10</i>	1	0,5	1	1	0,5	0,333	2
<i>CO</i>	1	0,5	1	1	0,5	0,333	2
<i>Dens. Demográfica</i>	2	1	2	2	1	0,333	2
<i>IVS</i>	3	2	3	3	3	1	5
<i>Temperatura Média</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	1

CR: 0,013

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Para cada matriz foi gerada uma combinação de pesos na análise multicritério, conforme Tabela 13, valores estes cruciais para o prosseguimento da metodologia.

Tabela 13: Resultado da AHP para cada um dos cenários analisados.

Variável	Cenário Geral	Especialista 1	Especialista 2
	<i>Peso AHP</i>	<i>Peso AHP</i>	<i>Peso AHP</i>
<i>IVS</i>	22,655	34,788	32,467
<i>Densidade Demográfica</i>	14,72	31,497	15,946
<i>Amplitude Térmica</i>	7,628	7,106	16,708
<i>Temperatura Média</i>	7,628	7,84	6,099
<i>PM10</i>	16,325	7,106	9,594
<i>CO</i>	16,325	8,651	9,594
<i>Umidade Relativa</i>	14,72	3,013	9,594

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O detalhamento dessa etapa foi embasado em leituras e modelos presentes em LIGMANN-ZIELINSKA e JANKOWSKI (2014), LIGMANN-ZIELINSKA et al. (2012), MARTINS e COELHO (2011), LIGMANN-ZIELINSKA, A. e SUN (2010), SALTELLI et al. (2010) e COSTA (2002).

O processo de Simulação de Monte Carlo (SMC) aplicado nesta pesquisa foi baseado em LIGMANN-ZIELINSKA e JANKOWSKI (2014), LIGMANN-ZIELINSKA et al. (2012), para realização da análise de incerteza espacial e sensibilidade. Os algoritmos do Método de Monte Carlo foram desenvolvidos pelo professor Dr. Piotr Jankowski do Departamento de Geografia da San Diego State University e pela professora Dr^a. Arika Ligmann-Zielinska do Departamento de Geografia da Universidade de Michigan. Utilizou-se o conjunto de ferramentas denominado “*Monte Carlo Weighted Sum*²³”.

O primeiro passo foi a conversão das matrizes representando as 6 variáveis²⁴ do cenário de maior ou menor aptidão para ocorrência de doenças respiratórias para o formato vetorial de pontos, tornando-os compatíveis com as ferramentas de análise espacial utilizada nos próximos passos. A partir dos valores gerados pela AMC foram calculados valores máximos, desvio padrão, mínimo e média na Tabela 14.

²³ Ferramenta disponível em <http://geo.msu.edu/extra/stsa/software.html>. Nesse link é possível acessar um pacote independente para calcular os índices de sensibilidade de primeira ordem e de efeito total para avaliação multicritério espacial baseada em raster.

²⁴ Optou-se por retirar a variável temperatura média da modelagem por entender, a partir dos resultados da AHP, que esta variável possui baixa relevância ou menor impacto no agravo à ocorrência de doenças respiratórias em relação às demais.

Em que:

Máximo = média mais o desvio padrão

Mínimo = média menos o desvio padrão

Média = soma dos valores divididos por três

Desvio Padrão (DP) = variação entre maior e menor valor

Tabela 14: Estatística básica para a realização da MC.

Variável	Pesos			Estatísticas			
	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Max	DP	Min	Med
<i>IVS</i>	22,655	34,788	32,467	35,229	5,259	24,711	29,970
<i>Dens. Demográfica</i>	14,72	31,497	15,946	28,357	7,636	13,085	20,721
<i>Amplitude Térmica</i>	7,628	7,106	16,708	14,889	4,409	6,072	10,481
<i>PM10</i>	16,325	7,106	9,594	14,903	3,894	7,114	11,008
<i>CO</i>	16,325	8,651	9,594	14,940	3,417	8,106	11,523
<i>Umidade Relativa</i>	14,72	3,013	9,594	13,901	4,792	4,317	9,109

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Nessa modelagem foram adotados os seguintes pesos máximos e mínimos da Tabela 15.

Tabela 15: Valores máximos e mínimos para a MC.

Valores para Monte Carlo		
Variável	Max	Min
<i>IVS</i>	0,352	0,247
<i>Densidade Demográfica</i>	0,284	0,131
<i>Amplitude Térmica</i>	0,149	0,061
<i>PM10</i>	0,149	0,071
<i>CO</i>	0,149	0,081
<i>Umidade Relativa</i>	0,139	0,043

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Esse conjunto de parâmetros de entrada que são usados para calcular múltiplos mapas de adequação que a partir das 10.000 interações resultam em: [1] uma superfície de adequação média (AVG), [2] uma superfície de incerteza (desvio padrão - STD) e [3] um índice de sensibilidade total e local (S e ST) (LIGMANN-ZIELINSKA E JANKOWSKI, 2014).

Acompanhando a sequência do fluxograma (Figura 17), em sua última etapa, a análise de sensibilidade foi realizada com a utilização da ferramenta *Variance Decomposition*, aplicada para quantificar a influência de cada peso das variáveis na variabilidade do modelo.

“O objetivo é definir quantitativamente os pesos que têm mais influência no resultado da análise de multicritérios. Ela apresenta duas medidas de sensibilidade: a de primeira ordem (S) e o efeito total do índice de sensibilidade (ST). O processo define o “Average Shift in Ranks” (média de mudanças no ranking) e o “Robust Winner” (vencedor mais robusto), o que significa a classificação média e a importância ou qualidade do vencedor.” (MOURA et al., 2016, p. 12)

Foram rodadas novamente 10.000 interações com objetivo de comparar os resultados, tanto para janeiro (2013 e 2014) quanto para abril (2013 e 2014). Os resultados são apresentados em formato “.txt” e indicam índices de adequabilidade ou sensibilidade, S e ST.

Os dois índices de sensibilidade são calculados para cada elemento de entrada do modelo; um índice de primeira ordem (S) que captura a contribuição independente de um dado input na variabilidade do output, e um índice de efeito total (ST) que também explica as interações entre uma dada entrada e outras entradas. (Ligmann-Zielinska e Jankowski, 2014, p. 236).

Ou seja, os valores de S representam o quanto de incerteza cada variável traz para o modelo e os valores de ST dizem respeito à interação com as demais variáveis e seus respectivos pesos. Valores esses que são analisados com detalhe na próxima seção.

A fim de facilitar a visualização e tornar a interpretação mais fácil, optou-se por normalizar esses resultados da coluna AVG e STD e representá-los em duas faixas, através da classificação pelo método *quantile* e, em seguida através a ferramenta *reclassify*, do segmento *spatial analyst*, atribuíram-se novos valores para os menores e maiores valor classificados em cada *raster*, obtendo-se assim o resultado da Rank STD (0 e 1) e da Rank AVG (0 e 2). De posse dessas matrizes já preparadas realizou-se uma análise combinatória espacial conforme descrito em MOURA et al. (2016) e FONSECA (2015).

A análise combinatória foi realizada por meio de algoritmo de álgebra de mapas denominado *raster calculator* do *software* ArcGis. O cruzamento dos dados realizou-se com a transformação das informações em mapas no formato *raster* e reclassificados em seguida com valores da matriz de comparação apresentados na Tabela 16 a seguir.

Tabela 16: Matriz Combinatória Rank AVG x Rank STD

			Rank STD (Incerteza)	
			Baixa	Alta
			0	1
Rank AVG (Pontencial)	Baixo	0	0	1
	Alto	2	2	3

Onde:

0 = Baixo Potencial/Baixa Incerteza

1 = Baixo Potencial/Alta Incerteza

2 = Alto Potencial/ Baixa Incerteza

3 = Alto Potencial/Alta Incerteza

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Não menos importante e essenciais de serem apontados são os principais desafios encontrados nessa pesquisa. Configurados de acesso moroso, burocrático, com falhas e em escala temporal e espacial reduzida, os dados climáticos, e a trabalhosa submissão à Plataforma Brasil e ao Comitê de Ética da Secretaria de Saúde para emissão de carta de anuência e liberação dos dados relativos aos atendimentos e internações. Ambos geraram atrasos no tratamento dos dados e conseqüentemente no desenrolar da dissertação.

Cabe ressaltar que toda essa etapa de modelagem espacial foi realizada com os dados obtidos da segunda rodada dos questionários da AHP (anexo à dissertação) os quais também irão compor os resultados e discussões geográficas na seção a seguir.

4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados das interpolações, análises rítmicas, e modelagens ambientais; ao mesmo tempo as análises espaço-temporais dos dados e da temática principal desta pesquisa são realizadas. Sua construção tem como objetivo apresentar os resultados das correlações entre elementos climáticos e ocorrência de doenças respiratórias, além de outros fatores que possam agravá-las no ambiente urbano, otimizando o diagnóstico da vulnerabilidade da saúde e também servindo como base para prognósticos para a saúde urbana.

4.1 ANÁLISE TEMPORAL

Os dados disponibilizados pela Secretaria de Saúde contemplam um intervalo temporal de 7 anos (2010 à 2017) com registros de atendimentos em unidades básicas de saúde e internações hospitalares, sendo possível indentificar, no conjunto destes dados, cinco principais recorrências conforme Tabela 17.

Tabela 17: Principais registros identificados de 2007 a 2017.

CID	Atendimentos	Internações	CID
J00	Nasofaringite aguda	Asma não especificada	J45.9
J03	Amigdalite aguda	Outras pneumonias bacterianas	J15.8
J45	Asma	Bronquiolite aguda	J21.8
J11	Influenza [gripe] devida a vírus não identificado	Bronquite aguda não especificada	J21.9
J01	Sinusite aguda	Pneumonia não especificada	J189

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Analisando o conjunto total de dados²⁵ (CID10 de J00 a J99), foi possível indentificar que o número de atendimentos aumentou gradativamente de 2010 para 2017 em contrapartida o número de internações diminuiu, apontando para um aumento da eficiência do atendimento e tratameto primário, indicando uma redução no agravamento da doença ao longo desses anos.

A partir dos dados relacionados à ocorrência de doenças respiratórias nos anos de 2013 e 2014, foi possível observar que os meses de março, abril, agosto, setembro e outubro intensifica-se o número de atendimentos em unidades de saúde e internações hospitalares. Porém o pico dos registros ocorre normalmente em abril e os registros mínimos em janeiro Figura 18 e Figura 19.

Em abril de 2013 o número de atendimentos correspondeu a 14,5% dos atendimentos (8.232) e 14,7% das internações (705) do total (56.566 atendimentos e 4.798 internações) e em 2014 correspondeu a 13% dos atendimentos (9.512) e 16,5% das internações (779) do total (72.977 atendimentos e 4.684 internações).

Já no mês janeiro ocorre uma queda no registro de doenças respiratórias sendo que no ano de 2013 o número de atendimentos correspondeu a 2,8% dos atendimentos (1.608) e 5,4% das internações (261) do total de (56.566 atendimentos e 4.798 internações) e em 2014

²⁵ Ressaltando que foram utilizados apenas os dados que contavam com a informação do setor censitário de onde a criança residia naqueles anos (2013 e 2014), os demais dados foram separados e não contabilizados.

correspondeu a 5,1% dos atendimentos (3.697) e 4,9% das internações (230) do total de (72.977 atendimentos e 4.684 internações).

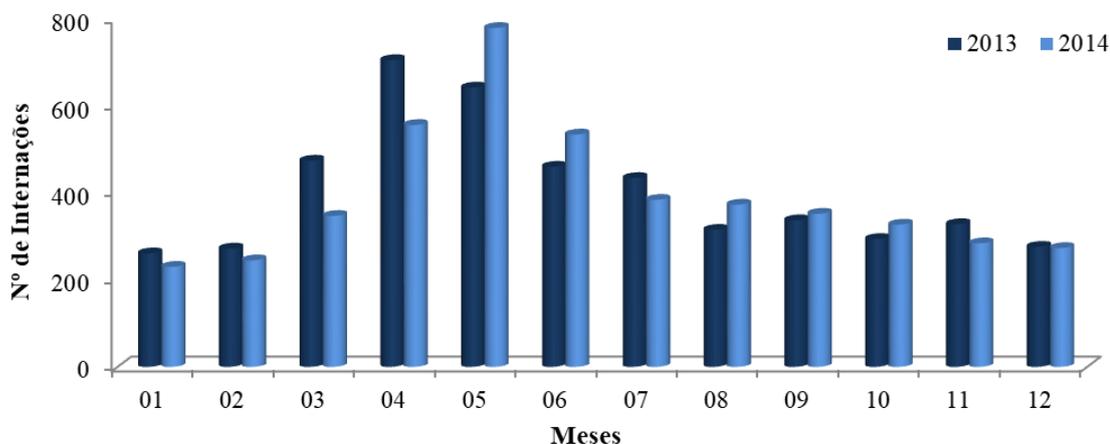


Figura 18: Número de internações por doenças respiratórias registradas no município de Belo Horizonte nos anos de 2013 e 2014.
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

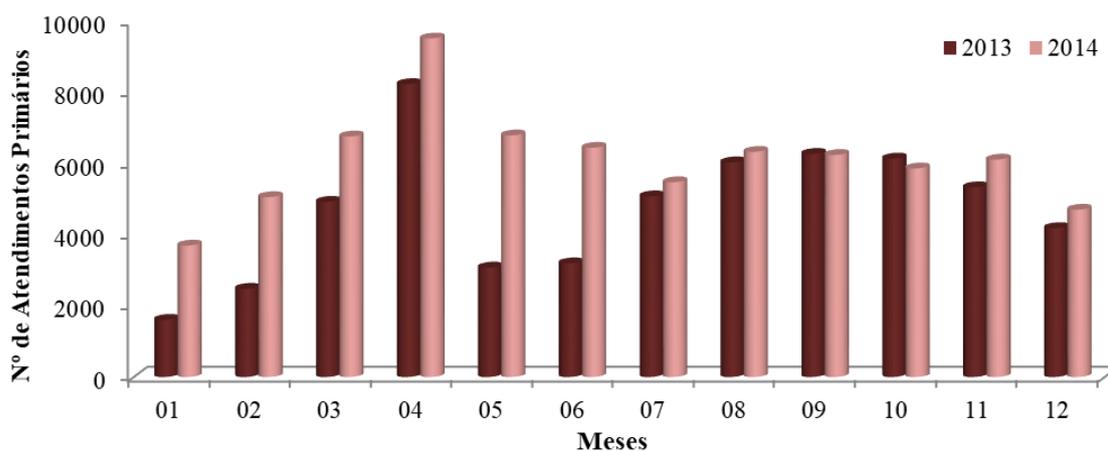


Figura 19: Número de atendimentos primários por doenças respiratórias registradas no município de Belo Horizonte nos anos de 2013 e 2014.
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Utilizando o mesmo conjunto de dados agrupando-se por mês os atendimentos e internações, pode-se realizar uma análise sazonal do comportamento das doenças respiratórias considerando as estações verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho e agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro), conforme pode ser observado a seguir nas Figura 20 e Figura 21.

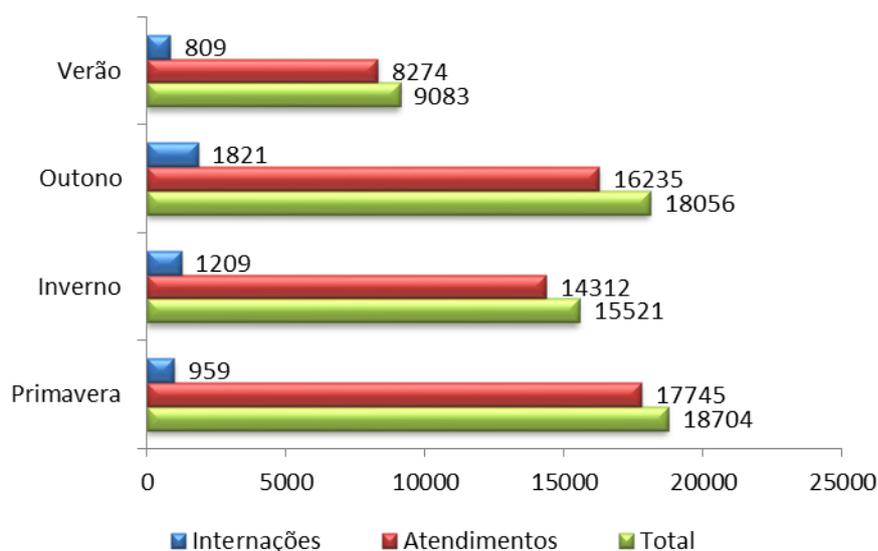


Figura 20: Estações do ano e ocorrência de doenças respiratórias (2013).

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

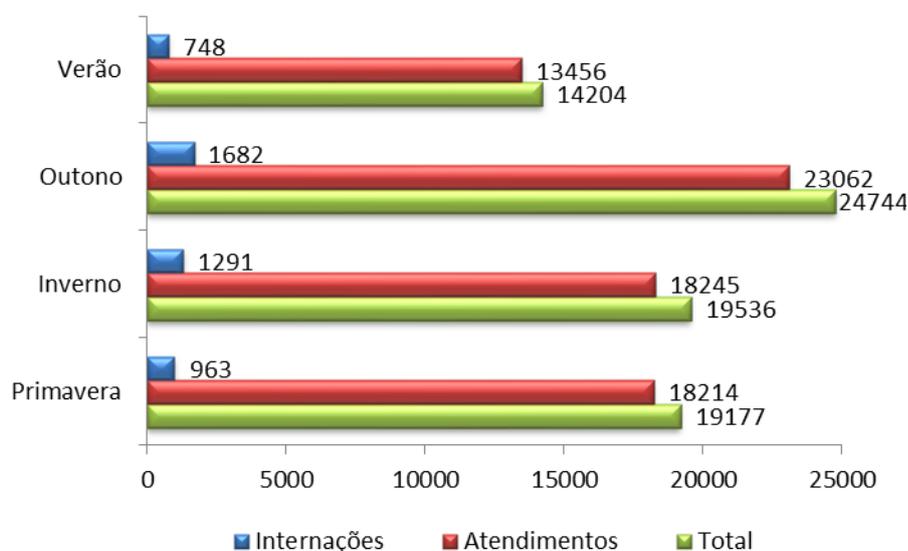


Figura 21: Estações do ano e ocorrência de doenças respiratórias (2014).

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Para os dois anos analisados o comportamento sazonal é semelhante, a estação do ano em que mais ocorrem doenças respiratórias inicia pelo outono, em seguida primavera, inverno e a de menor ocorrência o verão. Realizando uma análise conjunta dos gráficos das Figura 20 e Figura 21, o mês de março seria o início do outono, marcando uma fase de transição entre estações do ano e conseqüentemente uma mudança no comportamento dos elementos climáticos.

O mês de abril, foi identificado como pico de ocorrência, em que os sintomas são acentuados devido às condições de tempo percebida nesse mês (aumento da amplitude térmica, diminuição de umidade relativa e a participação dos particulados em suspensão) e possivelmente pela transmissão por contato envolvida principalmente com o ano letivo escolar dessas crianças. Outros dois fatores a serem levados em conta são: os vírus respiratórios circundantes nesse período do ano²⁶ e o início da campanha de vacinação contra a gripe no Brasil, que normalmente ocorre entre abril e maio para os grupos prioritários e em seguida para o restante da população.

Os meses de agosto e setembro, relacionados ao fim do inverno e início da primavera, marcam outra transição sazonal combinada com variações nos elementos climáticos, evidenciadas pela diminuição das chuvas e a chegada da polinização que é acentuada no mês de outubro, período este em que as doenças respiratórias, principalmente as alérgicas, são potencializadas. Análises essas que podem ser reforçadas por

dados do monitoramento ambiental de anos anteriores na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) revelam as dimensões do problema, especialmente nos meses de inverno e início da primavera, quando as concentrações diárias do material particulado em suspensão na atmosfera chegam a superar os parâmetros estabelecidos pela legislação. Nesta época do ano, a baixa umidade relativa do ar, a névoa seca, a inversão térmica e, muitas vezes, a baixa velocidade do vento ocorrem simultaneamente, piorando a qualidade do ar. (RADICCHI, 2012, p. 197)

Os meses de verão possuem temperaturas mais altas, um volume maior de chuvas, em consequência maior umidade do ar e menor presença de particulados em suspensão, o que amenizam as condições ambientais que propiciam a ocorrência de doenças vinculadas ao sistema respiratório.

Cabe considerar que as variáveis climáticas têm boa correlação com as quedas das ocorrências de doenças respiratórias nesse período, tornando-se balizadoras nas análises. Porém, principalmente no mês de janeiro, o país e a cidade encontra-se em período de férias

²⁶ No Brasil, o Ministério da Saúde (MS) iniciou, em 2000, a implantação de um Sistema de Vigilância Epidemiológica da Influenza em âmbito nacional, incluindo a vigilância de Síndrome Gripal (SG) em Unidades Sentinela. Essas unidades tem como principal objetivo identificar os vírus respiratórios circulantes para subsidiar, com os isolamentos virais, a composição da vacina contra gripe, além de permitir o monitoramento da demanda de atendimento por essa doença. A seguir encontram-se os boletins divulgados para 2013 (link:< <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/22/boletim-influenza-se52de2013-220514.pdf>>) e para 2014 (link:< <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/23/Boletim-Epidemiol--gico-Influenza-SE52-2014.pdf>>).

em vários setores; a população modifica seus hábitos (podendo ir menos ao serviço de saúde), o setor de saúde pode atender em escala reduzida e ou precária (em quantidade de funcionários e horários), fatores estes que podem também gerar uma redução nas notificações nesse mês.

4.1.1 *Análise Rítmica*

Segundo Monteiro (1971) apenas a análise rítmica revela a gênese dos fenômenos climáticos pela interação de seus elementos, possibilitando identificar características do tempo dentro de uma realidade, oferecendo parâmetros válidos para análises geográficas.

Conceito assim embasado buscou-se identificar a sucessão de estados atmosféricos, provenientes da escala sinótica/regional, associados a registros locais de temperatura, precipitações, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, particulados (MP10 e CO) ao número de ocorrência de doenças respiratórias na unidade cronológica diária (Figura 22, Figura 23, Figura 24 e Figura 25) com o objetivo de identificar possíveis correlações entre comportamentos climáticos e agravos ou não ao sistema respiratório.

A partir da análise rítmica do mês de abril para os anos de 2013 e 2014, foi possível verificar que a redução no volume diário de precipitação proporcionou um aumento gradativo na quantidade de material particulado MP10 e CO na atmosfera belo-horizontina. Nesse período, foram registradas elevadas amplitudes térmicas diárias em função da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A permanência desse sistema por vários dias na região faz com que ele adquira características de continentalização, elevando a temperatura e reduzindo ainda mais a umidade relativa do ar.

Segundo Assis et al. (2013), as condições atmosféricas observadas no município de Belo Horizonte são controladas pela atuação de sistemas sinóticos estáveis, tais como o ASAS e a Massa Polar Atlântica (mPa), e instáveis, como Frentes Frias (FF), Frentes Estacionárias (FE), Linhas de Instabilidade (LI), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Entretanto, os totais pluviométricos diários mais significativos ocorreram durante a atuação da ZCAS e das LI.

No mês de abril de 2013 foi possível identificar o maior número de registros de atendimentos e internações por doenças respiratórias (Figura 22). Esses coincidiram com os dias de atuação de frentes frias e de linhas de instabilidade sucedidos pela chegada da massa polar atlântica. A mPa provocou quedas abruptas na temperatura e ausência de precipitação.

Ao longo da 3^a semana do mês em questão, percebeu-se a tropicalização da mPa acompanhada de um aumento na amplitude térmica (alcançando o valor máximo de 12,8 °C), queda na umidade relativa do ar (chegando a 55,7%) e do acúmulo de material particulado (acumulando 175,33 [$<10\mu\text{m}/\text{m}^3$] para PM10 e 2,6 [ppm] para CO ao longo da semana) na atmosfera belo-horizontina.

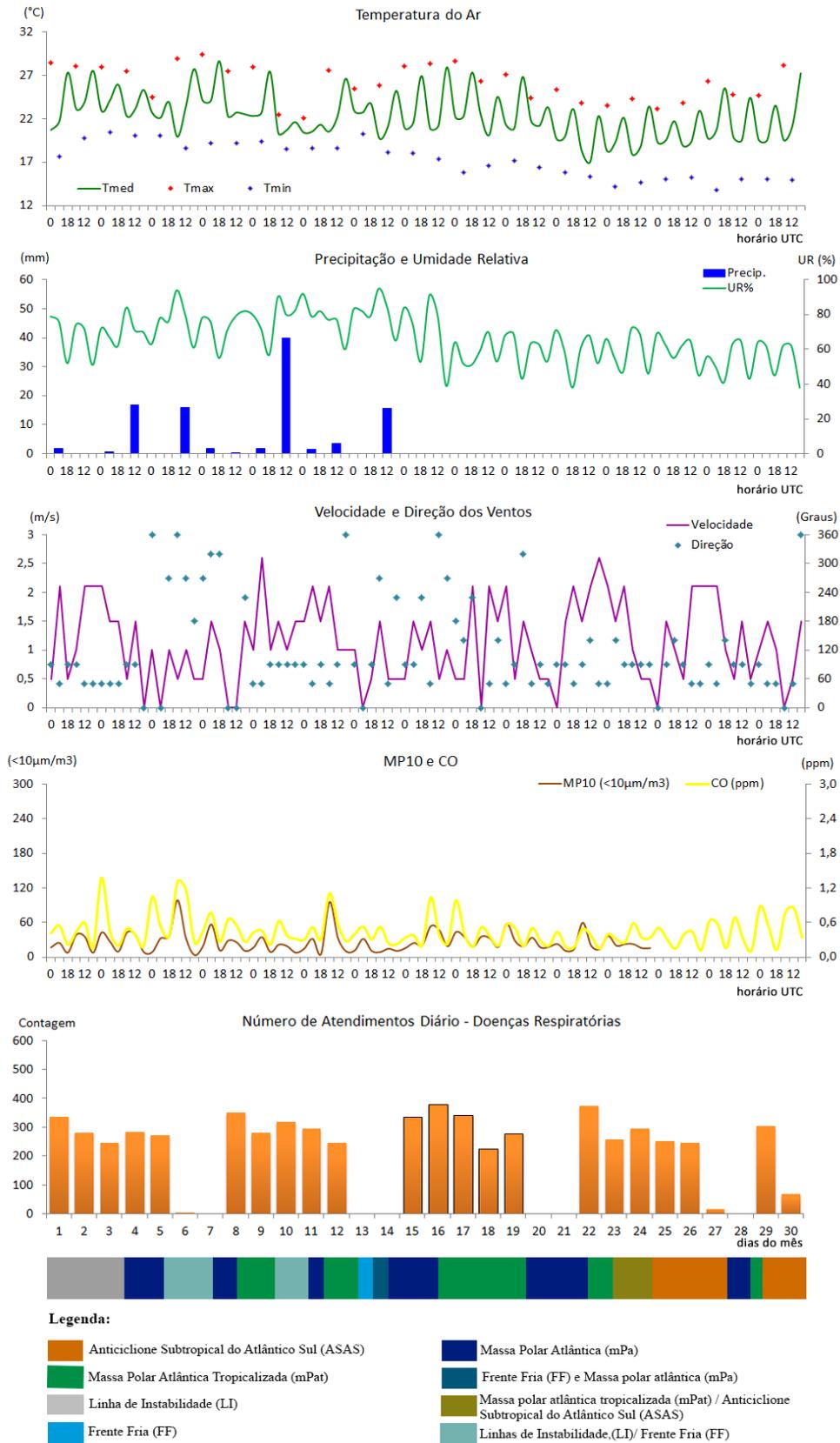


Figura 22: Análise rítmica do mês de abril de 2013.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Para o mês de abril de 2014 foi possível indentificar, principalmente na 2ª semana, o maior número de registros de atendimentos por doenças respiratórias (Figura 23). A atuação da mPat por vários dias no mês analisado, proporcionou elevada amplitude térmica (alcançando 13,2 °C) e queda significativa na umidade relativa do ar (chegando a 50%), com registros de alta concentração de material particulado (acumulando 255,09 [$<10\mu\text{m}/\text{m}^3$] para PM10 e 2,53 [ppm] para CO ao longo da semana). Na terceira semana, iniciou a atuação do ASAS com registros altos de material particulado (acumulando 148,0 [$<10\mu\text{m}/\text{m}^3$] para PM10 e 1,90 [ppm] para CO ao longo da semana). Após a atuação desse sistema, verificou a chegada de uma Frente Fria na Região Metropolitana de Belo Horizonte (FF: a temperatura e a umidade diminuem, a pressão sobe e o vento muda de direção) proporcionando precipitações de baixa intensidade ou ausência de chuvas, mantendo o pico de ocorrência de doenças respiratórias ainda nos primeiros dias da 4ª semana.

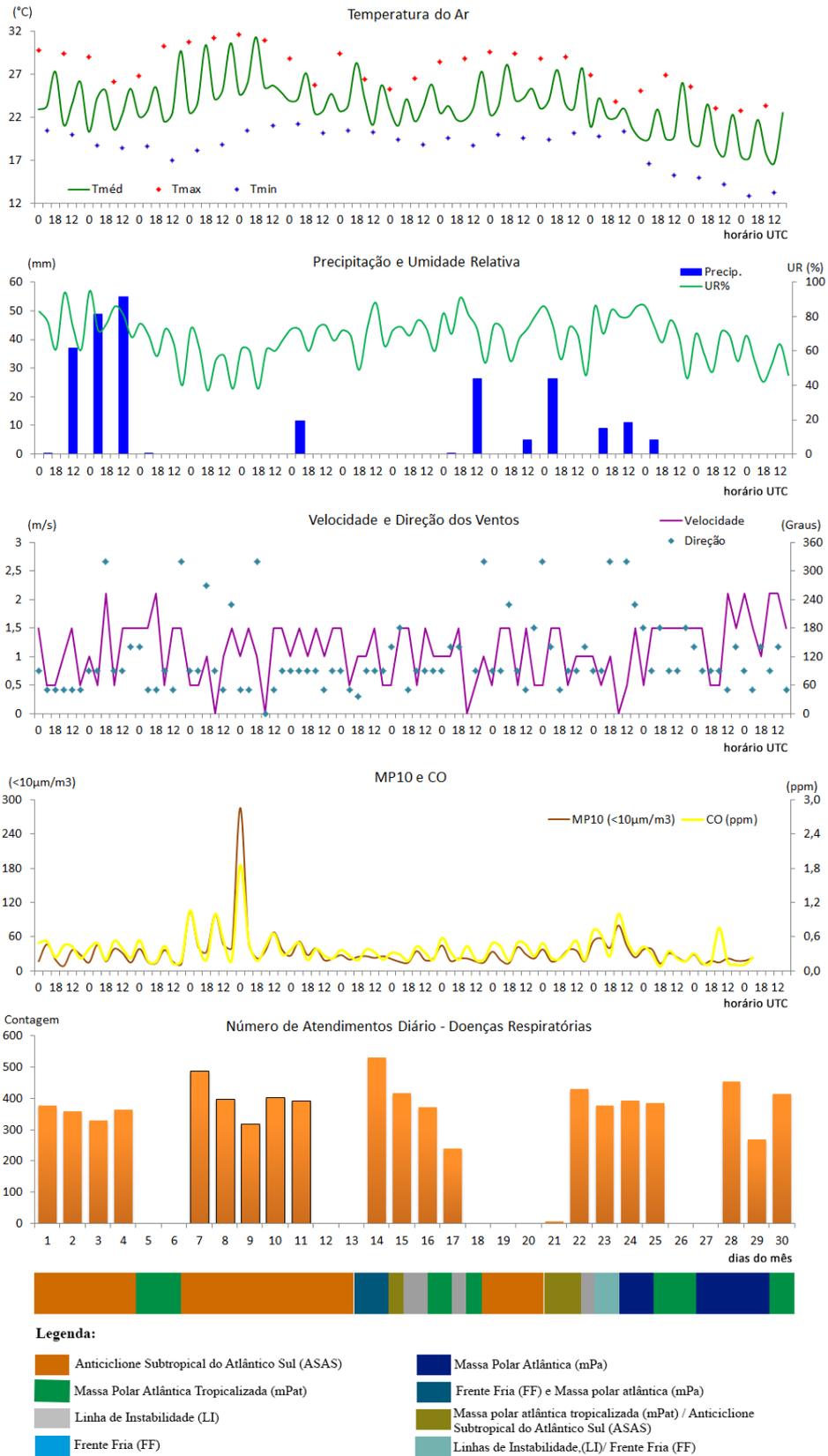


Figura 23: Análise rítmica do mês de abril de 2014.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O mês de janeiro de 2013 foi um mês típico de verão (Figura 24) caracterizado por um volume de chuvas acima da média (acumulado mensal de 434 mm), propiciando uma atmosfera úmida (média acima de 70%) ao longo de todo mês, caracterizado pela atuação das ZCAS organizada principalmente pelos sistemas frontais atuantes neste período do ano. Com a presença de chuvas a atmosfera foi “lavada” ao longo desses dias equilibrando os índices de particulados presentes na atmosfera, com quedas significativas nas horas logo após a ocorrência das precipitações. Vale destacar que as Instabilidades Convectivas Locais (ICL) também têm uma participação importante nas chuvas torrenciais nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

A atuação da mPa a partir da 4ª semana gerou quedas de temperatura propiciando um certo aumento na ocorrência de doenças respiratórias até o final do mês, que podem ter sido deflagradas pela atuação das LI e das mPat, porém de forma bem suavizada em comparação aos demais meses do ano com picos de ocorrência de doenças.

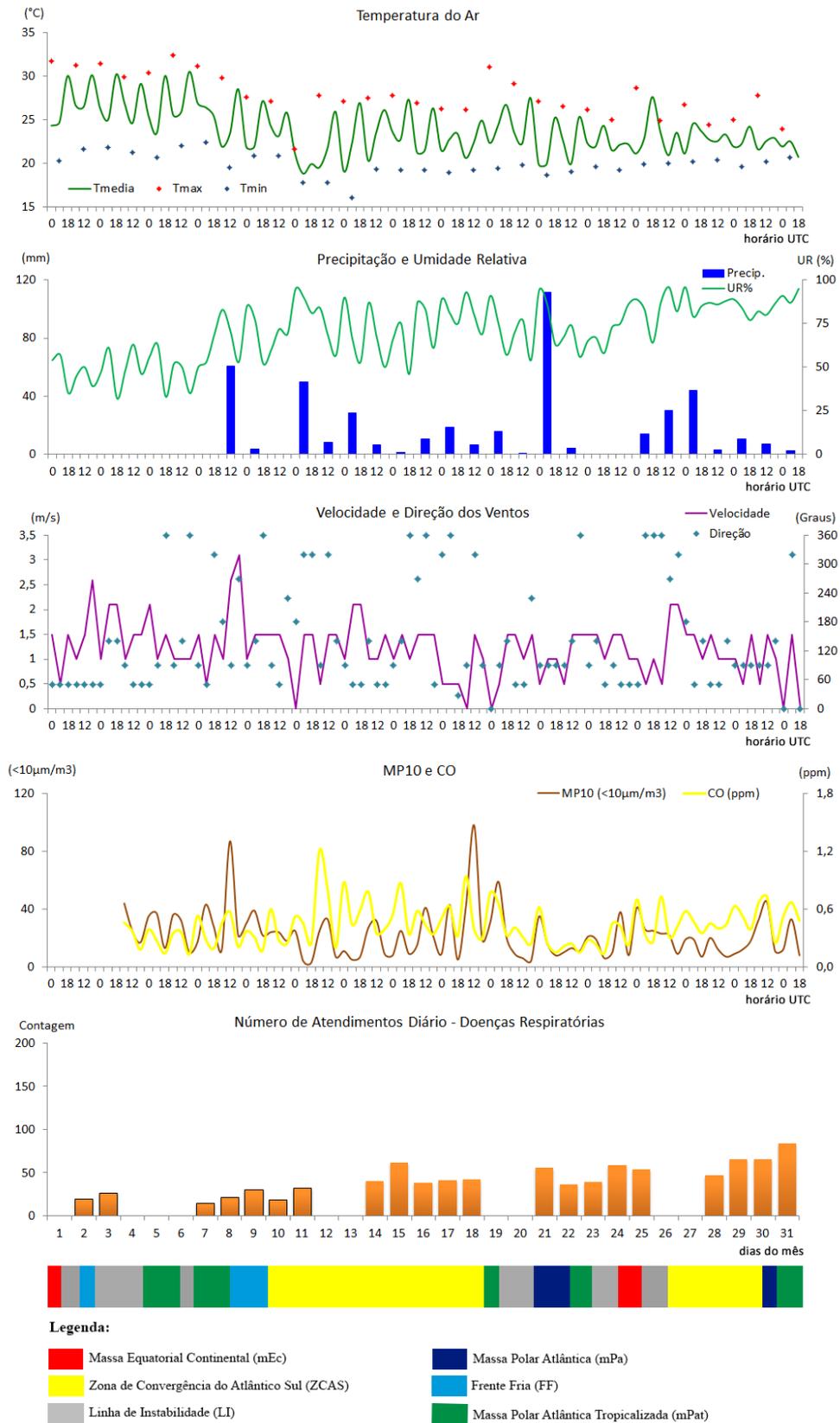


Figura 24: Análise rítmica do mês de janeiro de 2013.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Inserido em um ano atípico, o mês de janeiro de 2014 (Figura 25) não configurou a formação de ZCAS com a frequência esperada e de acordo com o registro dos anos anteriores. Observa-se que o número de ocorrência de doenças respiratórias foi mais que o dobro, comparado a janeiro do ano de 2013, provavelmente ocasionado por uma redução na umidade (média em torno dos 56%, com episódios de 43%) e na ocorrência de chuvas (acumulado mensal de 104 mm).

Tais características de tempo também estão associadas à atuação mTa, um sistema anticiclônico com umidade limitada à camada de contato com o mar (MONTEIRO e FURTADO 1995), que no verão se descaracteriza devido ao forte aquecimento do continente, dando origem a mTAc.

Por fim, outro fator que não contribuiu para a formação de nebulosidade e ocorrência de chuvas foi a pequena atuação das linhas de instabilidade ao longo do período analisado. Foi possível observar que na 2ª semana houve um aumento gradativo dos registros de doenças respiratórias possivelmente associada à atuação da mPat normalmente marcada pela elevada amplitude térmica (alcançando 12,2 °C) e queda significativa na umidade relativa do ar (chegando a 44%).

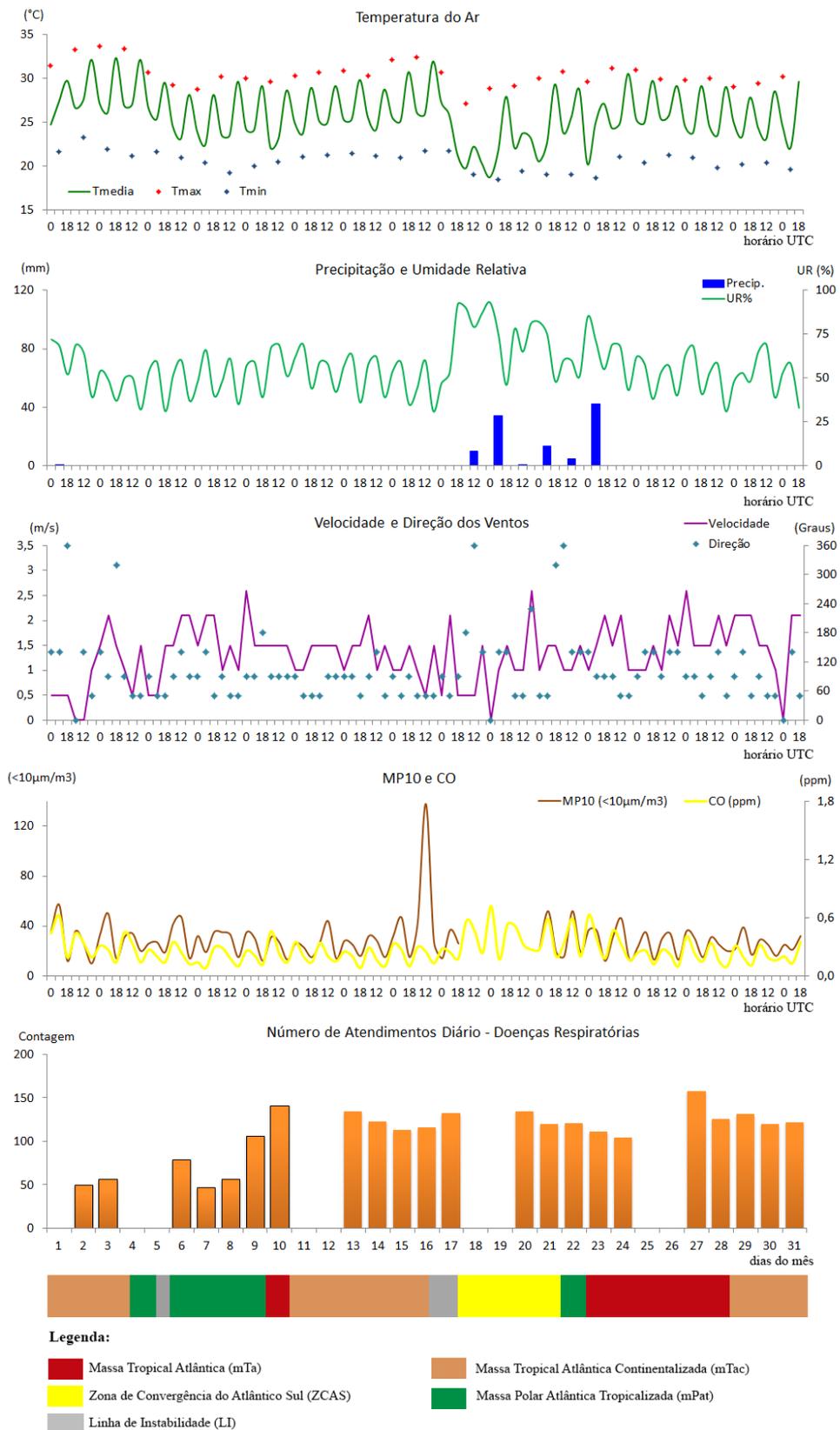


Figura 25: Análise rítmica do mês de janeiro de 2014.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Ao lidar com as variáveis climáticas, percebe-se que não há limites rígidos nas dimensões espaciais. Para tanto, são utilizados balizadores com o objetivo de auxiliar a espacialização do fenômeno estudado e suas possíveis correlações com a ocorrência de doenças respiratórias seja ela em escala temporal ou espacial.

Como ferramenta de apoio, os sistemas de informações geográficas (SIG's) possibilitam uma análise espacial importante em estudos como esse, envolvendo um conjunto de variáveis, para tanto os resultados dessa etapa são descritos a seguir com os resultados das modelagens espaciais.

4.2 ANÁLISE ESPACIAL

Com o objetivo de complementar as análises temporais de ocorrência e agravo de doenças respiratórias, optou-se por realizar também modelagens espaciais a fim de identificar em quais regiões da capital mineira as populações estão mais sujeitas ao aumento da ocorrência de doenças do aparelho respiratório e qual o impacto de cada uma dessas variáveis para essa pesquisa.

Na Análise Hierárquica de Pesos (AHP), em sua segunda rodada, obtiveram-se dez respostas dos trinta e oito profissionais da área da saúde convidados, as quais foram consideradas satisfatórias para o método adotado.

De posse das respostas e eleito o “cenário geral”, a análise hierárquica de pesos gerou a matriz da Tabela 18 a seguir:

Tabela 18: Matriz com resultados dos pesos resultantes da comparação par a par na AHP.

Cenário Geral							
	<i>Umidade relativa</i>	<i>Amplitude térmica</i>	<i>PM10</i>	<i>CO</i>	<i>Dens. Demo</i>	<i>IVS</i>	<i>Temp. Média</i>
<i>Umidade relativa</i>	1	2	1	1	1	0,5	2
<i>Amplitude térmica</i>	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,333	1
<i>PM10</i>	1	2	1	1	1	1	2
<i>CO</i>	1	2	1	1	1	1	2
<i>Dens. Demográfica</i>	1	2	1	1	1	0,5	2
<i>IVS</i>	2	3	1	1	2	1	3
<i>Temperatura Média</i>	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,333	1

CR: 0

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Esta etapa da modelagem resultou nos valores da Tabela 19, onde são apresentados os pesos subsequentes para cada uma das variáveis. Observa-se que a variável IVS apresentou maior peso perante opinião dos especialistas consultados, em seguida os particulados (PM10 e CO) e a umidade relativa. Para essa rodada (cenário geral) a variável amplitude térmica e temperatura média obtiveram valores semelhantes e menos significativos no modelo. Ressalta-se o valor da relação de consistência (*consistency ratio* – CR) foi próximo a zero (0,008) na matriz gerada, reforçando a confiabilidade da modelagem, que de acordo com Saaty (2016) o valor de CR deve ser inferior a 0,10 para que os julgamentos das matrizes de comparação sejam considerados coerentes.

Tabela 19: Resultado da Análise Hierárquica de Pesos (AHP) - Multicritério

Cenário Geral	
Variável	Peso AMC
<i>IVS</i>	22,655
<i>Densidade Demográfica</i>	14,72
<i>Amplitude Térmica</i>	7,628
<i>Temperatura Média</i>	7,628
<i>PM10</i>	16,325
<i>CO</i>	16,325
<i>Umidade Relativa</i>	14,72

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Os pesos da Tabela 19, ao serem especializados resultam em um mapa de potencial de ocorrência de doenças respiratórias no município de Belo Horizonte e estão apresentados a seguir na Figura 26. A partir desse resultado é possível identificar e verificar áreas de maior potencial (áreas em vermelho e laranja) e menor potencial (áreas em tons de verde) de ocorrência de doenças respiratórias. Mediante o resultado alcançado, já é possível utilizá-lo como ferramenta de gestão e tomada de decisão em prol da saúde pública, porém optou-se por avançar um pouco mais com os resultados da Simulação de Monte Carlo.

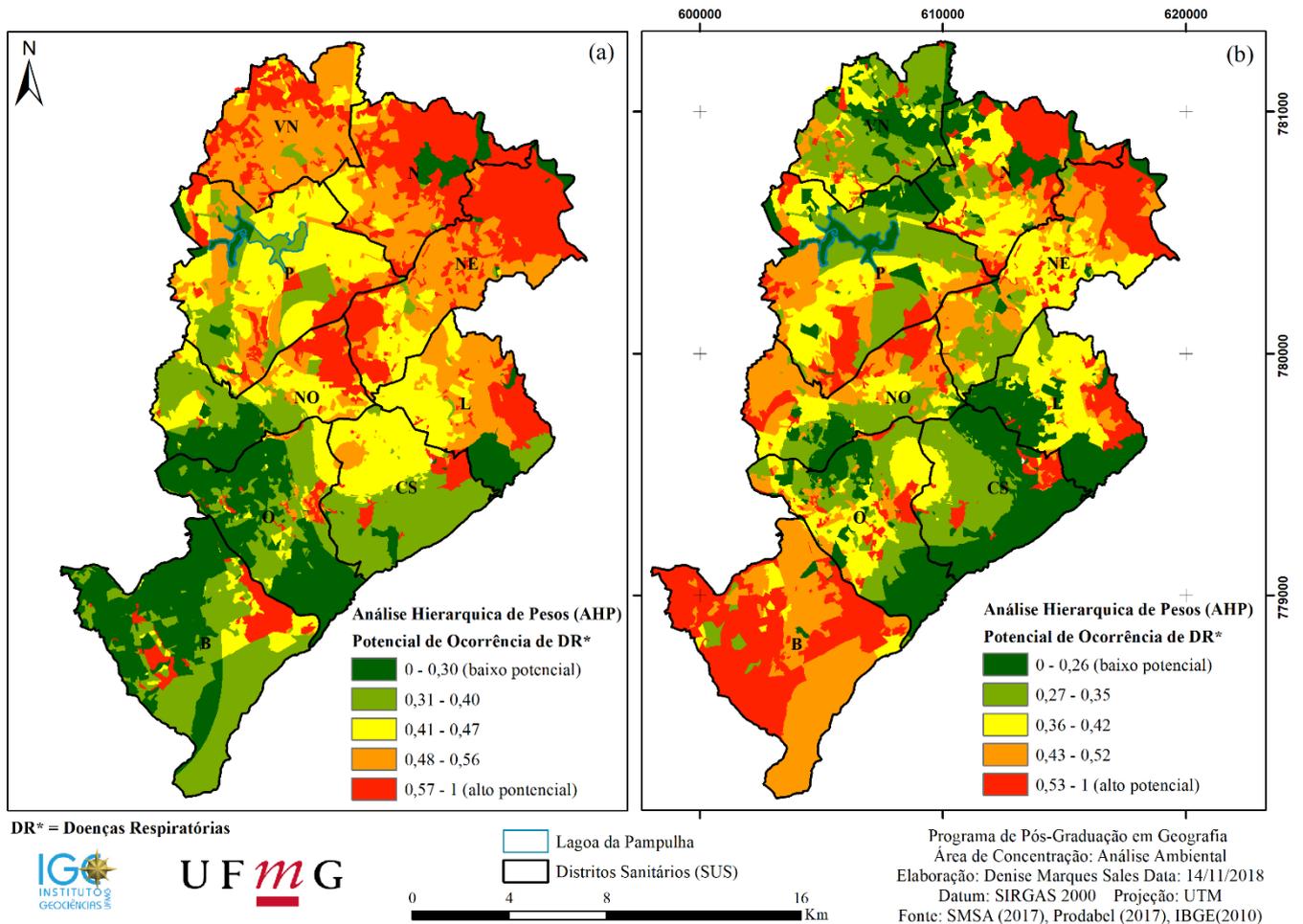


Figura 26: Resultado da Análise Hierárquica de Pesos (AHP) para o mês de janeiro (a) e abril (b) no município de Belo Horizonte (MG).

Para alimentar o modelo de SMC utilizaram-se pesos que foram atribuídos por meio da APH em que foi possível construir as 3 matrizes de comparação para representar 3 cenários distintos (cenário geral, especialista 1 e especialista 2).

Os resultados gerados pela Simulação de Monte Carlo (SMC) foram combinados em forma de mapa com os resultados das interpolações realizadas com os dados climáticos, com o objetivo de expressar suas concentrações e distribuições e identificar as áreas de menor potencial para o maior potencial da ocorrência de doenças ao longo do limite territorial de Belo Horizonte (Figura 27 e Figura 28).

Janeiro de 2013

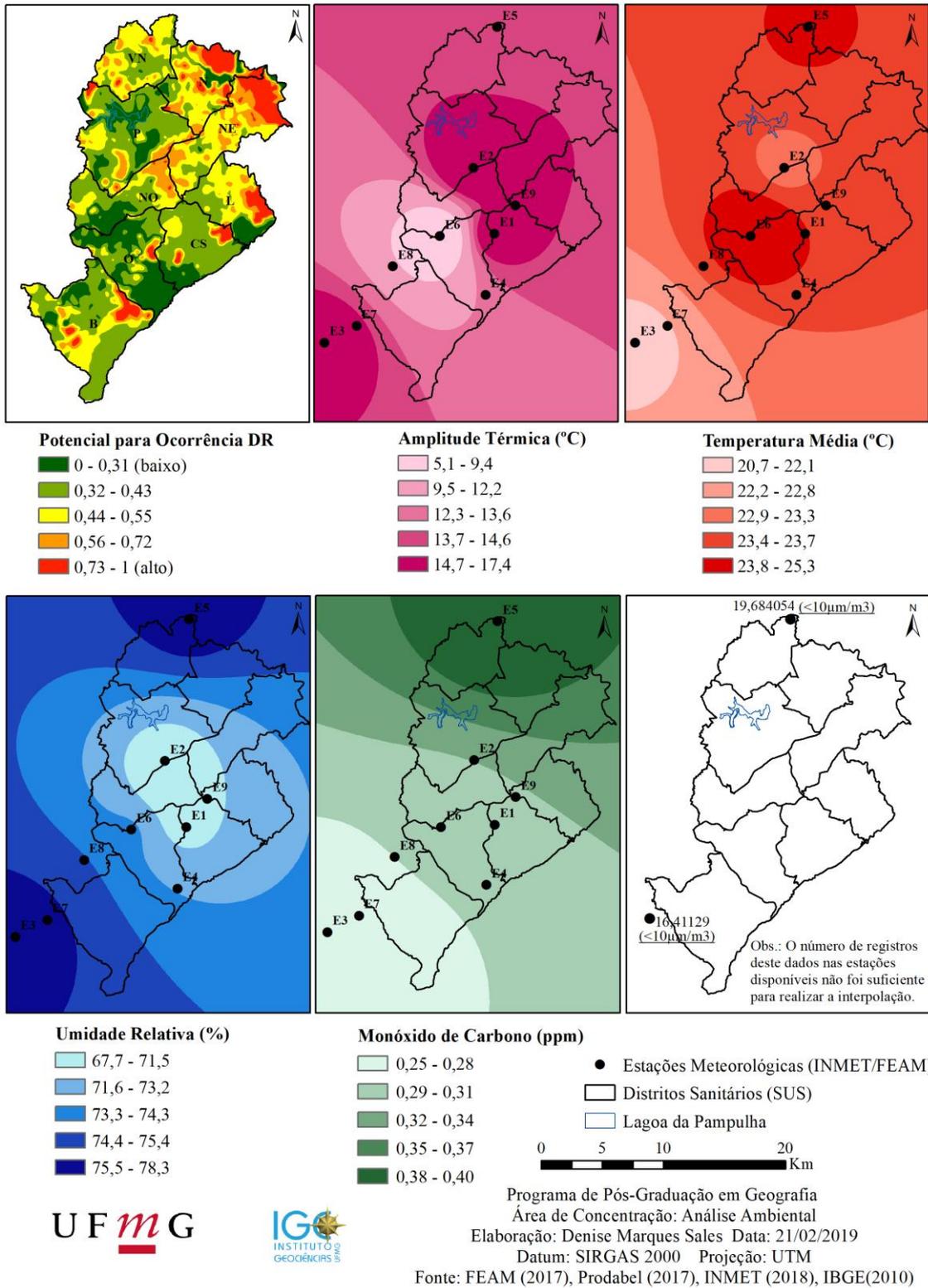


Figura 27: Mapa das interpolações dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em janeiro 2013.

Considerando o resultado do potencial da ocorrência de doenças respiratórias apresentado na Figura 27, ao começar pelo mês de janeiro de 2013, é possível correlacionar as áreas de elevado potencial de ocorrência de doenças respiratórias (cores quentes/tons de vermelho e laranja) com regiões em que ocorre um aumento da amplitude térmica combinada com maiores concentrações de monóxido de carbono. Elas se concentram nos distritos sanitários Venda Nova, Norte, Nordeste e Leste. Já as áreas com baixo potencial de ocorrência de doenças (cores frias/tons de verde) podem ser correlacionadas com o aumento da umidade relativa combinada e menor amplitude térmica.

Em janeiro de 2014 (Figura 28) esses mesmos distritos sanitários Venda Nova, Norte, Nordeste e Leste, foram compreendidos por um conjunto de menor umidade, maiores concentrações de monóxido de carbono e temperaturas um pouco mais elevadas que em outras regiões a cidade. Já as áreas de menor potencial estão correlacionadas com menor concentração de monóxido e maior umidade. Ressalta-se que no mês de janeiro ocorrem os menores índices de registros de atendimentos e internações pelos agravos pesquisados.

Janeiro de 2014

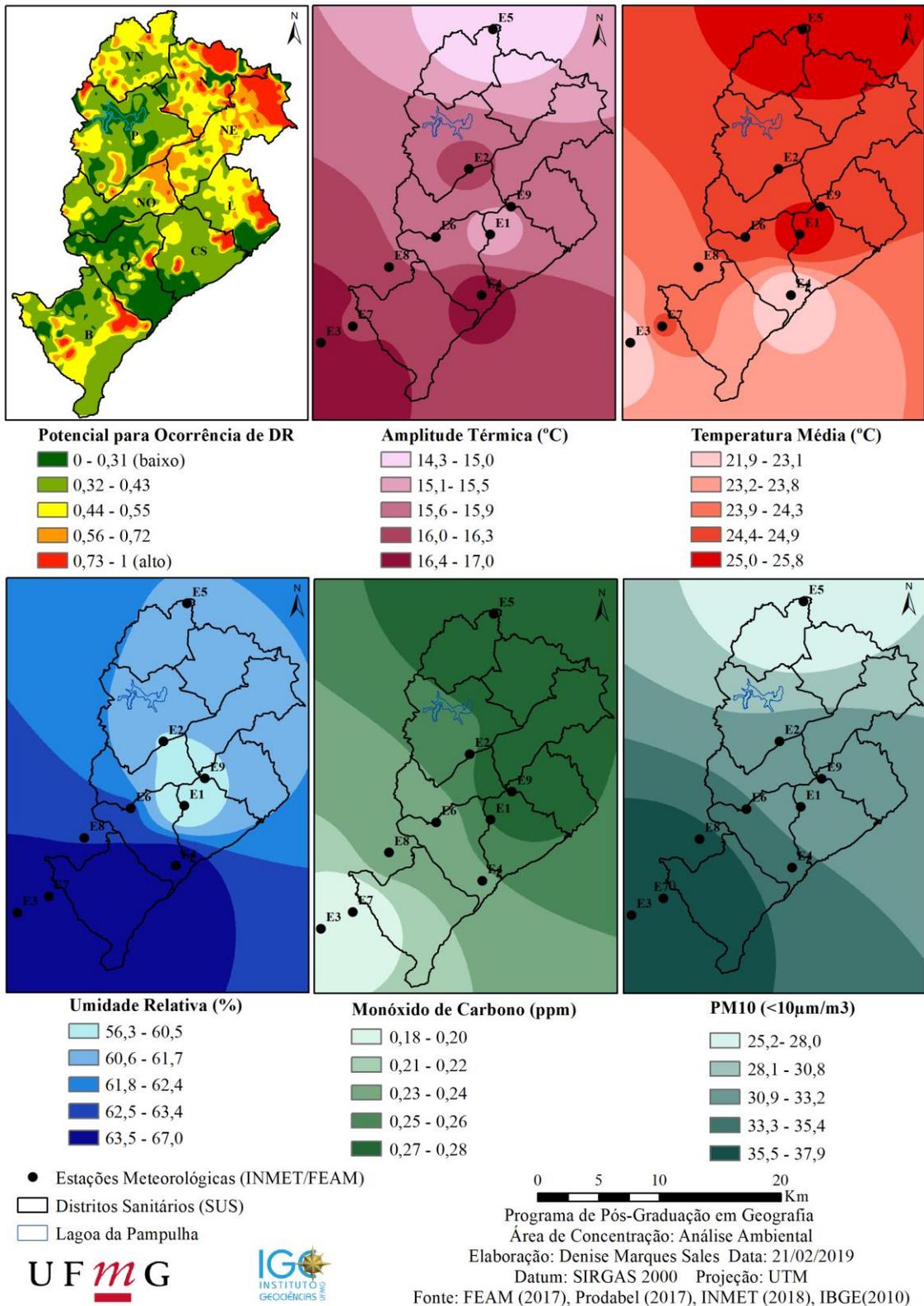


Figura 28: Mapa das interpolações dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em janeiro 2014.

Para o mês de abril (Figura 29 e Figura 30), pico dos registros de internações e atendimentos por doenças respiratórias, é perceptível o avanço da mancha de cores quentes ao longo do município, mantendo uma concentração nos distritos sanitários Venda Nova, Norte, Nordeste e principalmente na região do Barreiro. Em contrapartida houve um recuo no distrito Leste, por motivos que não foi possível identificar ao certo.

Outro distrito que causou surpresa foi o Centro-sul, principalmente na área que corresponde ao entorno da Avenida Contorno. Ele encontra-se espacialmente em uma região da cidade em que há uma concentração de fluxo de automóveis, um adensamento da ocupação populacional e grande número de edifícios. Tais fatores corroborariam para uma menor circulação do ar e uma maior concentração de poluentes agravando as condições de saúde respiratória. Em contrapartida, esse distrito (Centro-sul) apresentou índices médios de potencial de ocorrência de doenças em janeiro e em abril esse potencial caiu aproximando-se do baixo. Resultados esses que podem ser explicados pela variável IVS, sendo esse um marcador de lugar, classificado predominantemente como baixo índice de vulnerabilidade à saúde nessa regional. Ao mesmo tempo, nos resultados apresentados nas Figura 33 e Figura 34 representam área de alta incerteza, em janeiro na classe 1 (baixo potencial/alta incerteza) e em abril na classe 3 (alto potencial/ alta incerteza).

Ao realizar associações espaciais quanto à ocorrência e distribuição do fenômeno, em 2013 (Figura 29), as áreas de elevado potencial de ocorrência de doenças respiratórias (cores quentes/tons de vermelho e laranja) coincidem espacialmente com regiões em que ocorre maior amplitude térmica e concentração de monóxido de carbono.

Quanto à região do Barreiro, pode-se associar os resultados à alta amplitude térmica e à baixa umidade, além da sua proximidade com região industrial de Contagem, em que estão presentes muitas fontes fixas de emissão de poluentes, área propícia ao acúmulo de particulados. Principalmente devido à recepção dos ventos advindos do município e regiões vizinhas, seguindo preferencialmente da direção nordeste para sudoeste.

Ainda em busca de analisar a região do Barreiro e avaliando a concentração de poluentes nessa região o campo da medicina preventiva

afirma que o material particulado é um dos principais poluentes responsáveis pelos efeitos nocivos à saúde e consiste numa complexa mistura que é capaz de danificar a mucosa brônquica, aumentando a permeabilidade epitelial e reduzindo a atividade ciliar protetora. Estes efeitos permitem maior contato de alérgenos com o sistema imunológico através da mucosa respiratória,

provocando doenças como a asma, a bronquite e a rinite alérgica.
(RADICCHI, 2012, p.196)

Nas áreas com menor potencial de ocorrência de doenças respiratórias (tons de verde), observa-se que a variável umidade relativa se torna um indicador preponderante associada à queda da amplitude térmica.

Abril de 2013

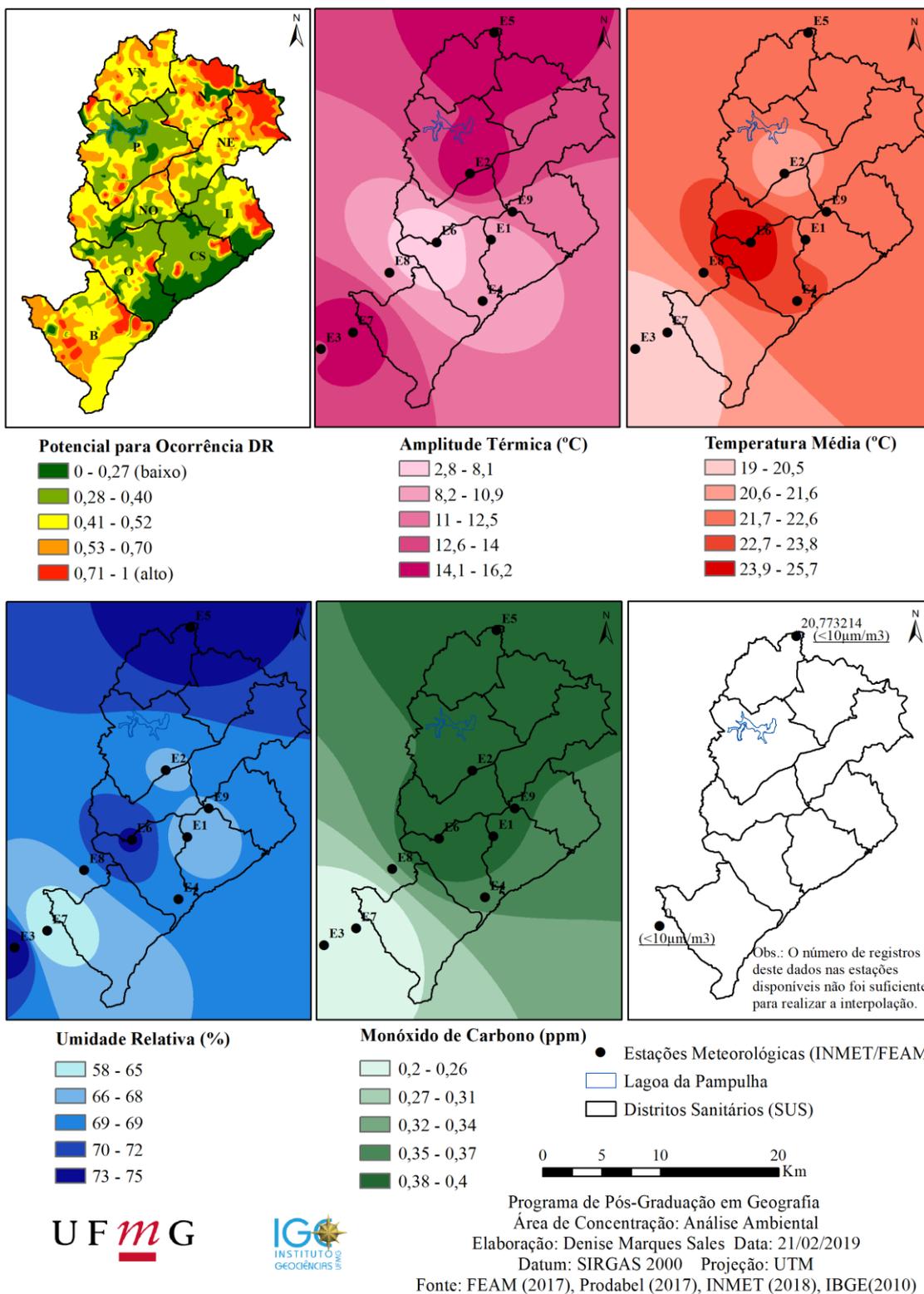


Figura 29: Mapa da interpolação dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em abril 2013.

Em 2014 (Figura 30), mantém-se o padrão espacial de manchas com maior potencial de ocorrência nos distritos sanitários Venda Nova, Norte, Nordeste associada ao aumento das concentrações de monóxido, redução da umidade em combinação com o aumento da amplitude térmica. No distrito sanitário Barreiro mesmo apresentando menor amplitude térmica e maior umidade relativa, as concentrações de PM10 e CO mostraram-se preponderantes.

Buscando reforçar as análises espaciais da região do Barreiro, e realizando link com o conceito de bacia aérea como unidade de controle ambiental Radicchi (2012) afirma que

assim como a água que se distribui no território em forma de bacia hidrográfica, também o ar apresenta uma dispersão por uma área geográfica conhecida como bacia aérea. Na região metropolitana de Belo Horizonte, esta bacia é confrontada pelo cinturão das serras do Curral Del Rei e da Moeda, ao sul, e o complexo do Espinhaço ao Norte [SIC]. Nesse corredor, onde o vento circula predominantemente no sentido leste-oeste os poluentes atmosféricos se concentram na região do Barreiro e na área industrial de Contagem e Betim. (RADICCHI, 2012, p.196)

Abril de 2014

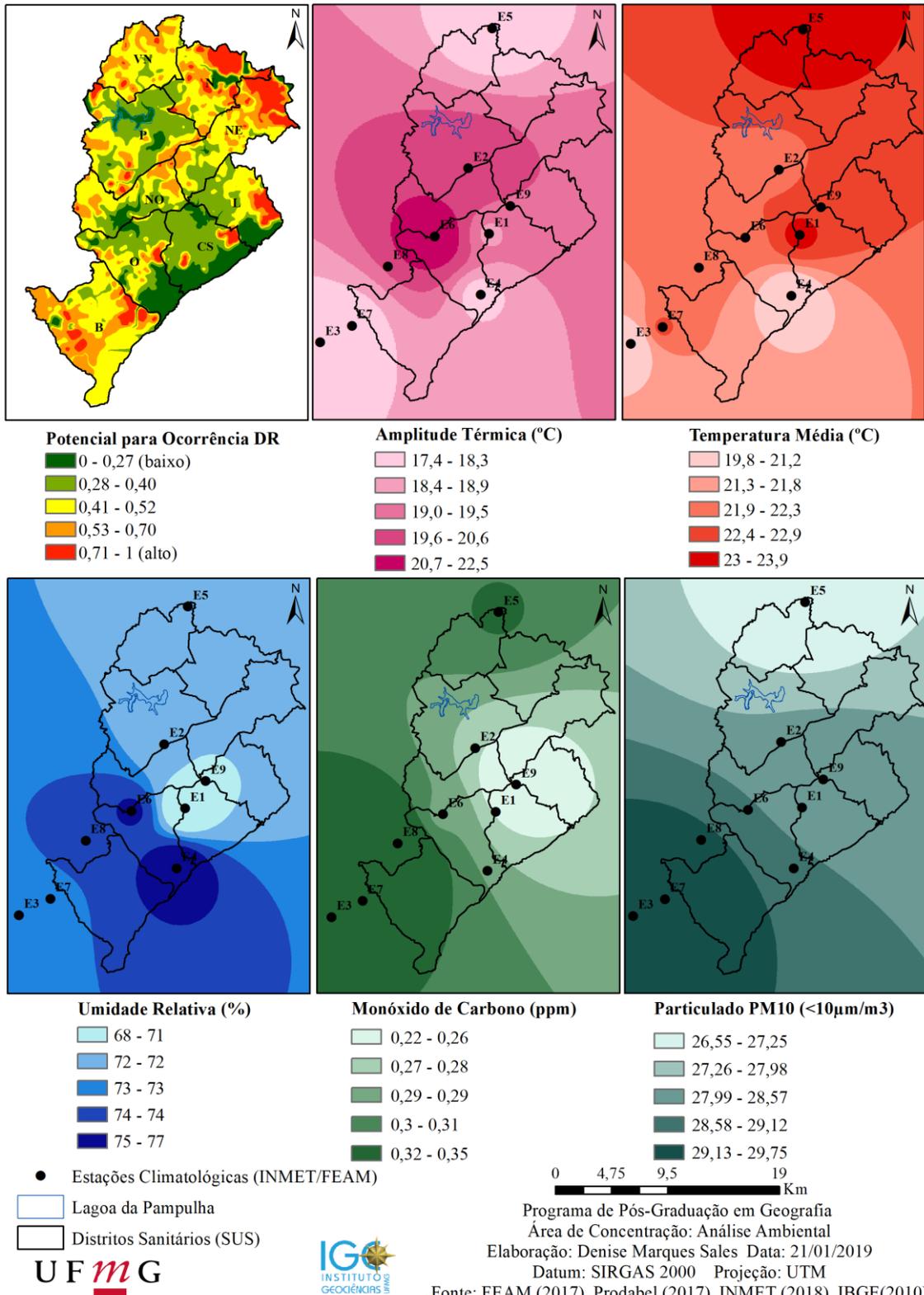


Figura 30: Mapa da interpolação dos elementos climáticos e análise de potencial de ocorrência de doenças respiratórias em abril 2014.

Cabe ressaltar que a variável temperatura média não apresentou correspondência espacial expressiva com o resultado do potencial de ocorrência de doenças respiratórias. Chama-se a atenção para os resultados da análise hierárquica de pesos, respondida pelos profissionais da área da saúde, que entenderam essa variável como pouco relevante em relação às demais, o que pode ser comprovado pelos seus baixos pesos (7,63; 7,84 e 6,09 respectivamente).

Como resultado da Simulação de Monte Carlo, gerou-se o mapa de incerteza (desvio padrão - STD), o qual foi o resultado do desvio padrão de 10.000 interações de multicritério. Gerou-se também a decomposição da variância dessas 10.000 interações, o que resultou no índice de sensibilidade total e local (S e ST), (LIGMANN-ZIELINSKA E JANKOWSKI, 2014).

Os mapas de potencial (Rank AVG) e o mapa de incerteza (Rank STD) permitiram a identificação de regiões críticas de ocorrência de doenças respiratórias, onde a população estudada é mais vulnerável e regiões em que o risco de agravos são menores. Os índices S e ST permitiram identificar as variáveis que mais contribuíram para as incertezas espaciais apresentadas no mapa de incerteza.

A Figura 31 apresenta os mapas para o mês de janeiro e Figura 32 para o mês de abril, mostrando os resultados dessas duas etapas em aparência normalizada.

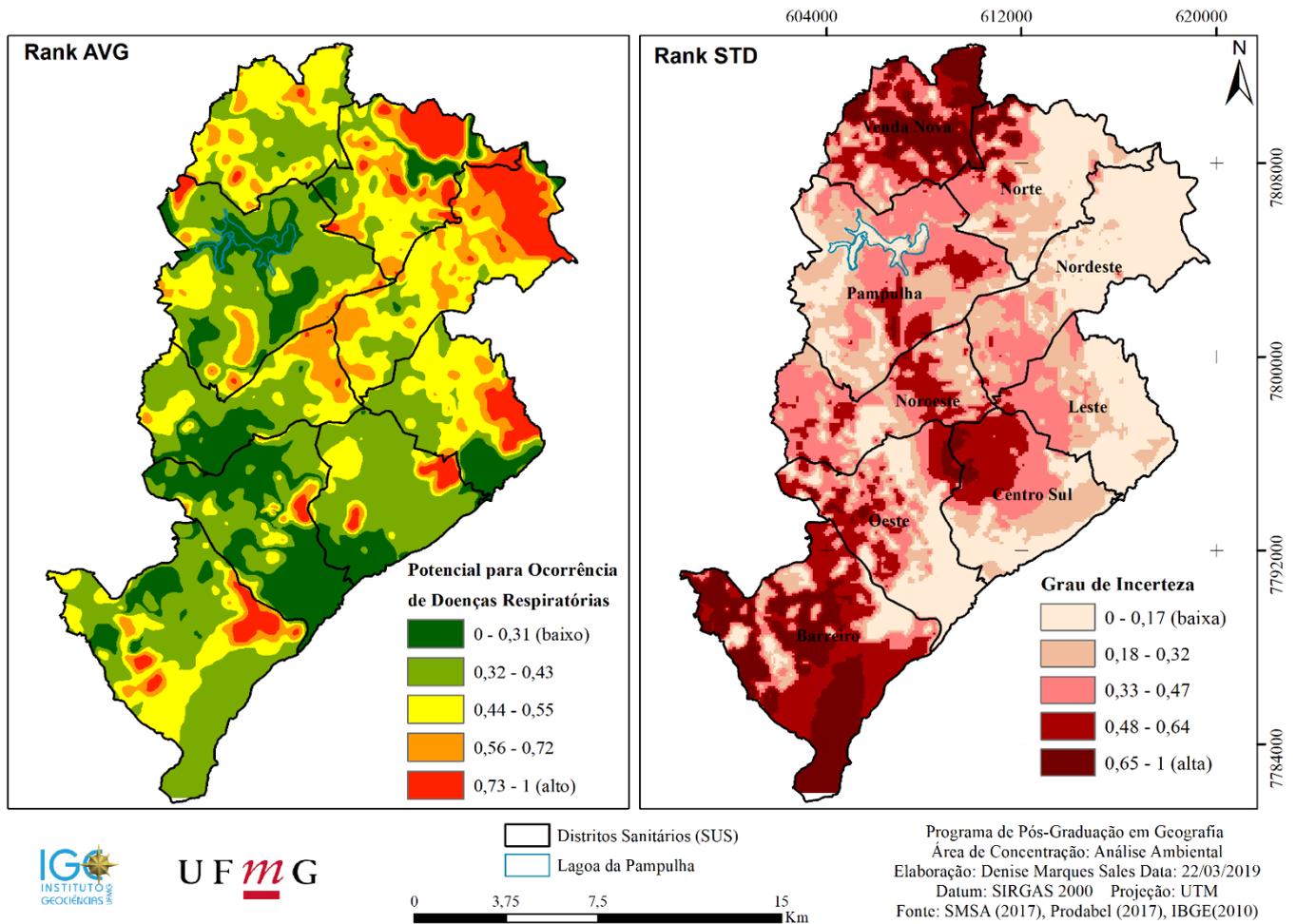


Figura 31: Distribuição espacial dos resultados gerados pela ferramenta Monte Carlo, potencial e incerteza de ocorrência de doenças respiratórias, mês de janeiro.

A análise combinatória entre mapa de potencial e o mapa de incerteza permitiram identificar que em regiões de alto potencial e baixa incerteza significam locais de adequação robustos, consistem em áreas realmente vulneráveis e que precisam minimizar os impactos à saúde. As regiões de alto potencial e alta incerteza caracterizam áreas que têm potencial para serem vulneráveis, mas precisam ser mais investigadas devido a um nível significativo de incerteza, assim como baixo potencial e baixa incerteza são regiões mais saudáveis do ponto de vista da diminuição ou não ocorrência de doenças do sistema respiratório. E por fim, as regiões de baixo potencial e alta incerteza, área de dúvida quando à não ocorrência de doenças respiratórias devido à incerteza a elas atribuída.

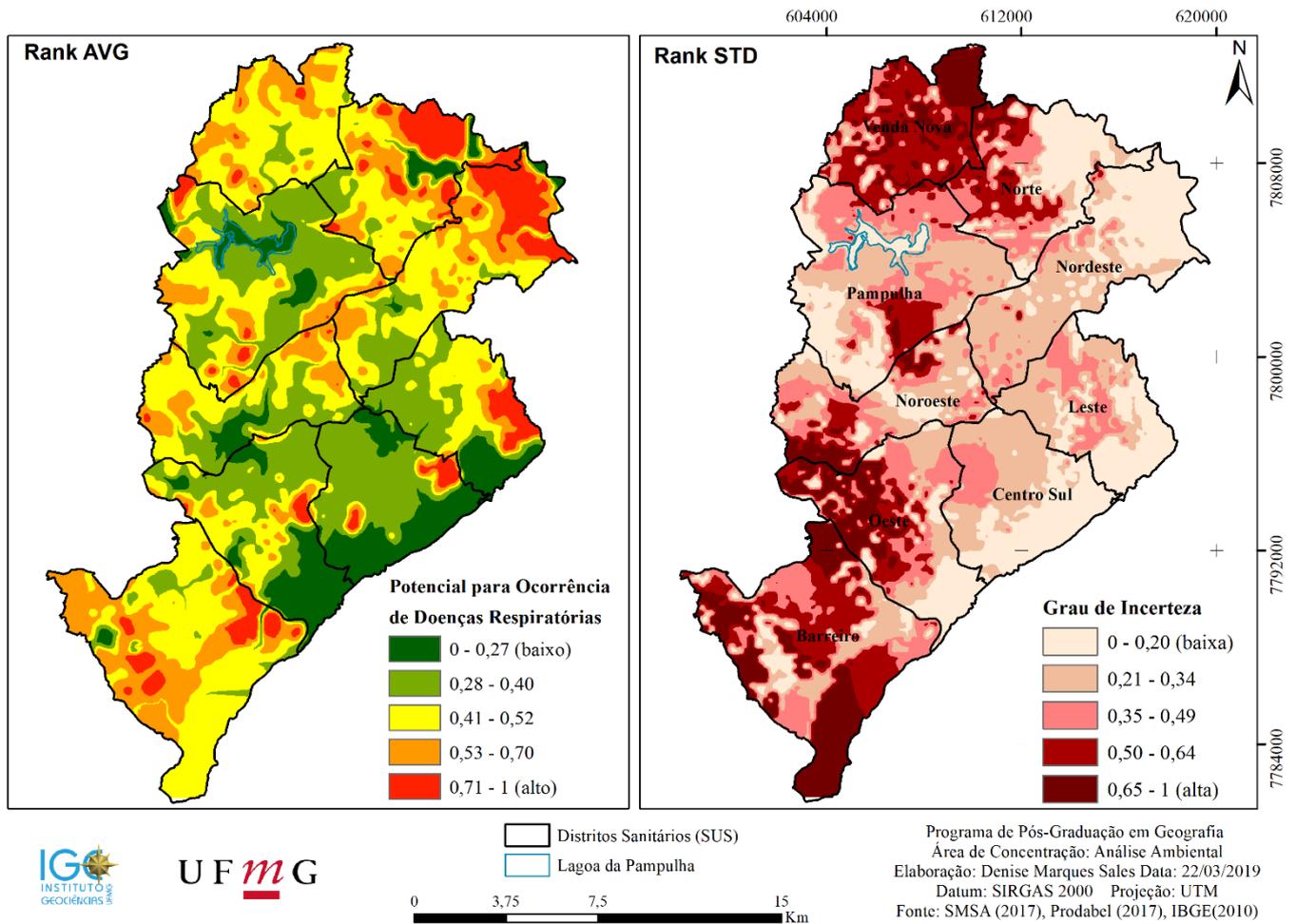


Figura 32: Distribuição espacial dos resultados gerados pela ferramenta Monte Carlo, potencial e incerteza de ocorrência de doenças respiratórias, mês de abril.

Como resultado da análise combinatória do Rank STD (0 e 1) e da Rank AVG (0 e 2) apontado na metodologia desta pesquisa, obteve-se como produto da álgebra de mapas as seguintes classes:

0 = Baixo Potencial/Menor Incerteza: áreas onde não ocorrem de fato doenças respiratórias, ou têm baixa incidência.

1 = Baixo Potencial/Maior Incerteza: áreas onde as doenças não têm potencial para ocorrência, porém há uma incerteza em relação ao seu agravo.

2 = Alto Potencial/ Menor Incerteza: áreas onde ocorrem de fato as doenças respiratórias e necessitam que uma maior atenção de políticas públicas voltadas para a saúde.

3 = Alto Potencial/Maior Incerteza: áreas que exigem estudos mais detalhados e que extrapolam esse trabalho e variáveis nela utilizada.

Como resultado do cotejo e a fim de facilitar a visualização e interpretação dos resultados têm-se as Figura 33 e Figura 34 a seguir:

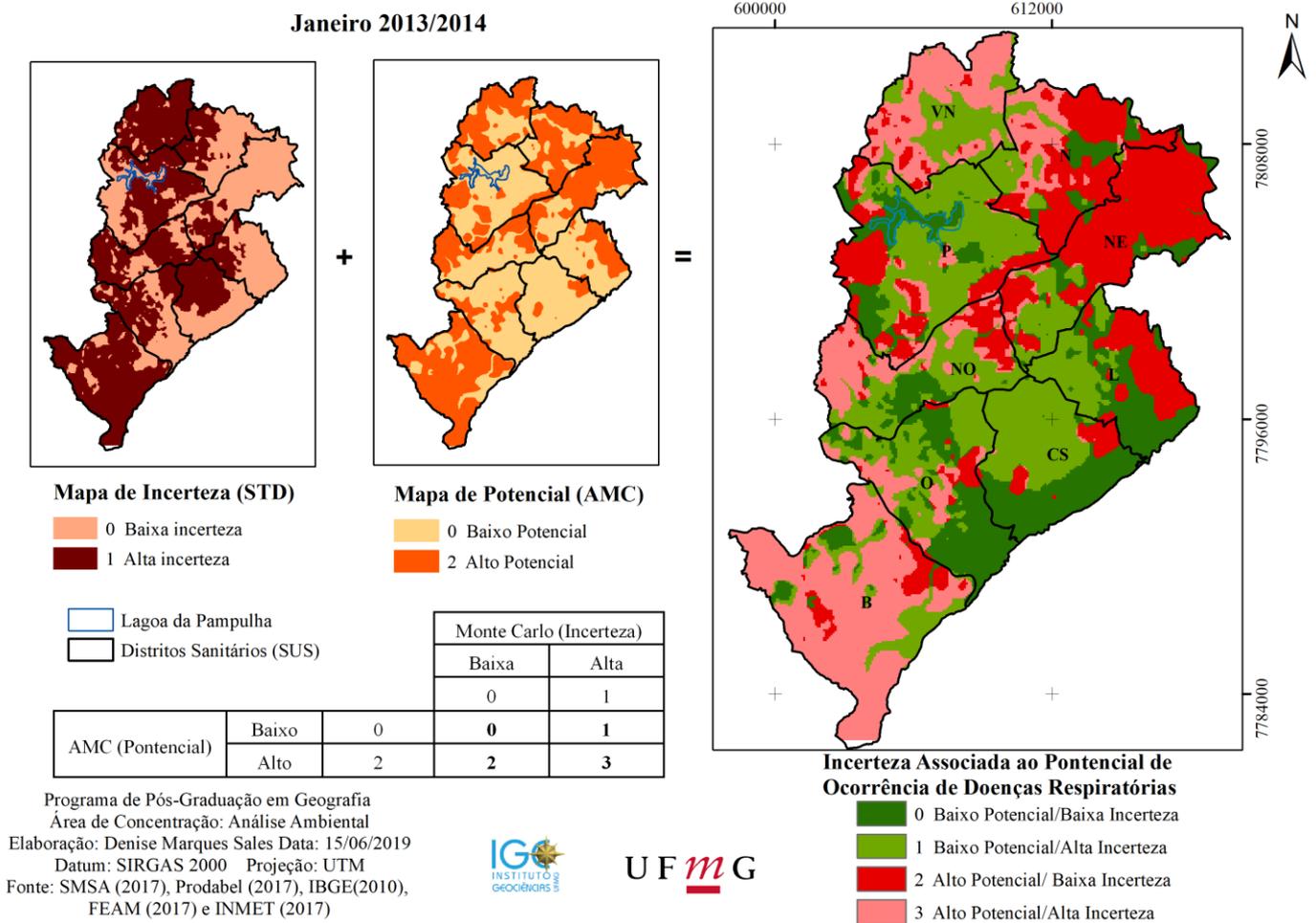
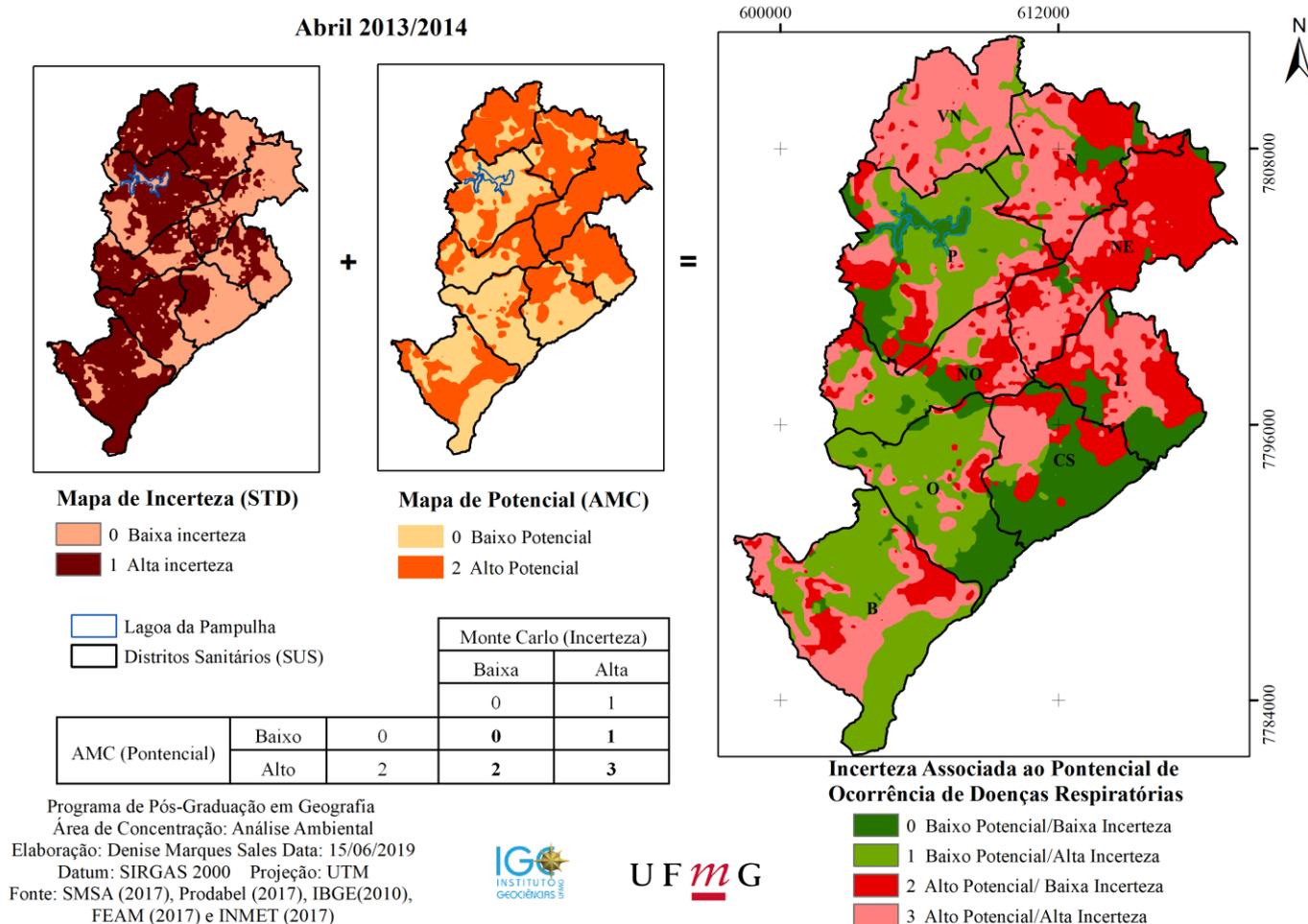


Figura 33: Análise de incerteza associado ao potencial de ocorrência de doenças respiratórias mês de janeiro.



Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Área de Concentração: Análise Ambiental
 Elaboração: Denise Marques Sales Data: 15/06/2019
 Datum: SIRGAS 2000 Projeção: UTM
 Fonte: SMSA (2017), Prodabel (2017), IBGE(2010),
 FEAM (2017) e INMET (2017)



Figura 34: Análise de incerteza associado ao potencial de ocorrência de doenças respiratórias mês de abril.

Essas representações trazem uma espacialização detalhada e interessante a respeito do comportamento espacial e temporal dos agravos das doenças respiratórias em crianças no município para o intervalo de tempo estudado. Ambos os mapas podem se tornar ferramentas estratégicas para auxiliar os gestores do território urbano, elaboradores e executores de políticas públicas em saúde na tomada de decisão, seja no plano de ação conjunta, na prevenção, tratamento e/ou conscientização de grupos populacionais.

A decomposição de variância das 10.000 matrizes de potencial de ocorrência de doenças respiratórias é apresentada a seguir, permitindo identificar que a variável traz maior ou menor incerteza ao modelo, apresentados nas Tabela 20 e Tabela 21.

Os valores de S (medida de sensibilidade de primeira ordem) são interpretados da seguinte forma: correspondem à incerteza, sabendo-se que quanto maior o valor, maior a

incerteza; e quanto mais próximo de zero ou negativo, menor a incerteza que a variável analisada traz ao modelo.

Já os valores de ST (medida do efeito total de sensibilidade) são interpretados da seguinte forma: correspondem à interação da variável com as demais, sendo que quanto mais próximo do zero, menor a interação com as demais variáveis, e quanto mais próximo de um, maior a interação.

Tabela 20: Resultado da *Variance Decomposition* com 10.000 interações: quantitativo da influência das variáveis na incerteza da aptidão à ocorrência de doenças respiratórias, mês de janeiro.

Variável	S	ST	%S	%ST
<i>Densidade demográfica</i>	-0.002	0.0	-0.2	0.0
<i>Amplitude térmica</i>	0.225	0.222	22.5	21.6
<i>CO</i>	0.02	0.031	2.0	3.0
<i>PM10</i>	0.0	0.016	0.0	1.6
<i>Umidade Relativa</i>	0.719*	0.553*	71.9	53.9
<i>IVS</i>	0.161	0.204	16.1	19.9
			NONL	-12.3

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

*apesar desses valores indicarem que a variável umidade relativa apresenta maior incongruência, especificamente no mês de janeiro, por trazer maior incerteza ao modelo e baixa interação com as demais variáveis, optou-se por mantê-la pois a mesma foi considerada muito relevante na etapa dos pesos AHP e muito ajustada nas análises sinóticas e nos mapas de interpolação.

A partir desses resultados para o mês de janeiro, é possível identificar que as variáveis que estão respondendo pela menor incerteza são: densidade demográfica, CO e PM10. Em contrapartida, a variável que traz maior incerteza para o modelo é a umidade relativa e em seguida amplitude térmica. O IVS apresenta valores intermediários para S. As variáveis que interagem mais com as demais são respectivamente umidade relativa, amplitude térmica e IVS.

Por representar um mês com alta umidade relativa e amplitude térmica baixa, correspondendo a um mês de verão, tais resultados condizem com a realidade e essas variáveis não são tão importantes para o agravo de doenças quanto os particulados e a relação com a região de alto IVS e alta densidade demográfica.

Tabela 21: Resultado da *Variance Decomposition* com 10.000 interações: Quantitativo da influência das variáveis na incerteza da aptidão à ocorrência de doenças respiratórias, mês de abril.

Variável	S	ST	%S	%ST
<i>Densidade demográfica</i>	0.003	0.001	0.3	0.1
<i>Amplitude térmica</i>	0.237	0.21	23.7	19.6
<i>CO</i>	0.129	0.227	12.9	21.2
<i>PM10</i>	0.146	0.209	14.6	19.5
<i>Umidade Relativa</i>	0.256	0.347	25.6	32.4
<i>IVS</i>	0.095	0.076	9.5	7.1
			NONL	13.5

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Já para o mês de abril, a incerteza está associada à umidade relativa e a amplitude térmica cai em relação ao conjunto de variáveis. Densidade demográfica e IVS passam a trazer menos incerteza ao modelo; em contrapartida, possuem menor interação com as demais. Os particulados PM10 e CO têm comportamento mediano. Cabe ressaltar que os valores de S e ST estão mais próximos entre si se comparados aos de janeiro, ou seja, não houve grandes discrepâncias à exceção das duas variáveis com origem em dados discretos densidade demográfica e IVS, possivelmente, por esse mês ser de maior agravo à ocorrência de doenças respiratórias em que as variáveis climáticas têm maior influência sobre as condições de saúde.

É possível concluir que de maneira geral as variáveis densidade demográfica e IVS não podem ser retiradas da análise e que umidade relativa seria uma variável que traria maior incerteza, porém com maior interação com as demais.

Cabe ressaltar que a assertividade na escolha das variáveis foi boa, pois todos os valores ficaram abaixo de zero; talvez se fosse mantida a variável temperatura média essa poderia apresentar um valor discrepante das demais.

Importante ainda afirmar que, uma vez que as respostas espaciais das variáveis são distintas, a retirada de uma ou outra variável altera o conjunto analisado. A partir dessa premissa, é possível entender os valores baixos do NONL em ambos os meses. Ao mesmo tempo é possível inferir que ele (NONL) representa um resíduo do valor de S; dessa maneira, vale salientar que os resíduos foram baixos e os dados tiveram uma boa interação.

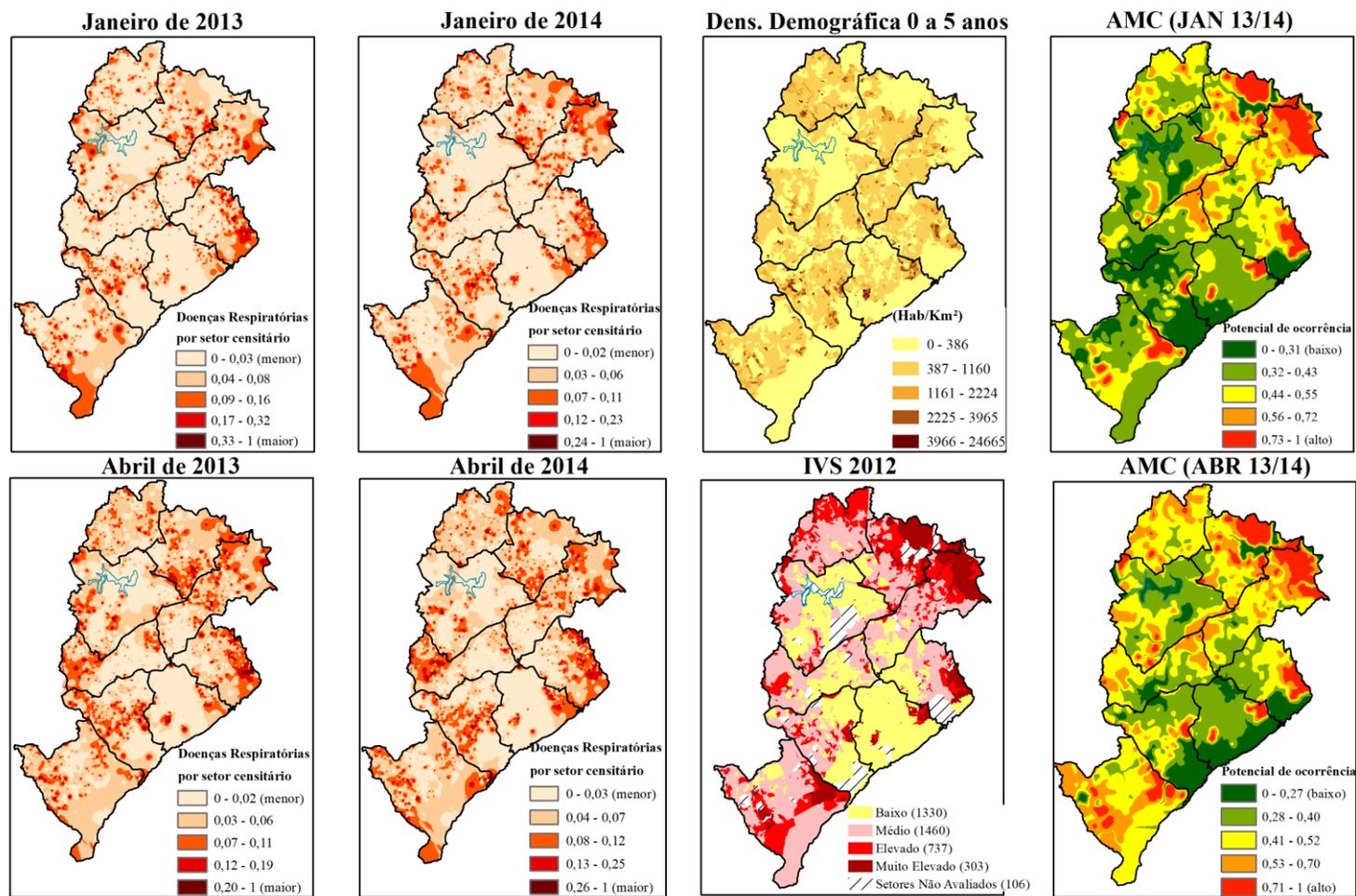
4.2.1 Outras Análises e Reflexões

Resgatando a etapa de contato com a opinião dos profissionais da área da saúde e com a finalidade de buscar outros fatores que influenciassem a saúde urbana, foi consenso entre os entrevistados que as variáveis relacionadas à densidade demográfica e aspectos socioeconômicos aparecessem na modelagem e que esses últimos teriam peso determinante nas análises.

O Índice de Vulnerabilidade da Saúde, adotado como variável socioeconômica, apresentou maiores pesos em relação às demais variáveis. Ao ser inserido como variável na segunda rodada de análises, tornou-se fator determinante no modelo gerado. Evidência essa que pode ser comprovada espacialmente na Figura 35, que representa o dado empírico do número de ocorrência de doenças respiratórias por setor censitário (contagem por setor censitário, meses de janeiro e abril para 2013 e 2014).

A partir da Figura 35 é possível observar que a maior intensidade (cores quentes) de ocorrência de doenças respiratórias tem correlação espacial com a elevação do risco de vulnerabilidade à saúde e ao mesmo tempo com algumas áreas em que a densidade populacional é mais elevada.

Tomando como partida o mapa de potencial de ocorrência de doenças respiratórias, comparado com os mapas de fato das doenças respiratórias, verifica-se que o potencial de ocorrência de doenças é muito aderente (tanto o maior, quanto o menor potencial), indicando que o modelo está muito ajustado e tem grande correlação com a realidade do espaço geográfico observado.



UFMG

IGO
INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS

Lagoa da Pampulha
 Distritos Sanitários (SUS)

0 5 10 20 Km

Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Área de Concentração: Análise Ambiental
 Elaboração: Denise Marques Sales Data: 24/03/2019
 Datum: SIRGAS 2000 Projeção: UTM

Fonte: FEAM (2017), Prodabel (2017), INMET (2018), IBGE(2010)

Figura 35: Mapa comparativo de ocorrência de doenças respiratórias por setor censitário, densidade demográfica, IVS e resultados da análise multicritério.

Com o intuito de enriquecer as análises, cabe nesse momento retomar a ideia de cidade como um espaço orgânico, em constante construção e produção, promovendo um acúmulo de fenômenos sociais e ambientais, incorporando nessa discussão as afirmações da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde de que

as condições socioeconômicas, culturais e ambientais de uma dada sociedade, ou seja, os determinantes mais gerais e distais do modelo de Dahlgren e Whitehead²⁷, geram uma estratificação econômico-social dos indivíduos e grupos da população, conferindo-lhes posições sociais distintas, as quais por sua vez provocam diferenciais de saúde. Em outras palavras, a distribuição da saúde e da doença em uma sociedade não é aleatória, estando associada à posição social, que por sua vez define as condições de vida e trabalho dos indivíduos e grupos. (CNDSS, 2008, p. 52)

A percepção é de que a forma como cada componente do modelo influencia o resultado do processo saúde-doença não é linear, entendendo que cada um dos fatores interage entre si, mas também pode ter um efeito independente no resultado do processo (CAIAFFA et al., 2008) modelo esse representado na Figura 36, apresentando os principais determinantes de saúde.



Figura 36: Modelo conceitual para Saúde Urbana.
Fonte: CAIAFFA et al., 2008.

Nesta pesquisa foi possível enxergar um pouco mais a não linearidade do processo saúde-doenças com foco nas doenças respiratórias. Visualizar a interação entre as escalas mundiais e nacionais (através dos instrumentos políticos elaborados para controle e prevenção das doenças respiratórias, seja na escala mundial pela OMS, ou nacional, pelo Ministério da

²⁷ DAHLGREN. G., WHITEHEAD. M. *Policies and Strategies to promote social equity in health*. Stockholm: Institute for Future Studies; 1991.

Saúde). Foi factível pensar nos determinantes a nível municipal como densidade demográfica e nível socioeconômico e atentar para os programas e instrumentos (VIGIAR / Criança que Chia/ IVS/ entre outros) que buscam acompanhar e atender grupos mais vulneráveis no município.

Sobre as condições humanas de moradia e trabalho, alcançou-se uma discussão voltada para os aspectos ambientais com foco nos elementos climáticos e seu comportamento ao longo do território belo-horizontino ao mesmo tempo. Percebeu-se que a maior parte das áreas em que há potencial de agravos ao aparelho respiratório coincide com zonas de vulnerabilidade à saúde e em grande parte delas com vilas e favelas, tocando no item infraestrutura.

É possível afirmar, portanto, que boa parte dos resultados das modelagens ambientais realizadas nesta pesquisa está compreendida na zona de intervenções na saúde (representado de vermelho na Figura 36) principalmente no tocante à espacialização das regiões no município que necessitam de maiores ações de saúde pública referente às doenças respiratórias e à tomada de decisão dos gestores municipais.

Não foi possível chegar à esfera central do modelo conceitual para Saúde Urbana, a ponto de explorar essa escala de análise envolvendo estilos de vida, redes sociais, empoderamento e conhecimento, porém é plausível ponderar em relação ao nível socioeconômico.

Existem alguns possíveis fatores que podem interferir no controle e tratamento da doença, tal como nível educacional baixo. Essa condição pode gerar uma barreira linguística entre o familiar responsável pela criança e as recomendações médicas, refletindo em uma possível falha na percepção dos sintomas e repasse da informação ao médico (ANTUNES et al., 2013). É possível também que na fase pós-atendimento através da prescrição médica, a forma do tratamento seja ministrada de maneira inadequada.

Cabe ressaltar que a educação da mãe tem sido uma das principais variáveis socioeconômicas que tem originado impactos positivos na redução dos índices de mortalidade infantil e na infância, principalmente, em decorrência da maior percepção que a mãe adquire no trato e cuidado da saúde dos filhos (CNDSS, 2008). Há ainda a possibilidade da unidade de saúde e sua farmácia não estarem devidamente equipadas e os familiares da criança não terem condição de arcar com medicamentos que normalmente são de alto custo para essas famílias.

No campo da saúde sempre são levados em conta os eixos: biologia humana, estilos de vida, ambiente e serviços de saúde. O que propicia uma discussão mais completa a respeito da

questão das desigualdades sociais e das iniquidades em saúde, para além de uma preocupação teórica e prática, constitui-se em um imperativo ético. Ao classificar como injustas as diferenças no perfil epidemiológico dos diferentes grupos sociais, a necessidade de reparação da iniquidade se coloca imediatamente. (BARATA, 2001, p. 145)

A respeito de todos esses fatores discutidos até aqui é importante refletir e considerar nas análises que podem existir outros diversos fatores que influenciam na saúde urbana, e que podem perpassar por várias escalas para além da geográfica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho estruturou-se de forma a compreender em que medida as condições climáticas locais agravam a ocorrência de doenças respiratórias em crianças de até cinco anos para os anos de 2013 e 2014. Ao longo de seu desenvolvimento foi possível ampliar o olhar e perceber que há desigualdades sociais em saúde e que essas estão entrelaçadas com fatores ambientais em escala temporal e espacial, que agravam ainda mais as condições de saúde urbana.

Com o suporte metodológico aqui adotado, foi possível a espacialização dos dados e a produção de combinações cartográficas capazes de contribuir para uma melhor compreensão dos lugares de ocorrência das doenças respiratórias e suas intensidades.

Em relação às análises temporais foi possível identificar que o período em que mais ocorrem as doenças respiratórias tem início no outono, com pico no mês de abril e que os menores registros em janeiro, auge do verão. Os agravos têm correlação com as fases de transição sazonal e uma consequente mudança no comportamento dos elementos climáticos. Evidências essas que atendem a um dos objetivos desta pesquisa em identificar os períodos temporais em que há uma intensificação e diminuição da ocorrência de doenças respiratórias.

O pico de registros em abril tem relação com o aumento da amplitude térmica, a diminuição de umidade relativa e aumento da participação dos particulados em suspensão, chamando atenção para a inserção de conjuntos de vírus respiratórios e do período da campanha de vacinação contra a gripe. Já a queda nos registros em janeiro, correlaciona-se às temperaturas mais altas, ao volume maior de chuvas, em consequência maior umidade do ar e menor presença de particulados em suspensão, amenizando assim as condições ambientais que propiciam a ocorrência de doenças vinculadas ao sistema respiratório. Isso confirma a

primeira hipótese dessa pesquisa ao afirmar que as condições climáticas no ambiente urbano têm relação direta com as condições de saúde da população. Para além dessas conclusões cabe ressaltar que nesse período de férias a população modifica seus hábitos (podendo ir menos ao serviço de saúde) e o setor de saúde pode atender em escala reduzida e ou precária (em quantidade de funcionários e horários), fatores esses que podem também gerar subnotificações em janeiro.

As análises rítmicas possibilitaram identificar a sucessão de estados atmosféricos e avaliar, em escala semanal, o quanto os elementos climáticos influenciam na saúde respiratória. Perceberam-se oscilações no tempo atmosférico e nos registros de atendimento e internação, alcançando outro objetivo proposto nesta pesquisa. Os mapas gerados a partir das interpolações dos dados climáticos atenderam o intuito de expressar as concentrações e distribuições dos elementos climáticos ao longo do limite territorial de Belo Horizonte.

Com relação às análises espaciais, foi possível identificar que algumas regiões da cidade possuem maior potencial de ocorrências de doenças, destacando-se os distritos sanitários Venda Nova, Norte, Nordeste, Leste e Barreiro. Além de identificar as regiões de maior ou menor incerteza das análises foi possível dar prosseguimento às investigações mais detalhadas nessas áreas. Confirmou-se a segunda hipótese desta dissertação, em que buscava-se verificar se existem grupos populacionais que se encontram em maior situação de risco à saúde respiratória ou vulneráveis no município.

O produto final da análise combinatória do Rank STD (0 e 1) e da Rank AVG (0 e 2) possibilitou uma melhor visualização e interpretação dos resultados, ao apresentar em quatro escalas de representação as análises de incerteza associadas ao potencial de ocorrência de doenças respiratórias na capital mineira, respondendo ao primeiro objetivo proposto. Outra faceta que ele possui é se tornar ferramenta estratégica para auxiliar os gestores do território e saúde urbanos.

A partir das análises dos índices de sensibilidade de S e ST foi possível concluir que de maneira geral as variáveis densidade demográfica e Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS) não podem ser retiradas da modelagem, reforçando a importância de manter elementos socioeconômicos em investigações à cerca da saúde respiratória urbana.

Percebe-se que a maior parte das áreas em que há potencial de agravos ao aparelho respiratório coincide com zonas de vulnerabilidade à saúde, grande parte delas localizadas em vilas e favelas. Pode-se confirmar outras duas hipóteses desta pesquisa: existem grupos populacionais que se encontram em maior situação de risco à saúde/vulneráveis e que fatores

socioeconômicos são aspectos preponderantes no agravamento à ocorrência de doenças respiratórias, apontando para regiões da cidade em que é necessário atentar os olhares e refletir que existem desigualdades sociais na saúde e que essas podem ter um peso maior que os fatores ambientais.

Ao longo desta pesquisa foi possível reunir, comparar e refletir sobre metodologias e resultados encontrados em outros trabalhos relevantes e interdisciplinares que discutem relações entre clima e agravos à saúde respiratória, começando pelos tipos de tempo e parâmetros meteorológicos mais propícios ao desencadeamento de agravos à saúde identificados também por Duchiate (1992), Fonseca e Vasconcelos (2011), Freitas et al. (2013) e Carvalho et al. (2016). Utilizada como recurso metodológico por Monteiro (1971) e Ribeiro (2016) a análise rítmica apresentou-se como uma dos recursos cruciais para identificar a sucessão de estados atmosféricos e avaliar sua correlação com a saúde urbana. Ao abordar possíveis correlações entre padrões sazonais do tempo e agravos ao sistema respiratório Radicchi (2012), Oliveira (2014) e Dias (2016) obtiveram conclusões assertivas assim como nesta pesquisa.

Ao realizar modelagens ambientais que resultaram em uma coleção de mapas corroborou-se a metodologia defendida por Assunção et al. (1998), afirmando-se serem esse um importante instrumento na análise espacial do risco de determinada doença; suas análises resultaram em reflexões para além dos elementos ambientais, coadunando com a declaração da OPAS (2008) e afirmando que o clima, entre outros fatores, pode suscitar a manifestação de determinadas doenças, neste caso em escala local. Esse conjunto de resultados suscitaram hipóteses acerca de suas interações com a escala humana e conseqüentemente socioeconômica, conforme foram levantadas também por Dahlgren e Whitehead (1991), CNDSS (2008), Caiaffa et al. (2008), Barcellos et al. (2009), Fonseca e Vasconcelos (2011), Antunes et al. (2013), Bastos (2014) e Oliveira (2014).

A partir desse conjunto de análises, foi possível observar que não se trata de um processo linear saúde-doença; nesse sentido, o olhar geográfico tornou-se essencial para entender a manifestação das doenças correlacionadas aos fatores climáticos, pois a todo tempo foi necessário refletir por que os agravos ocorrem. Foi essencial entender que as reflexões geográficas sempre estão envolvidas com o espaço, o tempo, os processos e as escalas, fundamentais para localizar (onde e quando), descrever (como) e interpretar (porque) uma situação ou a ocorrência de um fenômeno.

A busca dessas respostas mobilizou o pensar geográfico e o eixo central desta pesquisa. Foi essencial o exercício do pensamento e o movimento espiralar, permitindo uma análise que tocasse em diversas áreas, sejam elas: geográfica, meteorológica, médica, epidemiológica, econômica e política, sem o descuido de perpassar repetidamente por todas elas. O intuito foi de descobrir em que medida o olhar geográfico torna-se essencial para entender a manifestação da saúde ou das doenças nos espaços urbanos.

Foi possível repensar os impactos à saúde a partir de análises temporais e espaciais não necessariamente provenientes do campo da saúde, ousando afirmar que essa se torna uma das poucas pesquisas da metrópole belo-horizontina que envolve essa gama de variáveis e tipos diversos de modelagem contemplando saúde urbana, elementos ambientais e socioeconômicos.

Apresentando direções futuras que complementem este estudo, é importante ressaltar que os resultados relatados aqui não esgotam a possibilidade de conclusões acerca das inter-relações entre elementos climáticos e doenças respiratórias nos espaços urbanos, principalmente pela escala temporal (2013/2014) e espacial das estações climáticas disponíveis para o período estudado, além de fôlego para debruçar um pouco mais sobre as discussões a respeito das condições socioeconômicas e seus desdobramentos em saúde urbana.

Recomenda-se, assim, trabalhar em futuros trabalhos com um conjunto de dados mais extenso tanto em uma escala espacial quanto temporal. Os resultados seriam mais completos se os métodos fossem aplicados em escala temporal igual ou maior que 10 anos. Dessa maneira, poder-se-ia trabalhar com mais segurança na avaliação dos elementos climáticos e na ocorrência de doenças respiratórias ao longo dos anos e meses, sendo possível definir com maior detalhe quais as principais tendências sazonais dos agravos. Ainda referente aos dados climáticos, é necessário avaliar um grupo maior de estações meteorológicas que contemple mais pontos no complexo tecido urbano do município.

Pensando em enriquecer as análises sazonais, aplicar essa metodologia para os meses da primavera seria crucial para entender os motivos de agravos ao sistema respiratório nesse período do ano, reforçando, ou não, a hipótese de diminuição das chuvas, chegada da polinização acentuada, baixa umidade relativa do ar, ocorrência de névoa seca e baixa velocidade do vento, situações que pioram a qualidade do ar.

Seria interessante também identificar se há uma estrutura de defasagem entre a predominância do comportamento atmosférico e as manifestações da doença, ou seja, em que

escala temporal (horas/dias/semanas) após a mudança do tempo ou a exposição da criança a uma emissão de particulados o agravo ocorre. Para tanto, é necessário conhecer mais a fundo as características de cada agravo, seja ele crônico ou em estágio de agudização, selecionando e analisando separadamente os dois principais agrupamentos (crônicas ou agudas) das doenças respiratórias registradas (CID 10 - J00 a J99). Ainda nesse segmento mais voltado para a área da saúde, seria crucial analisar a inserção dos conjuntos de vírus respiratórios ao longo dos anos, principalmente nos anos analisados, e as indicações de imunização abordando a campanha de vacinação e seus componentes.

Por fim, torna-se essencial incentivar parcerias entre a academia e os setores públicos e privados para que interajam e tenham uma linguagem comum na elaboração de diagnósticos e proposição de novas alternativas de intervenção. É necessário pensar, de forma conjunta, em reduzir iniquidades e ampliar a equidade do atendimento, hospitalização, tratamento e prevenção das doenças respiratórias nos espaços urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Revista Geonomos*, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p.17-22, dez. 1998.
- ALVES, H. P. da F. Metodologia de integração de dados sociodemográficos e ambientais para análise de vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas no contexto das mudanças climáticas. In: HOGAN, D.J.; MARANDOLA JUNIOR, E. (orgs.). *População e mudança climática: dimensão humana das mudanças ambientais globais*. Campinas, NEPO/UNICAMP; Brasília, UNFPA, p. 75-105, 2009.
- ALEIXO, N. C. R. Condicionantes Climáticos e Interações por Pneumonia: Estudo de Caso em Ribeirão Preto/SP. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, v.27, p. 1-20,2014.
- ALEIXO, N. C. R.; NETO, J. L.S. Percepção e riscos, abordagem socioambiental do processo saúde-doença. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, v. 10, n. 22., Fortaleza, UFC, p. 191-208, 2011.
- ANSELIN, L. Spatial econometrics. In: BALTAGI, B. (Ed). *A companion to theoretical econometrics*. Oxford: Brasil Balckwell, p. 310-330, 2001.
- ANTUNES, A. F.; BÁRBARA, C.; GOMES, E. M. *Programa Nacional para as Doenças Respiratórias (PNDR) 2012 - 2016*. Direção-Geral da Saúde, 2ª edição, p. 1–18, 2013.
- ANTUNES, F. P.; COSTA, M. C. N.; PAIM, J. S.; VIEIRA-DA-SILVA, L.M.; SANTOS, C.A.S.T.; CRUZ, A. A.; NATIVIDADE, M.; BARRETO, M.L. Desigualdades sociais na distribuição espacial de hospitalizações por doenças respiratórias. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 29(7), p.1346-1356, jul, 2013.
- ANDRADE, H. O clima urbano: natureza, escalas de análises e aplicabilidade. Finisterra – *Revista Portuguesa de Geografia*, v. 40, n. 80, p. 67–91, 2005.
- ASSIS, W. L.; ABREU, M. L. Mudanças climáticas locais no município de Belo Horizonte ao longo do século XX. In: HOGAN, D.J.; MARANDOLA JUNIOR, E. (orgs.). *População e mudança climática: dimensão humana das mudanças ambientais globais*. Campinas, NEPO/UNICAMP; Brasília, UNFPA, p. 249-275, 2009.
- ASSIS, W. L.; PARIZZI, M. G.; RIBEIRO, S. M.; Identificação dos sistemas atmosféricos responsáveis por inundações e deslizamentos no município de Belo Horizonte: análise dos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013. *Revista Geografias*, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p.38-55, 2013.
- ASSIS, W. L. O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial. 299 p. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- ASSIS, D. C. de. O conforto térmico associado às variáveis de cobertura da terra na região central de Juiz de Fora – MG. 196 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

ASSUNÇÃO, R. M.; BARRETO, S. M.; GUERRA, H. L.; SAKURAI, E. Mapas de taxas epidemiológicas: Uma abordagem Bayesiana. *Cadernos de Saúde Pública*, 14:713-723. 1998.

AYOADE, J. O. *Introdução à Climatologia para os trópicos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Bertrand do Brasil, 1988.

BASTOS, L. G. Caracterização Topoclimática do Aglomerado da Serra: a Associação do Clima com a Ocorrência de Problemas Respiratórios em Crianças. Belo Horizonte, p. 87. (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

BARATA, R. B. Iniquidade e saúde: à determinação social do processo saúde-doença. *Revista USP*, ed. 51, p. 138-145, 2001.

BARCELLOS, C. Organização espacial, saúde e qualidade de vida. In: *I Seminário Nacional Saúde e Ambiente no Processo de Desenvolvimento*, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Fiocruz, v.2. p.27-34, 2000.

BARROS, J.R. Tipos de Tempo e Incidência de Doenças Respiratórias: Um Estudo Geográfico Aplicado ao Distrito Federal. (Tese de Doutorado) IGCE/UNESP_Rio Claro. Rio Claro, SP, 2006.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Saúde (SMSA). Assessoria de Tecnologia e Informação em Saúde (ASTIS). 2017.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Saúde (SMSA). Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS) - 2013.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Saúde (SMSA). Gerência de Epidemiologia e Informação (GEEPI) - 2017.

BICALHO, N. P. Reorganizando o Programa Criança que Chia no Centro de Saúde Serra Verde – Uma Nova Tentativa. 45 p. (Trabalho de Conclusão de Curso). Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família (UFMG). Belo Horizonte, 2010.

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. *Epidemiologia básica*. trad. Juraci A. Cesar. 2.ed., São Paulo, Santos, p. 230, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Doenças respiratórias crônicas. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. (Cadernos de Atenção Básica, n. 25) (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BREHENY, M. J. Towards sustainable urban development. In A. M. Mannion and S.R. Bowbly (eds) – *Environmental Issues in the 1990s*. John Wiley & Sons, Chichester: p. 227 – 229, 1992.

CAIAFFA, W. T.; FRICHE, A. A. L. O Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte. In. : Saúde urbana em Belo Horizonte. Belo Horizonte: Editora UFMG, p. 163: il, 2015.

CAIAFFA, W. T. ; FERREIRA, F. R. ; FERREIRA, a. D. ; OLIVEIRA, C. Di L. ; CAMARGOS, V. P. ; PROIETTI, F.A. Saúde urbana: "a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora". Rio de Janeiro. *Ciência e Saude Coletiva*, v.13, n.6, p.17785-1796, 2008.

CASTRO, A. Clima urbano e saúde: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo de inverno de Rio Claro/SP. (Tese de Doutorado). 202 p. IGCE/UNESP - Rio Claro, Rio Claro, SP, 2000.

COMISSÃO NACIONAL SOBRE DETERMINANTES SOCIAIS DA SAÚDE (CNDSS). As causas sociais das iniquidades em saúde no Brasil. Relatório Final da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p. 220, 2008. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/livro_determinantes.pdf Acesso: 10/03/2019.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 003, de 28 de junho de 1990*: dispões sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 ago. 1990.

CONDE, F. C. Uma análise de componentes principais de efeitos ambientais sobre a morbidade de doenças respiratórias em São Paulo. São Paulo, Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas), Universidade do Estado de São Paulo, 2001.

COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, São João Del Rei, MG, p. 1-122, maio. 2002. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

DAHLGREN. G., WHITEHEAD. M. Policies and Strategies to promote social equity in health. Stockholm: Institute for Future Studies; 1991.

DIAS, C. Internação por asma em crianças e adolescentes residentes em belo horizonte: projeto bh-viva. 49 p. Tese de Doutorado (Saúde Pública) Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DOMINICI, F. Time-series analysis of air pollution and mortality: a statistical review. *Research Report Health Effects Institute*, n. 123, p. 3-27, 2004.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 8, n. 3, p. 311–330, 1992.

FERREIRA, C. Higiene. A Capital. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1930.

FONSECA, B. M. *Conceitos e práticas de geodesign aplicados ao ordenamento territorial do município de São Gonçalo do rio abaixo*. Tese de Doutorado. IGC – UFMG. Belo Horizonte. 224 p., 2015.

FONSECA, F. R. ; VASCONCELOS, C.H. Estudo da distribuição de doenças respiratórias no estado de Santa Catarina, Brasil. *Cadernos de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 19, n.4, p.454-460, 2011.

FREITAS, C. U. de ; JUNGER, W. ; LEON, A. P. DE ; GRIMALDI, R. ; SILVA, M. A. F. ; GOUVEIA, N. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 22, n. 3, p. 445-454, 2013.

FRICHE, A. A. L.; XAVIER, C. C.; PROIETTI, F. A.; CAIAFFA, W. T.; organizadores. *Saúde urbana em Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Editora UFMG, p. 163: il, 2015.

HADDAD, M. A. Análise Exploratória de dados espaciais: suporte aos estudos urbanos com ênfase nos padrões de distribuição. In: MOURA et al (org.). *Tecnologias de geoinformação para representar e planejar o território urbano*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p.133 – 155, 2016.

HOGAN, D. J. População e Mudanças Ambientais Globais. In: HOGAN, D.J.; MARANDOLA JUNIOR, E. (orgs.). *População e mudança climática: dimensão humana das mudanças ambientais globais*. Campinas, NEPO/UNICAMP; Brasília, UNFPA, p. 11-24, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados horários de quatro estações meteorológicas (Lourdes, Pampulha, Ibirité e Cercadinho), anos 2013 e 2014. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Setores censitários e dados de população de Belo Horizonte. 2018.

JANKOWSKI, P. L. Análise de sensibilidade espacial para avaliação de aptidão da terra: SASE. In: MOURA et al. (org.). *Tecnologias de geoinformação para representar e planejar o território urbano*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p. 115 – 132, 2016.

JARDIM, C. H. Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas. 2007, 338 p.. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, 2007.

LANDSBERG, H. E. Clima das Cidades. *Revista do Departamento de Geografia*, v.18 p. 95-111. 2006.

LEMOS, C. B. Construção simbólica dos espaços urbanos. In: *Belo Horizonte: espaços e tempos em construção*. MONTE-MÓR, R. L (Coord.). Belo Horizonte: CEDEPLAS/PBH, p. 94: il – Coleção BH 100 anos, 1994.

LIGMANN-ZIELINSKA, A.; JANKOWSKI, P. Spatially-explicit integrated uncertainty and sensitivity analysis of criteria weights in multicriteria land suitability evaluation. *Environmental Modelling & Software* 57, p. 235 a 247, 2014.

LIGMANN-ZIELINSKA, A., JANKOWSKI, P.; WATKINS, J. Spatial Uncertainty and Sensitivity Analysis for Multiple Criteria Land Suitability Evaluation. Extended Abstract, *Seventh International Conference on Geographic Information Science*, Columbus, OH, U.S., September 18-21, 2012.

LIGMANN-ZIELINSKA, A.; SUN, L. "Applying Time Dependent Variance-Based Global Sensitivity Analysis to Represent the Dynamics of an Agent-Based Model of Land Use Change." *International Journal of Geographical Information Science* 24(12): 1829-1850, 2010.

LOMBARDO, M. A. *A Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.

MACHADO, L. A. Impactos da verticalização e adensamento das edificações em topoclimas e mesoclimas na porção norte do município de Nova Lima (MG). 182 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

MAGALHÃES JUNIOR, H. M. Prefácio. O Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte. In.: *Saúde urbana em Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Editora UFMG, p.163 :il, 2015.

MARANDOLA JR. E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade do lugar vs. Vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 161 – 181, jul. 2009.

MARTINS, F. G.; COELHO, L. S. Aplicação do método de análise hierárquica do processo para o planejamento de ordens de manutenção em dutovias. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Ano 7, nº 1, p. 65-80, jan-mar/2012.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). *Manual de Instruções – Unidade Sentinela*. Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos – VIGIAR. Brasília, p. 12, 2015.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo. (Série Teses e Monografias, 25) 1976. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/2015/noturno/Referencias_Bibliograficas/Geosul9.pdf>. Acesso em: 11 abr 2017.

_____. *Teoria e clima urbano: Um projeto e seus caminhos*. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (orgs). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, p. 9-67, 2003.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. de A. O clima no trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. *Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL*, Florianópolis: Editora da UFSC, n. 19/20, p. 116 – 133, 1º e 2º semestre de 1995.

MONTE-MÓR, R. L. Belo Horizonte: espaços e tempos em construção. MONTE-MÓR, R. L. (Coord.). Belo Horizonte: CEDEPLAS/PBH, p. 94:il – Coleção BH 100 anos, 1994.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte, Ed. da autora. 2003.

MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios - “Sensitivity analysis to suitability evaluation”. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 68/4, p. 665–684, 2016.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. *Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, INPE, p. 2899 – 2906, 2007.

MOURA, H. S. Habitação e produção do espaço em Belo Horizonte. In: *Belo Horizonte: espaços e tempos em construção*. Coordenado por Roberto Luís Monte-Mór. Belo Horizonte: CEDEPLAS/PBH, p. 94: il – Coleção BH 100 anos, 1994.

NASCIMENTO, D. M.; TOSTES, S. P.; SOARES, A. C. B.; RIEIRA, H. R. E.; PINHERO, J. M.; NOGUEIRA, R. C. Z. Próteses urbanas: promovendo a coexistência sócio-espacial. *VIRUS*, São Carlos, n.4, dez. 2010. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus04/project/virus_04_project_2_pt.pdf>. Acesso em: 10/03/19.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 421 p., 1979.

NUNES, L. H. Mudanças Climáticas, extremos atmosféricos e padrões de risco e desastres hidrometeorológicos. In: HOGAN, D.J.; MARANDOLA JUNIOR, E. (orgs.). *População e mudança climática: dimensão humana das mudanças ambientais globais*. Campinas, NEPO/UNICAMP; Brasília, UNFPA, p. 53-73, 2009.

OLIVER, J. F.; FAIRBRIDGE, R. W. *Encyclopedia of Climatology*. New York: V. N. Reinhold, 1987.

OKE, T. R. *Boundary layer climates*. *Routledge*, 1978.

_____. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. In: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Instruments and observing methods: report n°81*. WMO/TD n° 1250. 2004.

_____. Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 84, n. 1-3, p. 179-190, 2006.

_____. Urban environments. In *Surface Climates of Canada*, Bailey, W.G., T.R. Oke and W.R. Rouse, eds., McGill-Queen’s University Press, Montréal. p. 303-327. 1997.

OLIVER, J. F.; FAIRBRIDGE, R. W. *Encyclopedia of Climatology*. New York: V. N. Reinhold, 1987.

OLIVEIRA, E. A. M. A imigração italiana e a organização operária em Belo Horizonte nas primeiras décadas do século XX. 2004. 93 f. Monografia (Especialização em História) – Faculdades Integradas de Pedro Leopoldo, Pedro Leopoldo, 2004. OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. *Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil*. Brasília (DF), 2008.

ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 56, p. 527–530, 1975.

PASSOS, D. O. R. A formação do espaço urbano da cidade de Belo Horizonte: um estudo de caso a luz de comparações com as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. *Mediações, Revista de Ciências Sociais*, Londrina, v. 21 n. 2, p. 332-358, JUL./DEZ. 2016.

PITTON, S. C., DOMINGOS, A. E. Tempo e Doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes-SP. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 75-56, junho, 2004.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL). *Base Cadastral PRODABEL*, 2017.

QUEIROZ, B. L.; BARBIERI, A. F. Vulnerabilidade às mudanças climáticas e adaptação no Brasil. In: OJIMA, R.; BARBIERI, A. F.; CARMO, R. L. (orgs). 2012.

RADICCHI, A. L. A. A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v.29, nº1 São Paulo, Jan/Jun, 2012.

REN, C.; NG, E. Y. Y.; KATZSCHNER, L. Urban climatic map studies: A review. *International Journal of Climatology*. v. 31, n. 15, p. 2213–2233, 2011.

RIBEIRO, A. G. As Escalas do Clima. *Boletim de Geografia Teórica*, v.23.p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, H.; SILVA, E. N.; OLIVEIRA, M. A. ; OLIVER, S. L. Ritmo climático e geografia da saúde. *Revista de Geografia*, Recife, v. 33, nº 4, 2016.

RODRIGUES, C. de S.; DIAS, M. A. de S. O Município de Belo Horizonte. In: FRICHE, Amélia Augusta de Lima et al (Org.). *Saúde Urbana em Belo Horizonte*. Belo Horizonte: UFMG, p. 17-31, 2015.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE BELO HORIZONTE (SMSA). *Índice de Vulnerabilidade à Saúde, 2003*. Disponível em: <http://pbh.gov.br/smsa/biblioteca/gabinete/risco2003> Acesso em: 28 jun 2018.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE BELO HORIZONTE (SMSA). *Índice de Vulnerabilidade à Saúde, 2012*. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/indice_vulnerabilidade2012.pdf> Acesso em: 28 jun 2018.

SENNETT, R. *Carne e pedra: o corpo e a cidade na civilização ocidental*. Tradução Marcos Aarão Reis. 3ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2003.

PEDELABORDE, P. *Introduction à l'étude scientifique du climat*. Paris, Centre de Documentation Universitaire, 1959.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. N. York, McGraw-Hill. 1980.

SANTOS, M. O retorno do território. In: SANTOS, M.; SOUZA, M. A. A. DE.; SILVEIRA, M. L. *Território: Globalização e Fragmentação*. São Paulo, p. 15-20, 1998.

SANTOS, U. de P. Poluição, aquecimento global e repercussões na saúde. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 53, n. 3, p. 193–194, 2007.

SALTELLI, A.; ANNONI, P.; AZZINI, I.; CAMPOLONGO, F.; RATTO, M.; TARANTOLA, S. "Variance based sensitivity analysis of model output. Design and estimator for the total sensitivity index." *Computer Physics Communications* 181(2): 259-270, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMAD). Indicadores Ambientais: Ar. Disponível em: <http://www.reunioes.semad.mg.gov.br/indicadores_ar.asp>. Acesso em: 20 mar 2017.

SOUZA, C. G. A. Influência do ritmo climático na morbidade respiratória em ambientes urbanos. 200 p. (Dissertação de Mestrado). FCT/UNESP - Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP, 2007.

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e climatologia*. 1.ed. Brasília, INMET. 2000.

XAVIER-DA-SILVA, J.; PERSSON, V. G.; LORINI, M. L.; IERVOLINO, P. ; RIBEIRO, M. F. ; ABDO, O. E. ; COSTA, A. J. S. T. ; BERGAMO, R. B. A. . Índices de Geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de Biodiversidade. In: Irene Garay; Braulio Dias. (Org.). *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, v. 1, p. 01-430, 2001.

WHO - World Health Organization. *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005*. Disponível em: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aq/en/ Acesso em: 25 jun 2018.

_____. *Global surveillance, prevention and control of chronic respiratory diseases: a comprehensive approach*. Geneva, World Health Organization, 2007. Disponível em: <http://www.who.int/gard/publications/GARD_Manual/en/index.html>. Acesso em: 27 jun 2018.

_____. *Global Alliance against chronic Respiratory Diseases*. World Health Organization. Disponível em: <<http://www.who.int/gard/en/>>. Acesso em: 05 jul 2018.

_____. *Preventing chronic diseases, a vital investment*. Geneva, World Health Organization, 2005. Disponível em: <http://www.who.int/chp/chronic_disease_report/en/index.html>. Acesso em: 25 jun 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Questionário AHP 1ª Rodada.

Inter-relações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte (MG)

1ª Rodada

Prezado(a) Profissional da Área da Saúde,

Sou Denise Marques Sales, mestranda no Programa de Pós Graduação em Geografia no Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e em minha dissertação de título “Interrelações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte (MG)” busco compreender de que forma as dinâmicas urbanas, ambientais e climáticas afetam as crianças de 0 a 5 anos, deixando-as mais vulneráveis e susceptíveis às doenças respiratórias (CID 10 – J00 a J99). Com intuito de responder às perguntas Como? Onde? Porque? doenças respiratórias ocorrem no município de Belo Horizonte selecionei as seguintes variáveis: Umidade Relativa(%), Temperatura (°C), Amplitude Térmica (°C), Partículas Inaláveis - PM10 (<10µm/m³), Monóxido de Carbono - CO (ppm), Densidade da população de 0 a 5 anos (HAB/Km²), Distrito Sanitário. Visando entender quais destas variáveis tem maior peso no agravo das doenças respiratórias, realizo esta consulta à profissionais e pesquisadores na área da saúde através do link abaixo:

Link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf1RK8jvRjvv7QIRUbgIwu-7WJ3YN3acUPHuUW4y8_a51gBhA/viewform?usp=sf_link

Inter-relações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte (MG)

Gostaria que analisassem as sete variáveis a seguir e classificassem com valores de 1 a 9, onde 1 tem menor importância e 9 extrema importância. Ressaltando que, o peso 0 (zero) não foi adotado como mínimo porque consideramos que nenhuma das variáveis é desprezível, assim como o peso 10, pois consideramos que nenhuma possui importância tão grande sobre a outra. Desde já agradeço a atenção e contribuição!

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

Nome *

Texto de resposta curta

Área de Atuação *

Texto de resposta curta

Tempo de experiência na área *

Texto de resposta curta

Agravo na Ocorrência de Doenças Respiratórias

Descrição (opcional)

Atribua pesos de 1 a 9 para cada variável listada abaixo: *

ATENÇÃO: Atribuir apenas um valor a cada variável.

	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	Peso 6	Peso 7	Peso 8	Peso 9
Umidade ...	<input type="checkbox"/>								
Temperat...	<input type="checkbox"/>								
Amplitud...	<input type="checkbox"/>								
Particula...	<input type="checkbox"/>								
Particula...	<input type="checkbox"/>								
Densidad...	<input type="checkbox"/>								
Distrito S...	<input type="checkbox"/>								

Você retiraria alguma das variáveis analisadas? Por que?

Texto de resposta longa

Existe alguma variável que julgue importante e não foi contemplada?

Texto de resposta longa

Gostaria de fazer alguma consideração ou comentário que ache pertinente em relação ou tema pesquisado?

Texto de resposta longa

APÊNDICE B: Questionário AHP 2ª Rodada.

Inter-relações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte (MG)

2ª Rodada

Prezado(a) Profissional da Área da Saúde,

Sou Denise Marques Sales, mestranda no Programa de Pós Graduação em Geografia no Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e em minha dissertação de título “Interrelações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte (MG)” busco compreender de que forma as dinâmicas urbanas, ambientais e climáticas afetam as crianças de 0 a 5 anos, deixando-as mais vulneráveis e susceptíveis às doenças respiratórias (CID 10 – J00 a J99). Com intuito de responder às perguntas Como? Onde? Porque? doenças respiratórias ocorrem no município de Belo Horizonte selecionei as seguintes variáveis: Umidade Relativa(%), Temperatura (°C), Amplitude Térmica (°C), Partículas Inaláveis - PM10 (<10µm/m³), Monóxido de Carbono - CO (ppm), Densidade da população de 0 a 5 anos (HAB/Km²), Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS). Visando entender quais destas variáveis tem maior peso no agravamento das doenças respiratórias, realizo esta consulta à profissionais e pesquisadores na área da saúde através do link abaixo:

Link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScJQStNphM1XLYs0dGrFwyGUFyNrMO86b8Bgeta6Za4he3yvA/viewform?usp=sf_link

Espaço urbano, saúde e elementos climáticos: uma análise espacial da ocorrência de doenças respiratórias em crianças no município de Belo Horizonte.

Gostaria que analisassem as sete variáveis a seguir e classificassem com valores de 1 a 9, onde 1 tem menor importância e 9 extrema importância. Ressaltando que, o peso 0 (zero) não foi adotado como mínimo porque consideramos que nenhuma das variáveis é desprezível, assim como o peso 10, pois consideramos que nenhuma possui importância tão grande sobre a outra. Ressalta-se que essa pesquisa possui autorização do Comitê de Ética em Pesquisa – CAAE nº 81047717.9.0000.5140. Desde já agradeço a atenção e contribuição!

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)



Título da imagem



Nome *

Texto de resposta curta

Área de Atuação *

Texto de resposta curta

Tempo de experiência na área *

Texto de resposta curta

Agravo na Ocorrência de Doenças Respiratórias

Descrição (opcional)

Atribua pesos de 1 a 9 para cada variável listada abaixo: *

ATENÇÃO: Atribuir apenas um valor a cada variável.

	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	Peso 6	Peso 7	Peso 8	Peso 9
Umidade ...	<input type="checkbox"/>								
Temperat...	<input type="checkbox"/>								
Amplitud...	<input type="checkbox"/>								
Particula...	<input type="checkbox"/>								
Particula...	<input type="checkbox"/>								
Densidad...	<input type="checkbox"/>								
Índice de...	<input type="checkbox"/>								

Você retiraria alguma das variáveis analisadas? Por quê?

Texto de resposta longa

Existe alguma variável que julgue importante e não foi contemplada?

Texto de resposta longa

Gostaria de fazer alguma consideração ou comentário que ache pertinente em relação ao tema pesquisado?

Texto de resposta longa

Sugere algum profissional que lida nesta área? Poderia me informar o nome e contato (telefone e/ou e-mail) para que possa entrevistá-lo.

Texto de resposta longa

APÊNDICE C: Resultados Questionário AHP 1ª Rodada, Pesos Atribuídos.

PESOS ATRIBUÍDOS									
ID	Área de Atuação	Tempo de experiência na área	Umidade Relativa (%)	Temperatura Média (°C)	Amplitude Térmica (°C)	Particulado PM10 (<10µm/m3)	Particulado CO (ppm)	Densidade da população de 0 a 5 anos (hab/Km²)	Distrito Sanitário
1	Enfermagem/atenção básica	12 anos	Peso 9	Peso 7	Peso 7	Peso 9	Peso 9	Peso 7	Peso 9
2	Saúde urbana e epidemiologia	35 anos	Peso 9	Peso 6	Peso 6	Peso 9	Peso 9	Peso 4	Peso 4
3	Medicina familiar e comunidade	8 anos	Peso 7	Peso 8	Peso 6	Peso 9	Peso 9	Peso 8	Peso 7
4	Pediatria	18 anos	Peso 3	Peso 1	Peso 2	Peso 2	Peso 2	Peso 3	Peso 3
5	Enfermagem	10 anos	Peso 9	Peso 6	Peso 9	Peso 7	Peso 9	Peso 3	Peso 3
6	Enfermagem	6 anos	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 9
7	Fisioterapia e saúde urbana	25 anos	Peso 9	Peso 9	Peso 8	Peso 9	Peso 9	Peso 8	Peso 2

APÊNDICE D: Resultados Questionário AHP 1ª Rodada, Respostas das Questões.

QUESTÕES E RESPOSTAS				
ID	Área de Atuação	Você retiraria alguma das variáveis analisadas? Por quê?	Existe alguma variável que julgue importante e não foi contemplada?	Gostaria de fazer alguma consideração ou comentário que ache pertinente em relação ao tema pesquisado?
1	Enfermagem/ atenção básica	Não	Nível sócio econômico e escolaridade dos pais.	Não
2	Saúde urbana e epidemiologia	Não tiraria, mas olharia com cuidado - Distrito sanitário, pois não discrimina a desigualdade na cidade, por se tratar de grande área. Aponta presença de equipamentos de saúde; talvez presença de indústrias e vias de escoamento de veículos vigorosas, mas não a desigualdade.	Meses do ano pela sazonalidade da asma. Número de moradores por cômodo - melhor que densidade populacional. Áreas menores - exemplo : setores censitários e seu IVS (índice de vulnerabilidade a saúde da SMDSA-BH) pois discrimina a desigualdade na cidade.	Os dados indoor são importantes, mas penso que não fez parte deste estudo que considera mais o espaço/ambiente. Talvez fosse importante: presença de indústrias, grandes vias de escoamento e contagem de veículos que transitam ; qualidade do ar e dados de atendimento de crianças que chamam nas UBS. Também sei que indústrias, vias e contagem de veículos e ainda a qualidade do ar são difíceis de captar na cidade. Também não são fáceis os dados de atendimento nas unidades. Tudo isto poderia entrar em outro estudo talvez.
3	Medicina familiar e comunidade	Não. Acho que todas são pertinentes.	Acredito que o tipo de moradia tem grande peso na ocorrência de doenças respiratórias em crianças. Exemplos: casas de alvenaria; barracos de tábuas e lonas; casas com paredes sem revestimento e com piso de terra batida. Trata-se de uma característica do ambiente, que reflete diferenças da dinâmica urbana, ao qual a criança está exposta. Não sei se é parte do escopo do trabalho estudar tal variável, ou se esta se classificaria melhor como característica social.	-
4	Pediatria	Não	Frequência em creches ou pra escola para menores que 3 anos.	-
5	Enfermagem	Talvez retiraria o índice da variável no que se refere a densidade populacional. Acredito não ter muito peso nos agravos das doenças respiratórias.	Não	Não
6	Enfermagem	Não. Todas as variáveis são de grande importância na ocorrência de doenças respiratórias.	Existem algumas variáveis importantes, porém para serem incluídas dependerá da metodologia de pesquisa, abaixo algumas variáveis: fatores socioeconômico e demográfico (renda familiar média por distrito); escolaridade dos pais; vacinação; tempo de amamentação; história familiar de asma.	Tema de extrema relevância.
7	Fisioterapia e saúde urbana	Distrito Sanitário	Sim, queima de lixo, vulnerabilidade social, condição de moradia, trânsito.	Sem considerações

APÊNDICE E: Resultados Questionário AHP 2ª Rodada, Pesos Atribuídos.

PESOS ATRIBUÍDOS									
ID	Área de Atuação	Tempo de experiência na área	Umidade Relativa (%)	Temperatura Média (°C)	Amplitude Térmica (°C)	Particulado PM10 (<10µm/m3)	Particulado CO (ppm)	Densidade da população de 0 a 5 anos (hab/Km²)	Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS)
1	Enfermagem	5 anos	Peso 9	Peso 7	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 7	Peso 9
2	Saúde urbana e epidemiologia	30 anos	Peso 7	Peso 6	Peso 7	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 8
3	Fisioterapia e saúde urbana	25 anos	Peso 7	Peso 7	Peso 3	Peso 7	Peso 6	Peso 8	Peso 8
4	Pneumologia pediátrica	40 anos	Peso 2	Peso 4	Peso 4	Peso 4	Peso 4	Peso 8	Peso 8
5	Pneumologia pediátrica	-	Peso 8	Peso 6	Peso 8	Peso 7	Peso 8	Peso 7	Peso 8
6	Pneumologia pediátrica	17 anos	Peso 8	Peso 6	Peso 6	Peso 6	Peso 6	Peso 5	Peso 5
7	Pediatria	26 anos	Peso 9	Peso 4	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 8	Peso 7
8	Medicina	14 anos	Peso 7	Peso 6	Peso 3	Peso 9	Peso 8	Peso 6	Peso 9
9	Pneumologia pediátrica	27 anos	Peso 6	Peso 5	Peso 7	Peso 6	Peso 6	Peso 7	Peso 9
10	Pediatra/alergia e imunologia	20 anos	Peso 7	Peso 8	Peso 7	Peso 9	Peso 9	Peso 9	Peso 9

APÊNDICE F: Resultados Questionário AHP 2ª Rodada, Respostas das Questões.

QUESTÕES E RESPOSTAS					
ID	Área de Atuação	Você retiraria alguma das variáveis analisadas? Por quê?	Existe alguma variável que julgue importante e não foi contemplada?	Gostaria de fazer alguma consideração ou comentário que ache pertinente em relação ao tema pesquisado?	Sugere algum profissional que lida nesta área? Poderia me informar o nome e contato (telefone e/ou e-mail) para que possa entrevistá-lo.
1	Enfermagem	Não	Não	Não	-
2	Saúde urbana e epidemiologia	Não	Fumo no domicílio e ou poluição intradomiciliar e ou mofo ; mas sei da dificuldade e também sei que o desenho do estudo não possibilita trabalhar esta variável.	Algumas doenças respiratórias podem não ser relacionadas a estes determinantes. Achei que J00 a J99 é excessivo pelo motivo acima. Até o J47 a maioria se relaciona a estes. Depois são outros agentes.	-
3	Fisioterapia e saúde urbana	Não	Fumaça, incluindo queima de lixo.	Avaliar o contexto ambiental indoor e social é fundamental.	-
4	Pneumologia pediátrica	Não	Sim. Entre outras eu citaria: 1) frequência a creches, 2) número de habitantes por comodo na residencia, 3) nivel socioeconomico, 4) doenças pre-existentes.	Não. Reitero as considerações feitas no campo anterior.	Dra. Geralda Calazans calazansgeralda@gmail.com
5	Pneumologia pediátrica	Não	Não	Não	Não
6	Pneumologia pediátrica	Não	Estação do ano, história familiar positiva para doenças respiratórias .	Não	Renata Bedran
7	Pediatria	Não sei o que é particulado PM 10 e particulado CO- não sei avaliar . Se diz respeito à poluição o peso é 9. Acho que vc poderia dar uma explicação sobre estes 2 tópicos no início do texto.	Não	Não	acostav@pbh.gov.br (Alexandre), ana.furtado2008@gmail.com (Ana Paula), bethmarques15@gmail.com (Elizabeth), mariliaferreiragomes@gmail.com, (Marília), teresaped@terra.com.br (Teresa Paula)
8	Medicina	Não	Não	Não	Geralda Calazans (calazansgeralda@gmail.com)
9	Pneumologia pediátrica	Não	História familiar de alergia/broncoespasmo.	Não	Dr Cassio Ibiapina
10	Pediatra/alergia e imunologia	Não	Exposição ao tabaco .	-	-

APÊNDICE G: Variáveis com falhas que foram interpoladas; interpoladores, meses e anos.

	Mês / Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Interpoladores testados	Interpolador adotado		
<i>Precipitação(mm)</i>	2013	■	■	■	■	□	□	□	□	□	□	■	■	IDW, RBF, Co- Krigagem e Regressão Linear	RBF		
	2014	■	■	■	■	■	■	■	□	□	□	■	■				
<i>Temperatura(°C)</i>	2013	■	■	■	□	□	□	□	□	□	■	■	■		Regressão Linear	Regressão Linear	
	2014	■	■	■	■	■	■	■	□	□	■	■	■				
<i>Umidade Relativa (%)</i>	2013	■	■	■	□	□	□	□	□	□	■	■	■	Regressão Linear		RBF	
	2014	■	■	■	■	■	■	■	□	□	■	■	■				
<i>PM10 (<10µm/m3)</i>	2013	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□		Regressão Linear	Regressão Linear	
	2014	■	■	■	■	■	■	■	□	□	□	□	□				
<i>CO (ppm)</i>	2013	■	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	Regressão Linear			Regressão Linear
	2014	■	■	■	■	■	■	■	□	□	■	■	■				

■ Interpolados de 2013 dados com falhas

■ Interpolados de 2014 dados com falhas

□ Meses sem interpolação dados completos

ANEXOS

ANEXO A: Carta de Anuência da Secretaria Municipal de Saúde.



CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos conhecer o projeto de pesquisa intitulado **Interrelações entre clima e doenças respiratórias no município de Belo Horizonte**, sob a responsabilidade da pesquisadora Denise Marques Sales, CPF 016.354.676-24, cujo objetivo é verificar a relação entre as variáveis climáticas e os agravos na saúde respiratória da população e autorizamos que este estudo seja executado com dados da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte – SMSA-BH.

Esta autorização foi subsidiada por uma apreciação institucional das gerências responsáveis pela temática da pesquisa e está condicionada ao cumprimento pelos (a/o) pesquisadores (a/o) dos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares.

A SMSA-BH deverá constar como coparticipante da pesquisa.

Solicitamos uma devolutiva dos dados e resultados encontrados para o município de Belo Horizonte e trabalhadores do setor e/ou seus representantes.

A utilização dos dados pessoais dos sujeitos da pesquisa se dará exclusivamente para os fins científicos propostos, mantendo o sigilo e garantindo a utilização das informações sem prejuízo das pessoas, grupos e ou comunidades.

O início do estudo dependerá de sua aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da SMSA.

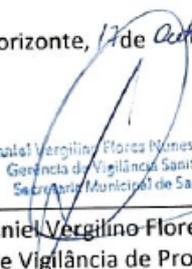
Esta Carta de Anuência terá validade de 24 (vinte e quatro) meses, a partir de sua assinatura.

Belo Horizonte, 17 de ~~Outubro~~ de 2017

Eliete Guizilini Moreira de Carvalho
Assessoria de Tecnologia e Informação
em Saúde / ATIS / SMSA / BM 111.353-2


Eliete Guizilini Moreira de Carvalho
Assessoria de Tecnologia e Informação em Saúde
Secretaria Municipal de Saúde/SMSA

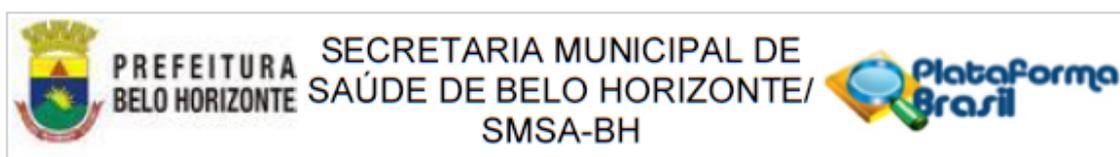
Daniel Vergilino Flores Nunes - BM 74198-X
Gerência de Vigilância Sanitária - GEVIS
Secretaria Municipal de Saúde - SMSA


Daniel Vergilino Flores Nunes
Gerência de Vigilância de Produtos de Saúde
Secretaria Municipal de Saúde/SMSA


Cláudia Fidelis Barcaro BM 114310-5
Gerência de Educação em Saúde
Secretaria Municipal de Saúde/SMSA

Gerência de Educação em Saúde/GEDSA
Diretoria de Promoção à Saúde e Vigilância Epidemiológica

ANEXO B: Parecer Consubstanciado do CEP.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Interrelações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte(MG)

Pesquisador: DENISE MARQUES SALES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 81047717.9.0000.5140

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.448.734

Apresentação do Projeto:

Serão realizados três tipos de levantamento: 1) Levantamento bibliográfico sobre as características climáticas, físico-ambientais e de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte. 2) Levantamento bibliográfico sobre saúde pública e doenças respiratórias nos ambientes urbanos. 3) Levantamento de dados secundários: do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Empresa de Informática e Informação de Belo Horizonte (PRODABEL), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INMPE), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), da Secretaria Municipal de Saúde (SMSA), da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), da Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano (SMAPU) e do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Quanto aos dados relacionados às doenças respiratórias serão solicitados o número de atendimentos e internações por setor censitário relativos ao CID 10, de J00 à J99 [sem discriminar as subdivisões de cada J], para os sexos feminino e masculino e de crianças de 0 a 5 anos, para os anos de 2010 à 2017 contendo o Distrito Sanitário, a Unidade de Saúde e o mês. Em termos de condições climáticas avaliar-se-á os principais parâmetros meteorológicos tais como temperatura, umidade relativa, precipitação, massa de ar, concentração de poluentes no ar. Pretende-se realizar análises geoestatísticas como a análise de multicritérios (AMC) associadas às análises de incerteza e sensibilidade. Além de realizar simulações de Monte Carlo (MC) que são executadas para gerar o critério amostral do peso, realizar a Global Suitability Analysis (GSA) por decomposição de

Endereço: Rua Frederico Bracher Júnior, 103/3º andar/sala 302
Bairro: Padre Eustáquio **CEP:** 30.720-000
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3277-5309 **E-mail:** coep@pbh.gov.br

Continuação do Parecer: 2.448.734

variância, onde a variabilidade da saída no mapa de aptidão é repartida para cada peso dos critérios, e os resultados são descritos na forma de mapas, contendo índices de adequabilidade S e St. Utilizar-se-á os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), adotando software ARCGIS para realização da modelagem e a ferramenta Monte Carlo Weighted Sum (desenvolvida pelo Professor Jankowsky). Será realizada a análise exploratória de dados espaciais (AEDE) que ajuda a revelar padrões espaciais ou de discrepância dos dados analisadas, para isto será adotado o software GeoDa a fim de calcular os Índices de Moran Local e Global. Propõe-se elaborar uma matriz de correlação espacial onde serão combinados os dados das análises AMC com a ocorrência espacial, de fato, das doenças respiratórias. Pretende-se, assim, chegar a um diagnóstico da vulnerabilidade na saúde populacional, principalmente quanto ao aumento da ocorrência de doenças respiratórias, nos últimos 7 anos, no município de Belo Horizonte.

Objetivo da Pesquisa:

Hipótese:

1 - As condições climáticas no ambiente urbano têm relação direta com as condições de saúde da população. 2 - Fatores geográficos e geoecológicos no município em combinação com condições climáticas agravam a ocorrência de doenças respiratórias.

Objetivo Primário:

Esta pesquisa buscará verificar a relação entre as variáveis climáticas e os agravos na saúde respiratória da população.

Objetivo Secundário:

1 - Avaliar as interrelações entre os grupos populacionais, as condições ambientais e as características climáticas do município. 2 - Identificar e avaliar os grupos populacionais que se encontram em situação de risco, vulneráveis aos fatores que ocasionam doenças respiratórias, e suas respectivas distribuições espaciais. 3 - Identificar os períodos temporais em que há uma intensificação da ocorrência de doenças respiratórias. 4 -

Avaliar os fatores geográficos/geoecológicos que influenciam na saúde urbana no município de Belo Horizonte.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Buscarei processar e analisar dados secundários que não expõe informações que identifique os sujeitos; creio que não haverá riscos na pesquisa, a proposta é realizar uma análise quantitativa

Endereço: Rua Frederico Bracher Júnior, 103/3º andar/sala 302
Bairro: Padre Eustáquio **CEP:** 30.720-000
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3277-5309 **E-mail:** coep@pbh.gov.br

Continuação do Parecer: 2.448.734

das informações tanto meteorológicas e de poluentes atmosféricos, quanto dos dados relacionados a internação e atendimento por doenças respiratórias.

Benefícios:

Esta pesquisa possui um viés social ao possibilitar melhor compreensão das condições de vulnerabilidade populacional relacionadas diretamente com a saúde pública em ambientes urbanos, a partir da identificação dos grupos populacionais que se encontram em situação de risco, vulneráveis aos fatores que ocasionam doenças respiratórias, e suas respectivas distribuições espaciais. Além de identificar os períodos temporais em que há uma intensificação desta ocorrência. Ademais estes dados poderão contribuir para a aplicação e/ou elaboração de políticas públicas mais eficientes no município

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa são relevantes e o alcance destes poderá possibilitar conhecimentos adicionais sobre as interrelações entre clima e doenças respiratórias no Município de Belo Horizonte(MG).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A Folha de Rosto assinada pelo(a) pesquisador(a) DENISE MARQUES SALES, pelo representante da Instituição proponente e pelo patrocinador foi devidamente apresentada.

Carta de anuência da Instituição Coparticipante da pesquisa foi apresentada.

Foi solicitada a dispensa do TCLE em razão de que os dados secundários a serem analisados não contém informações que identifique os sujeitos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O Comitê de Ética em Pesquisa da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, não encontrando objeções éticas e verificando que o projeto cumpriu os requisitos da Resolução CNS 466/12, considera aprovado o projeto Interrelações entre Clima e Doenças Respiratórias no Município de Belo Horizonte(MG).

Considerações Finais a critério do CEP:

O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou, aguardando seu parecer, exceto nos casos previstos na Resolução CNS 466/12. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser previamente apresentadas para apreciação do

Endereço: Rua Frederico Bracher Júnior, 103/3º andar/sala 302
Bairro: Padre Eustáquio **CEP:** 30.720-000
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3277-5309 **E-mail:** coep@pbh.gov.br

Continuação do Parecer: 2.448.734

CEP através da Plataforma Brasil, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Notificações podem ser apresentadas ao CEP através da Plataforma Brasil. As notificações de início e término da pesquisa devem ser apresentadas tão logo os eventos ocorram.

Relatórios semestrais, a partir da data de aprovação, devem ser apresentados ao CEP para acompanhamento da pesquisa. Ao término da pesquisa deve ser apresentado relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1021098.pdf	12/12/2017 00:12:13		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_2.pdf	12/12/2017 00:09:35	DENISE MARQUES SALES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Mestrado_Denise_Marques_Sales_IGC_UFMG.pdf	11/11/2017 10:36:06	DENISE MARQUES SALES	Aceito
Brochura Pesquisa	INTERRELAÇÕES_ENTRE_CLIMA_DO_ENCAS_RESPIRATORIAS_NO_MUNICÍPIO_DE_BELO_HORIZONTE_MG.pdf	11/11/2017 10:29:09	DENISE MARQUES SALES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Carta_de_Anuencia_Assinada.pdf	11/11/2017 10:24:36	DENISE MARQUES SALES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 19 de Dezembro de 2017

**Assinado por:
Eduardo Prates Miranda
(Coordenador)**

Endereço: Rua Frederico Bracher Júnior, 103/3º andar/sala 302
Bairro: Padre Eustáquio **CEP:** 30.720-000
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3277-5309 **E-mail:** coep@pbh.gov.br



**PREFEITURA
BELO HORIZONTE**

**SECRETARIA MUNICIPAL DE
SAÚDE DE BELO HORIZONTE/
SMSA-BH**



Continuação do Parecer: 2.448.734

Endereço: Rua Frederico Bracher Júnior, 103/3º andar/sala 302

Bairro: Padre Eustáquio **CEP:** 30.720-000

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3277-5309

E-mail: coep@pbh.gov.br

Página 05 de 05