



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**RELAÇÃO ENTRE OS CASOS DE INTERNAÇÕES POR
CRISES RESPIRATÓRIAS E FOCOS DE CALOR**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Raquel Gonçalves Pereira

**Itajubá, MG, Brasil
2020**

RELAÇÃO ENTRE OS CASOS DE INTERNAÇÕES POR CRISES RESPIRATÓRIAS E FOCOS DE CALOR

por

Raquel Gonçalves Pereira

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientador: Enrique Vieira Mattos
Coorientador: Luiz Felipe Silva

Itajubá, MG, Brasil
2020

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Monografia

**RELAÇÃO ENTRE OS CASOS DE INTERNAÇÕES POR
CRISES RESPIRATÓRIAS E FOCOS DE CALOR**

elaborada por

Raquel Gonçalves Pereira

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas

Comissão Examinadora:



Enrique Vieira Mattos, Dr.(UNIFEI)
(Presidente/Orientador)



Luiz Felipe Silva, Dr. (UNIFEI)



José Guilherme Martins dos Santos, Dr. (INPE)

Itajubá, 18 de novembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação e fazendo com que os meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos.

Agradeço à minha família, especialmente minha mãe Elane e meu pai Marcelo por todo o apoio e ajuda durante toda a minha vida, sem vocês nada disso estaria acontecendo e nada faria sentido sem vocês ao meu lado. Agradeço ao meu irmão Marcelo por todo o companheirismo e amor. Agradeço as minhas avós Evanise e Enói e ao querido Tio Marco por toda a proteção e carinho. Agradeço ao meu namorado e melhor amigo Vinicius por todo incentivo, amor e sempre estar ao meu lado.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação, em especial ao professor e orientador Enrique e coorientador Luiz Felipe pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho neste trabalho. Um agradecimento especial ao Guilherme Martins por toda ajuda e paciência.

Agradeço aos meus colegas do curso de Ciências Atmosféricas, em especial a Fabiana Teixeira e Thaís Cortez, por toda amizade e ajuda dentro e fora da sala de aula. Aos meus amigos de Caxambu, que independente da distância e tempo sempre seremos amigos. Gostaria de agradecer também a República Oitopi por toda a convivência, apoio e amizade durante esses anos de faculdade, vocês foram essenciais nesse processo.

E por fim, gostaria de agradecer às numerosas pessoas que cruzaram meu caminho durante esse percurso na Unifei e que, de certa forma, fizeram parte desse período de minha vida.

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

RELAÇÃO ENTRE OS CASOS DE INTERNAÇÕES POR CRISES RESPIRATÓRIAS E FOCOS DE CALOR

AUTOR: RAQUEL GONÇALVES PEREIRA
ORIENTADOR: ENRIQUE VIEIRA MATTOS
COORIENTADOR: LUIZ FELIPE SILVA

Itajubá e Data da Defesa: Itajubá, 18 de novembro de 2020.

A fuligem e os gases liberados durante as queimadas podem provocar doenças respiratórias especialmente em crianças e idosos, vistos como grupo de risco por estarem mais sujeitos a estes tipos de doenças. Os efeitos associados à ocorrência de queimadas compõem uma importante causa de morbidade e mortalidade global. Dessa forma o objetivo geral do presente estudo foi avaliar a possível relação entre a ocorrência de focos de queimadas e os registros de internações por crises respiratórias no Estado de Minas Gerais (MG) nos anos de 2014 e 2015. O presente estudo residiu no âmbito epidemiológico do tipo ecológico espaço-temporal, e foi analisado nos municípios do Estado de MG. Foi analisada a distribuição espacial anual e mensal dos focos de calor, doenças respiratórias e variáveis meteorológicas e feito o cálculo da Razão de Morbidade Padronizada (RMP). No ano de 2014 os focos se concentraram nos setores centro-sul e nordeste do estado, enquanto, em 2015 se concentraram na região nordeste do Estado. Em termos de internação, o maior número se concentra na região oeste do estado. Em relação a precipitação (umidade), em 2014 menores valores foram encontrados no norte e centro do estado (norte), enquanto, em 2015 valores menores de precipitação se encontram no norte e leste (norte) de Minas Gerais. Com relação a distribuição mensal dos focos de calor, o período crítico dos focos em Minas Gerais nos anos de 2014 e 2015 ocorre entre os meses de julho a outubro, o máximo ocorre em outubro nos dois anos, com a quantidade de 4373 e 3393 focos, respectivamente, meses que também apresentam valores baixos de umidade relativa (até 55%) e precipitação (até 60 mm/mês). A correlação entre RMP e densidade de queimadas não se mostrou tão evidente, sendo necessário avaliar o RMP com as variáveis meteorológicas. Em termos gerais, entre as variáveis analisadas, as que mostraram maior relação com o RMP foi a precipitação e umidade relativa.

Palavras-chave: Focos de calor. Doenças respiratórias. Saúde humana.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Distribuição espacial dos focos (focos/25 km²*ano) de calor em MG com resolução espacial de 25 km para (a) 2014 e (b) 2015 provenientes do sensor MODIS a bordo do satélite AQUA.....13
- FIGURA 2 - Distribuição espacial de precipitação (mm/25 km²*ano) e umidade (%/25 km²*ano) relativa em MG para (a e c) 2014 e (b e d) 2015.).....14
- FIGURA 3 - Distribuição espacial de (a e b) temperatura máxima (°C) e (c e d) intensidade do vento a 2 metros (m/s) em MG para 2014 e 2015.....15
- FIGURA 4 - Distribuição espacial das internações para crianças e idosos nos anos de 2014 e 2015 para cada município de MG proveniente do DATASUS.....16
- FIGURA 5 - Distribuição espacial do cálculo de coeficiente de incidência, por 100.000 habitantes para crianças e idosos nos anos de 2014 e 2015 usando dados do DATASUS.....17
- FIGURA 6 - Distribuição mensal dos focos de calor (focos/mês) e internações (internações/mês) por doenças respiratórias no Estado de MG em (a) 2014, (b) focos em 2014 e internações em 2015 e (c) focos e internações em 2015.....20
- FIGURA 7 - Distribuição mensal da (a e b) precipitação (mm/mês) acumulada e (c e d) umidade (%) relativa média em 2014 e 2015.....21

- FIGURA 8 - Distribuição mensal da (a e b) temperatura máxima (°C) e (c e d) intensidade do vento (m/s) a 2 metros em 2014 e 2015.....21
- FIGURA 9 - Distribuição espacial da Razão de Morbidade Padronizada (RMP) em 2014 e 2015 para (a e b) crianças e (c e d) idosos.....22
- FIGURA 10 - Relação de dispersão entre RMP e a densidade de focos de calor (focos/km²*ano) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.....24
- FIGURA 11- Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Bertópolis, (b) Itueta, (c) Tarumirim, (d) Santa Rita do Itueto, (e) Fernandes Tourinho, com maior RMP para crianças em 2014.....26
- FIGURA 12 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Bertópolis, (b) Itueta, (c) Cuparaque, (d) Santa Rita do Itueto, (e) Consolação com maior RMP para crianças em 2015.27
- FIGURA 13 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Careagu, (b) Cipotânea, (c) Rio Preto, (d) Senador Cortes, (e) Coluna com maior RMP para idosos em 2014.29.

FIGURA 14 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Coluna, (b) Eugenópolis, (c) Careçu, (d) Senador Cortes, (e) Carmo do Rio Claro com maior RMP para idosos em 2015.....30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Comparação entre os dados de atendimento e processamento. Fonte: TABNET.....	8
TABELA 2 - Distribuição mensal dos focos de calor e internações por doenças respiratórias (crianças e idosos) para 2014 e 2015.....	9
TABELA 3 - Municípios sem informação sobre as internações de crianças e idosos no ano de 2014.....	10
TABELA 4 - Municípios sem informação sobre as internações de crianças e idosos no ano de 2015.....	11
TABELA 5 - Os cinco municípios com maior RMP para crianças e idosos em 2014 e 2015.....	23
TABELA 6 - Densidade de focos de calor (focos/km ² *ano) para os cinco municípios com as maiores densidades para crianças e idosos em 2014 e 2015.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ASAS	-	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
AVHRR	-	Advanced Very High Resolution Radiometer
CPTEC	-	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
DAR	-	Doenças do Aparelho Respiratório
DATASUS	-	Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
DPOC	-	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
DSA	-	Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MG	-	Minas Gerais
MODIS	-	Moderate Resolution Imaging Spectro Radiometer
NOAA	-	National Oceanic and Atmospheric Administration
PM _{2,5}	-	Material particulado de diâmetro inferior a 2,5 micrômetros
R	-	Coeficiente de correlação de Pearson
RMP	-	Razão de Morbidade Padronizada
SIH	-	Sistema de informações Hospitalares
SUS	-	Sistema Único de Saúde
TABNET	-	Informações de saúde

LISTA DE ANEXOS

FIGURA A.1 - Relação de dispersão entre RMP e a precipitação (mm/ano) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.....	37
FIGURA A.2 - Relação de dispersão entre RMP e a umidade relativa (%) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.....	37
FIGURA A.3 - Relação de dispersão entre RMP e a temperatura máxima (°C) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.....	38
FIGURA A.4 - Relação de dispersão entre RMP e a intensidade do vento a 2 m (m/s) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.....	38

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3. DADOS E METODOLOGIA	6
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	6
3.2. DADOS UTILIZADOS	6
3.2.1 DADOS DE FOCOS DE CALOR	6
3.2.2 DADOS DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS	7
3.2.3 DADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	7
3.3 METODOLOGIA	8
3.3.1 DISTRIBUIÇÃO ANUAL ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR, DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	8
3.3.2 DISTRIBUIÇÃO MENSAL DOS FOCOS DE CALOR, DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	9
3.3.3 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE OS FOCOS DE CALOR, CRISES RESPIRATÓRIAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 DISTRIBUIÇÃO ANUAL ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR, DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	12
4.2 DISTRIBUIÇÃO MENSAL DOS FOCOS DE CALOR, DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	17
4.3 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE OS FOCOS DE CALOR, CRISES RESPIRATÓRIAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	22
5. CONCLUSÕES	31
6. REFERÊNCIAS	33
A ANEXO A - RELAÇÃO DE DISPERSÃO ENTRE RMP E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS PARA CRIANÇAS E IDOSOS EM 2014 E 2015	37

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a quinta posição entre os países mais poluidores do mundo, registrando aproximadamente 300.000 focos de calor anualmente (INPE, 2020). Esses focos são responsáveis pela destruição de aproximadamente 15 mil km² por ano de florestas naturais. As origens das queimadas estão associadas tanto a fatores naturais, como relâmpagos e longos períodos de seca, quanto a ação humana (preparação do terreno para pastagens e agricultura, desflorestamento e ignição accidental) (CARDOSO et al., 2003; COCHRANE, 2003 apud SANTOS et al., 2019). No Brasil, a maioria das ocorrências de queimadas tem origem antrópica, como as citadas anteriormente.

O Estado de Minas Gerais (MG) ocupa a 7ª posição no ranking da porcentagem de registros de queimadas do Brasil (MARTINS et al., 2020). Tipicamente a ocorrência de queimadas no Estado de MG é decorrente da queima da palha da cana-de-açúcar e áreas de manejo de pastagem para criação de gado (FRANÇA et al., 2012). No Estado de MG, o período de máxima ocorrência de queimadas ocorre entre os meses de julho e outubro, entre a estação seca e início da chuvosa no sudeste do Brasil, sendo setembro o mês de máxima ocorrência (SANTOS et al., 2019). As regiões norte e nordeste do Estado concentram as maiores quantidades de focos de calor, e a sua maior quantidade ocorrem no município de Paracatu, totalizando 3.376 focos de calor em 15 anos de dados, seguido por Araçuaí, com 2.444 focos e Itinga, com 2.236 focos. Dos dez primeiros municípios, 70% estão localizados no bioma Cerrado e 30% estão localizados na Mata Atlântica (SANTOS et al., 2019).

Os satélites meteorológicos são ferramentas importantes e essenciais para a detecção e monitoramento de queimadas sobre extensas regiões. Os sensores a bordo dos satélites capturam a energia eletromagnética emitida pela vegetação em chamadas no comprimento de onda de aproximadamente 4,0 µm, que posteriormente é transformada em temperatura de brilho por meio da equação de Planck, e assim são identificados os focos de calor. Para a detecção de uma queimada é necessário uma extensão mínima de cerca de 30 m extensão x 1 m de largura (INPE, 2020).

Os danos ocasionados pelas queimadas causam prejuízos a fauna e a flora, favorecem a poluição atmosférica causando alterações na composição química do ar, mudanças no microclima local, características do solo, dentre outros (OLIVEIRA, 2002; CARDOSO et al., 2008). A poluição atmosférica pode ser estabelecida como a

presença de substâncias incomuns na atmosfera, como o material particulado, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, ozônio, entre outros, resultado da atividade humana ou de processos naturais, em quantidade considerável para afetar direta ou indiretamente na saúde, bem estar e segurança dos seres vivos (ELSON, 1992 apud CANÇADO et al., 2006). A fuligem e os gases liberados durante as queimadas podem provocar doenças respiratórias como asma, bronquite crônica e infecções respiratórias agudas, especialmente em crianças e idosos, vistos como grupo de risco por estarem mais sujeitos a estes tipos de doenças. Qualquer particulado com um diâmetro inferior a 2,5 μm (PM_{2,5}) é reconhecido como uma ameaça para a saúde humana, bem como uma causa de redução de expectativa de vida (POPE et al., 2009), pois essas partículas ultrafinas se alojam nos alvéolos pulmonares causando inflamações. As doenças do aparelho respiratório representam grande parcela de morbidade e constata-se que 60 % das doenças respiratórias estejam relacionadas aos poluentes ambientais, tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento (WHO, 1999).

Os estudos mencionados reforçam a hipótese que a poluição do ar pode impactar negativamente a saúde humana, e de todos os efeitos na saúde relacionados a poluição do ar, as doenças respiratórias são as mais relevantes (POPE e DOCKERY, 2006). Embora seja evidente os impactos provenientes das queimadas em casos de crises respiratórias, as consequências dos efeitos das queimadas na saúde humana ainda são escassas. Provavelmente, esse fato esteja associado a existência de uma diversidade de aspectos envolvidos e a complexidade em separar causas isoladas de um determinado efeito. Pesquisas em saúde ambiental são bastante complexas, pois a saúde humana depende de uma série de fatores interligados como: exógenos (bióticos e abióticos), endógenos (fisiológicos e anatômicos), comportamentais (psicológicos, sociais e culturais) e da densidade demográfica (AUDY, 1971 apud RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002). Os efeitos associados à ocorrência de queimadas compõem uma importante causa de morbidade e mortalidade global.

1.1 Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar a possível relação entre a ocorrência de focos de calor e os registros de internações por crises respiratórias no Estado de Minas Gerais nos anos de 2014 e 2015. Como objetivos específicos têm-se:

- Identificar as regiões ou municípios com maior incidência de internações por doenças do aparelho respiratório;
- Identificar as regiões de maior ocorrência de focos de calor;
- Identificar as regiões ou municípios com a maior força de internação por doenças do aparelho respiratório.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As queimadas juntamente com os poluentes gasosos e o material particulado fino apresentam implicações direta para o sistema respiratório, principalmente em grupos mais vulneráveis (IGNOTTI et al., 2007). Entretanto, os efeitos das queimadas sobre a saúde humana têm sido pouco estudados. As grandes queimadas ocorridas na Tailândia (1997), Indonésia (1997) e Brasil, como em Roraima (1997 e 1998), Mato Grosso (1998) e Pará (1998) (COCHRANE, 2000), proporcionaram um aumento no interesse para o problema de saúde pública (CARMO et al., 2010). Por exemplo, de acordo com Brauer (1998, apud CANÇADO et al., 2006) na Indonésia em 1997, houve 1.500 focos de incêndios que queimaram 4,5 milhões de hectares de florestas, e foi notado um aumento nos atendimentos por asma, bronquite crônica e infecções respiratórias agudas. Milhões de pessoas foram impactadas tanto na Indonésia quanto na Malásia, porém partículas de fumaça chegaram até a Tailândia e as Filipinas (FANG et al., 1999).

No Brasil as consequências em relação à saúde pública não são as mesmas que no Sudeste Asiático. Este fato é devido à densidade demográfica do Brasil ser menor em relação a essa região, contudo o fenômeno também é bastante presente (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002). Um dos acontecimentos mais importantes foi o

incêndio de 1998, em Roraima, onde as queimadas foram utilizadas para limpar pastagens, savanas e destruíram uma enorme área (COCHRANE, 2000). As consequências para o meio ambiente foram críticas; e os impactos a saúde humana não foram muito agravados, pois o Estado não possuía uma população muito grande (250 mil habitantes na época) (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002). Ao longo do arco do desmatamento também é observado o mesmo risco, pois esta região concentra a grande maioria das queimadas que ocorrem no Brasil (IGNOTTI et al., 2007). Contudo, as queimadas não estão limitadas à Amazônia, uma vez que em quase todo o país as queimadas são utilizadas para limpar pastagens e restos de colheitas.

Em relação ao Estado de Minas Gerais (MG), Pereira et al. (2014) utilizaram 11 anos de dados do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), de 1999 a 2009, provenientes dos satélites NOAA-12 e NOAA-15 para estudar os focos de calor no Estado. Os autores registraram uma média de 6.121 focos anualmente e uma densidade de 1,1 focos de calor por 1000 hectares e as maiores ocorrências foram observadas no mês de outubro e no setor norte e nordeste do estado. De acordo com Santos et al. (2019) o período de máxima ocorrência de queimadas em MG ocorre de julho a outubro, entre a estação seca e início da chuvosa no sudeste do Brasil.

Alguns estudos centrados no Brasil avaliaram a relação entre as queimadas e seus efeitos na saúde (MASCARENHAS et al., 2005; LOPES e RIBEIRO, 2006; SOUZA, 2008; CASTRO et al., 2009; CARMO et al., 2010; ANDRADE, 2011). Por exemplo, em 2005, na cidade de Rio Branco, foi avaliada a relação entre a concentração diária de PM_{2,5} e o número de atendimentos diários de emergência por doença respiratória no mês de setembro, pois foi observado uma elevada concentração de fumaça devido as queimadas. Em crianças menores de 10 anos, o número de atendimentos aumentou, e uma correlação positiva entre a concentração do material particulado e atendimentos de asma foi observada (MASCARENHAS et al., 2005). Também no município de Rio Branco, Souza (2008) relacionou o aumento dos focos de calor captados pelo sensor AVHRR a bordo do satélite da série NOAA com as internações hospitalares em crianças menores de quatro anos e idosos com idade superior a 65 anos no período de 2000 a 2006. Os resultados mostraram a existência de uma relação entre o aumento no número de internações e a quantidade de focos de calor observados por satélite. No estado de Rondônia, Castro et al. (2009) analisaram a tendência nos casos de mortalidade por doenças respiratórias em idosos, para o período de 1998 a 2005. Foram utilizadas variáveis como a taxa de

mortalidade por Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) e a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e o número de focos de calor. Os autores observaram uma correlação positiva e significativa entre o número de focos de calor e as taxas de mortalidade por DAR e DPOC, o que explica entre 50% e 80% da mortalidade pelas doenças estudadas em idosos na região.

Carmo et al. (2010) investigaram os efeitos de curto prazo da exposição ao material particulado de queimadas da Amazônia na demanda diária de atendimento ambulatorial por doenças respiratórias de crianças e de idosos por meio de um estudo epidemiológico com delineamento ecológico de séries temporais. Os resultados mostraram um incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis de exposição ao material particulado e estava relacionado a aumentos de aproximadamente 2,9 e 2,6% nos atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias de crianças no sexto e sétimo dia seguido à exposição. Em relação aos idosos, não foram encontradas associações significativas. Os resultados mostraram que os níveis de material particulado das queimadas na Amazônia estão associados aos efeitos adversos à saúde respiratória de crianças. Andrade (2011) relacionou a exposição ao material particulado $\text{PM}_{2,5}$ e a ocorrência de internações hospitalares por doenças respiratórias no município de Manaus. Porém a relação não se mostrou tão evidente. A conclusão mostrou que as internações hospitalares em Manaus estão mais associadas às condições meteorológicas. No município de Bauru no Estado de São Paulo, foi realizado um estudo para verificar a possível correlação entre os produtos das queimadas de cana-de-açúcar e a incidência de problemas respiratórios no período de 2000 a 2004. Os autores observaram uma maior incidência de doenças respiratórias em regiões onde há a prática mais intensa de queimadas geradas pela queima da cana-de-açúcar (LOPES e RIBEIRO, 2006). Portanto, estudos em vários locais do Brasil correlacionaram eventos de poluição do ar associados a emissões de queimadas com danos à saúde. Acompanhar a dinâmica das queimadas é essencial para proporcionar a tomada de decisão em relação a medidas de controle de sua ocorrência. No entanto, no Estado de MG um estudo detalhado neste contexto ainda não foi realizado.

3. DADOS E METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

O presente estudo reside no âmbito epidemiológico do tipo ecológico espaço-temporal, e foi analisado nos municípios do Estado de MG. O Estado de MG está localizado na região sudeste do Brasil, entre as latitudes 14°13'57" S e 22°55'47" S e as longitudes 39°51'24" W e 51°02'56" W e sua extensão territorial é de 586.521,123 km² (IBGE, 2019). Sendo constituído por 853 municípios e uma população estimada de 21.292.666 habitantes para o ano de 2020 (IBGE, 2020). É formado por quatro biomas: Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e campos rupestres de altitude, sendo o Cerrado o bioma mais predominante. Em relação as suas características climáticas, no verão os totais de precipitação são maiores, correspondendo a quase 60% do total anual (REBOITA et al., 2015b). O motivo de MG ser o foco do estudo é sua incidência de focos de calor, em sua maioria devido ao fato da expansão agrícola. O ano de 2014 e 2015 foram escolhidos para o presente estudo, pois registraram secas severas na região Sudeste do Brasil (COELHO et al., 2016), condição a qual facilita a ação de queimadas. Em 2014, MG ocupou o quinto lugar no número de queimadas (6,4%) no ranking nacional, atrás somente dos Estados: Pará (20,2%), Mato Grosso (14,2%), Maranhão (14%) e Tocantins (8%) (INPE, 2020).

3.2. Dados utilizados

3.2.1 Dados de focos de calor

Os focos de calor foram obtidos por meio do banco de dados da plataforma do Programa Queimadas do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) (<http://www.inpe.br/queimadas/portal>). Esses dados são processados operacionalmente na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do CPTEC/INPE e são de acesso livre. As informações utilizadas são do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectro Radiometer* (MODIS) que está a bordo do satélite de órbita polar AQUA (OSCAR, 2020), correspondendo à passagem vespertina. O sensor MODIS possui 36 canais compreendendo as faixas do visível e infravermelho, e o canal utilizado para detecção de queimadas é 4,05 µm, com resolução espacial de 1

km. Os dados utilizados compreendem as informações como: data, hora, localização (latitude e longitude) do foco de calor, nome do município e tipo de bioma.

3.2.2 Dados de internações por doenças respiratórias

Foram utilizados dados dos registros de internações hospitalares de crianças menores de dez anos de idade e idosos maiores de 60 anos no período de 2014 e 2015 para todos os municípios do Estado de MG. Para selecionar os casos referentes ao estado de MG foi utilizado o local de residência como parâmetro do paciente. Os casos selecionados abrangem as doenças do aparelho respiratório (DAR) e foram obtidos através do aplicativo TABNET do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) (DATASUS) (<https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>).

A justificativa da análise utilizando o local de residência como referência e não pelo local de internação é devido à suposição de que a exposição é mais provável no local onde o paciente reside. Indivíduos residentes em municípios pequenos podem ser conduzidos aos hospitais dos municípios maiores que possuem melhor estrutura hospitalar. Foram analisados os dados de internações hospitalares no ano de 2015 também, pois será investigado se os focos de calor ocorridos em MG no ano de 2014, influenciam na saúde em 2015. Também foram obtidas por meio do aplicativo TABNET a população residente por município de MG para os anos de 2014 e 2015.

3.2.3 Dados das variáveis meteorológicas

Com o objetivo de avaliar a possível relação entre os focos de calor, internações e as variáveis meteorológicas para o Estado de MG foram utilizados dados observados provenientes do banco de dados disponibilizados por Xavier et al. (2016, <<https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>>). Foram utilizados dados mensais de temperatura máxima (Tmax), umidade relativa (RH), intensidade do vento a 2 m (u2) e precipitação (Prec) para os anos de 2014 e 2015. Esses dados estão em pontos de grade com resolução espacial de 0,25 graus em latitude e longitude.

3.3 Metodologia

3.3.1 Distribuição anual espacial dos focos de calor, doenças respiratórias e variáveis meteorológicas

Foi analisada a distribuição anual dos focos de calor, através de um mapa espacial cujos dados correspondem ao satélite de referência AQUA, para os anos de 2014 e 2015, em que foram detectados 11337 e 9490 focos de calor para o Estado de MG, respectivamente. Em relação as variáveis meteorológicas, também foi verificada sua distribuição espacial nos dois anos estudados. Para a análise das doenças respiratórias, primeiramente foi feita uma comparação entre os dados de processamento, que representa o período do processamento da informação, geralmente corresponde ao período da alta, e os dados de atendimento, período equivalente a data de atendimento do paciente na unidade de saúde (Tabela 1).

Tabela 1 – Comparação entre os dados de atendimento e processamento de crianças e idosos para 2014 e 2015.

Ano	Atendimento		Processamento	
	Crianças	Idosos	Crianças	Idosos
2014	39725	51866	41037	54629
2015	37264	52774	38785	55628

Fonte: TABNET.

Como o dado de atendimento corresponde a data em que o paciente foi de fato atendido, todas as análises foram feitas a partir dele. Dessa forma seria melhor visualizada a relação entre a data da queimada e a data que o paciente começa a sentir os sintomas. Então foram realizados gráficos espaciais das doenças respiratórias para os anos de 2014 e 2015 para MG. Porém, existem cidades com um número muito maior de habitantes que outras. Assim, com os dados obtidos da população residente por município de MG para os anos de 2014 e 2015 foi calculado o Coeficiente de Incidência, por 100.000 habitantes. Esse cálculo consiste na divisão entre o número de internações e a população para cada ano e faixa etária. Para que assim, seja possível uma comparação normalizada entre os municípios.

3.3.2 Distribuição mensal dos focos de calor, doenças respiratórias e variáveis meteorológicas

Os focos de calor e doenças respiratórias foram tabelados para a análise da distribuição mensal, de acordo com cada mês de 2014 e 2015 (Tabela 2), e assim feita a confecção de gráficos lineares para visualização no decorrer do ano. As variáveis meteorológicas também foram organizadas desta forma.

Tabela 2 – Distribuição mensal dos focos de calor e internações por doenças respiratórias (crianças e idosos) para 2014 e 2015.

	2014			2015		
Mês	Focos	Crianças	Idosos	Focos	Crianças	Idosos
Janeiro	130	1974	4116	127	1684	4053
Fevereiro	121	2115	3425	69	2188	3210
Março	62	3588	3915	62	4603	4203
Abril	145	5121	4586	85	5641	4390
Maio	208	6091	5634	109	5614	5673
Junho	344	4600	5401	192	4225	6092
Julho	537	3082	4988	272	3264	5851
Agosto	1791	3393	5320	962	2477	5094
Setembro	3154	3128	4818	2631	2433	4499
Outubro	4373	2828	4399	3393	2165	4254
Novembro	349	2376	3174	1340	1772	3325
Dezembro	123	1429	2090	248	1198	2130
Total	11337	39725	51866	9490	37264	52774

3.3.3 Análise da relação entre os focos de calor, crises respiratórias e variáveis meteorológicas

Com os dados de doenças respiratórias de cada município de MG em 2014 e 2015 foi feito o cálculo da Razão de Morbidade Padronizada (RMP). Este parâmetro é calculado por meio dos coeficientes de morbidade por ano (Cl_i, MG ; Equação 1), o número de notificações esperadas (I_e) (Equação 2) e a RMP (Equação 3).

$$Cl_i, MG = (O_{i,j} / PopMG_i) \times 100.000 \quad (1)$$

$$I_e = (C_{li,MG} \times Pop_{i,j}) / 100.000 \quad (2)$$

Onde: $O_{i,j}$ = Notificações observadas no ano i , na cidade j , na série histórica estudada;

$Pop_{i,j}$ = População no ano i , da cidade j , na série histórica estudada;

$C_{li,MG}$ = Coeficiente de incidência em Minas Geras, no ano i .

$$RMP = \text{Notificações observadas} / \text{Notificações esperadas} \quad (3)$$

Porém, alguns municípios não tiveram informações sobre as internações (Tabela 3 e 4). Após a exclusão dessas cidades para cada caso foi calculado o RMP.

Tabela 3 – Municípios sem informação sobre as internações de crianças e idosos no ano de 2014.

Crianças	Idosos
Bandeira	Claraval
Belmiro Braga	Dom Bosco
Cascalho Rico	Santa Rosa da Serra
Chiador	Santo Hipólito
Florestal	
Itacambira	
Olímpio Noronha	
Oliveira Fortes	
Paiva	
Pedra do Indaiá	
Pedrinópolis	
Pedro Teixeira	
Piau	
Rio Doce	
Santa Rita de Ibitipoca	
Santo Hipólito	
Sem-Peixe	
Serra da Saudade	
Serranos	
Tiros	
Vargem Grande do Rio Pardo	

Tabela 4 – Municípios sem informação sobre as internações de crianças e idosos no ano de 2015.

Crianças	Idosos
Belmiro Braga	Água Comprida
Bom Jardim de Minas	Formoso
Braúnas	Morro do Pilar
Descoberto	São José do Divino
Dom Viçoso	São Sebastião do Rio Preto
Glaucilândia	
Ibituruna	
Oliveira Fortes	
Pedro Teixeira	
Piedade de Ponte Nova	
Rochedo de Minas	
Santa Fé de Minas	
Santana do Garambéu	
São João da Mata	
São Sebastião do Rio Preto	
São Sebastião do Rio Verde	
Sem-Peixe	
Tapiraí	

Com os valores de RMP foram destacados os municípios em que o valor de RMP é significativo. A definição de municípios com valor significativo é baseada no intervalo de confiança inferior (ICI) (Equação 4) e intervalo de confiança superior (ICS) (Equação 5). Se o valor 1 estiver presente entre o limite inferior e superior do intervalo de confiança, então não terá significância estatística. Entretanto, se o valor 1 não estiver dentro do intervalo, será significativo (KELSEY et al. 1996). Foi utilizado o intervalo de confiança de 95%.

$$ICI = ((\sqrt{O_{i,j}}) - 1,96 \times 0,5)^2 / I_e \quad (4)$$

$$ICS = ((\sqrt{O_{i,j}}) + 1,96 \times 0,5)^2 / I_e \quad (5)$$

Nos municípios em que o RMP é significativo foi realizada uma divisão entre o número de focos de calor de cada município e sua área territorial (IBGE, 2019).

Também foi calculado os valores de RMP mensal, e sua relação com os valores de focos de calor e as variáveis meteorológicas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Distribuição anual espacial dos focos de calor, doenças respiratórias e variáveis meteorológicas

A Figura 1 mostra a distribuição espacial anual dos focos de calor em MG. Esse gráfico espacial mostra a detecção de 11337 e 9490 focos de calor para os anos de 2014 e 2015, respectivamente. No ano de 2014 os focos se concentraram nos setores centro-sul do estado (Figura 1a), e é possível notar uma faixa com valores mais altos (>20 focos/ano) de focos do nordeste até a região central do Estado, enquanto que, em 2015 são concentrados na região nordeste (Figura 1b).

Os municípios com maior incidência de focos de calor em 2014 foram Paracatu (268 focos), Unaí (170 focos) e Itinga (151 focos), e situam-se a noroeste e nordeste do estado. E em 2015, os municípios com maior incidência de focos de calor foram Almenara (224 focos), Diamantina (188 focos) e Arinos (168 focos). Essa diferença espacialmente pode estar associada ao regime de precipitação dos anos analisados (SANTOS et al., 2018).

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial da precipitação e a umidade relativa para os dois anos estudados. Para o ano de 2014 nota-se regiões com menor intensidade (<700 mm/ano) de precipitação no norte e centro do estado (Figura 2a), enquanto que, em 2015 valores menores (<700 mm/ano) de precipitação se encontram no norte e leste de Minas Gerais (Figura 2b). Estudos apontam que o setor sul de MG é o mais chuvoso (SIQUEIRA et al., 2007; VIOLA et al., 2010; MELLO e VIOLA, 2013). Nota-se que no ano de 2015 a região oeste e sul do estado possui valores maiores (>1400 mm/ano) de precipitação em relação ao ano anterior, provavelmente devido a seca que atingiu a região. A seca de 2014 no sudeste do Brasil foi devida a diversos fatores, entre eles, o deslocamento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) para oeste de sua posição climatológica o que colaborou para diminuir a convecção sobre o sudeste do Brasil (COELHO et al., 2016). Segundo Reboita et al. (2015a) o ano de 2015 também teve parte do verão considerado anormalmente seco. No estudo de Pereira et al. (2014), em que foi analisado o histórico de focos ativos no estado de Minas Gerais durante os anos de

1999 e 2009, concluiu-se que as regiões Norte e Nordeste apresentaram uma alta frequência e alta densidade de focos ativos, contudo dados de precipitação não foram analisados. Em relação a umidade relativa, no norte do estado nota-se uma extensa região com baixos (60-70%) valores ao longo dos dois anos (Figura 2c-d) compreendendo as regiões norte-nordeste e oeste do estado. No ano de 2015, alta (>20 focos/ano) ocorrência de focos de calor (Figura 1b) se concentram também na porção nordeste de MG. A umidade relativa do ar e a temperatura estão relacionadas com a umidade da vegetação, e seu baixo valor é umas das principais condições ambientais que ajudam em uma maior facilidade de ignição do fogo (ALVES et al., 2009).

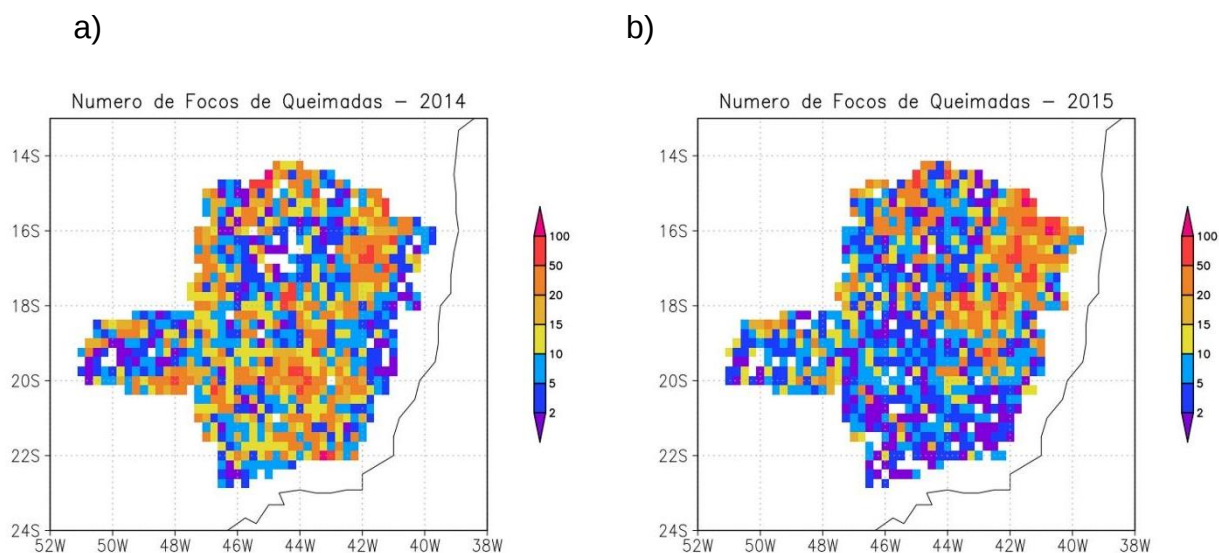


Figura 1 - Distribuição espacial dos focos (focos/25 km²*ano) de calor em MG com resolução espacial de 25 km para (a) 2014 e (b) 2015 provenientes do sensor MODIS a bordo do satélite AQUA.

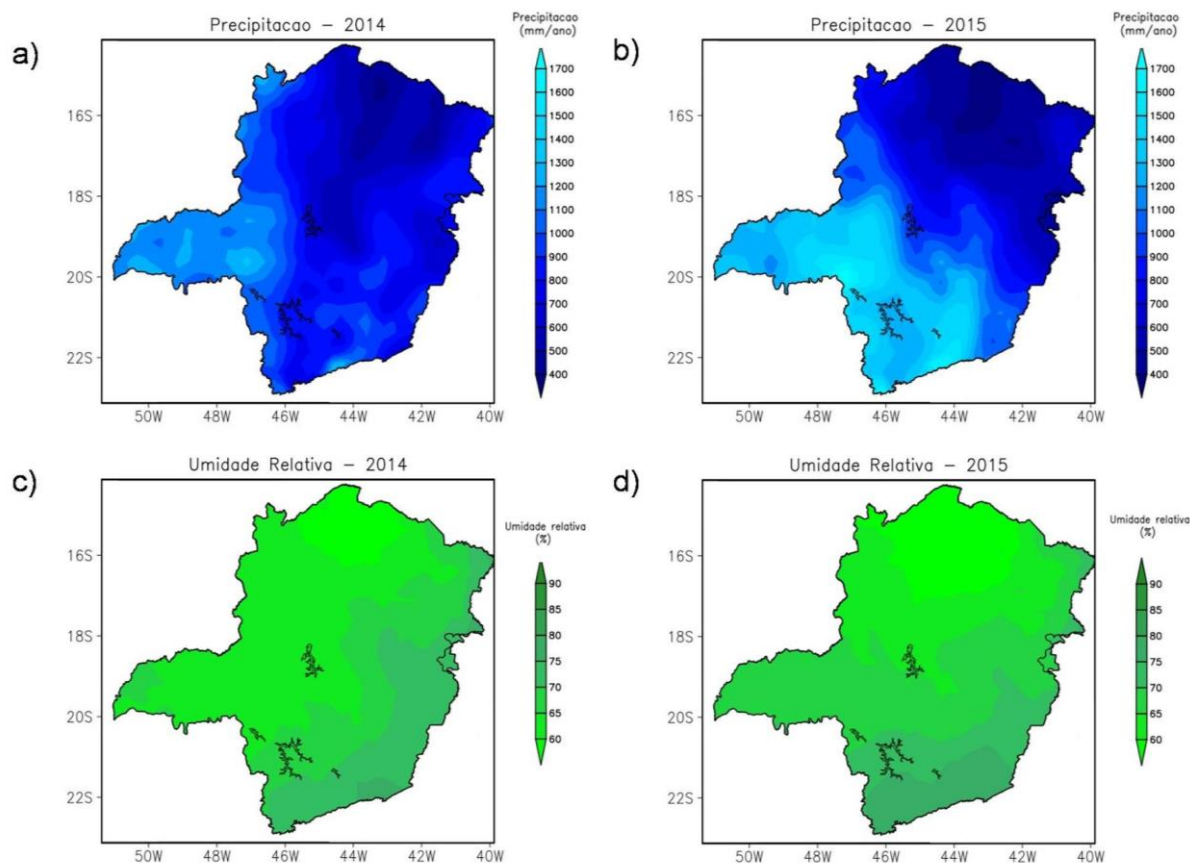


Figura 2 - Distribuição espacial de precipitação (mm/25 km²*ano) e umidade (%/25 km²*ano) relativa em MG para (a e c) 2014 e (b e d) 2015.

A distribuição espacial da temperatura máxima e intensidade do vento a 2 metros em 2014 e 2015 são apresentadas na Figura 3. A região norte e oeste do estado de MG se destacam com os maiores (>32°C) valores de temperatura máxima. Em adição, na região norte é possível observar na Figura 1a alta (>20 focos/ano) incidência de focos de calor. Já no ano de 2015 a temperatura máxima é maior (>31°C) que 2014 na região nordeste do estado, onde é visto um predomínio de focos de calor (>20 focos/ano) neste ano (Figura 1b). Em relação a intensidade do vento, em 2014 e 2015 nota-se uma distribuição aproximadamente homogênea (~1,6 m/s) da intensidade do vento no estado, com alguns pontos de destaque como o norte (> 2 m/s) e centro-sul (>2 m/s) do estado (Figura 3c). Importante salientar que o vento não provoca o foco de calor, mas afeta a propensão do incêndio (JAISWAL et al., 2002), sendo assim importante analisar esta variável.

Nos anos de 2014 a 2015 foram registrados no Estado de MG um total de 39725 e 37264 internações hospitalares por doenças respiratórias, respectivamente, em crianças menores de 10 anos de idade (Figura 4). E para maiores de 60 anos de idade um total de 51866 e 52774 internações em 2014 e 2015, respectivamente. Na Figura 4 é mostrada a distribuição espacial dessas internações. Pode-se observar, que há municípios com o mesmo padrão de internação para crianças e idosos, e que o maior (valores de até 6000 internações/ano) número de internações se concentra na região oeste do estado, no triângulo mineiro, região que se concentram temperaturas altas (Figura 3). Nota-se que a quantidade de internações de idosos é superior a crianças. A vulnerabilidade biológica de crianças em relação a poluição atmosférica decorre do tamanho reduzido de seus pulmões e ao incompleto desenvolvimento de seus mecanismos de defesa (SOUZA, 2008). Nos idosos, a baixa imunidade e a redução da função ciliar (mecanismo de autolimpeza da mucosa nasal) favorecem para aumentar a vulnerabilidade do aparelho respiratório relacionados aos poluentes do ar (GONÇALVES et al., 2012).

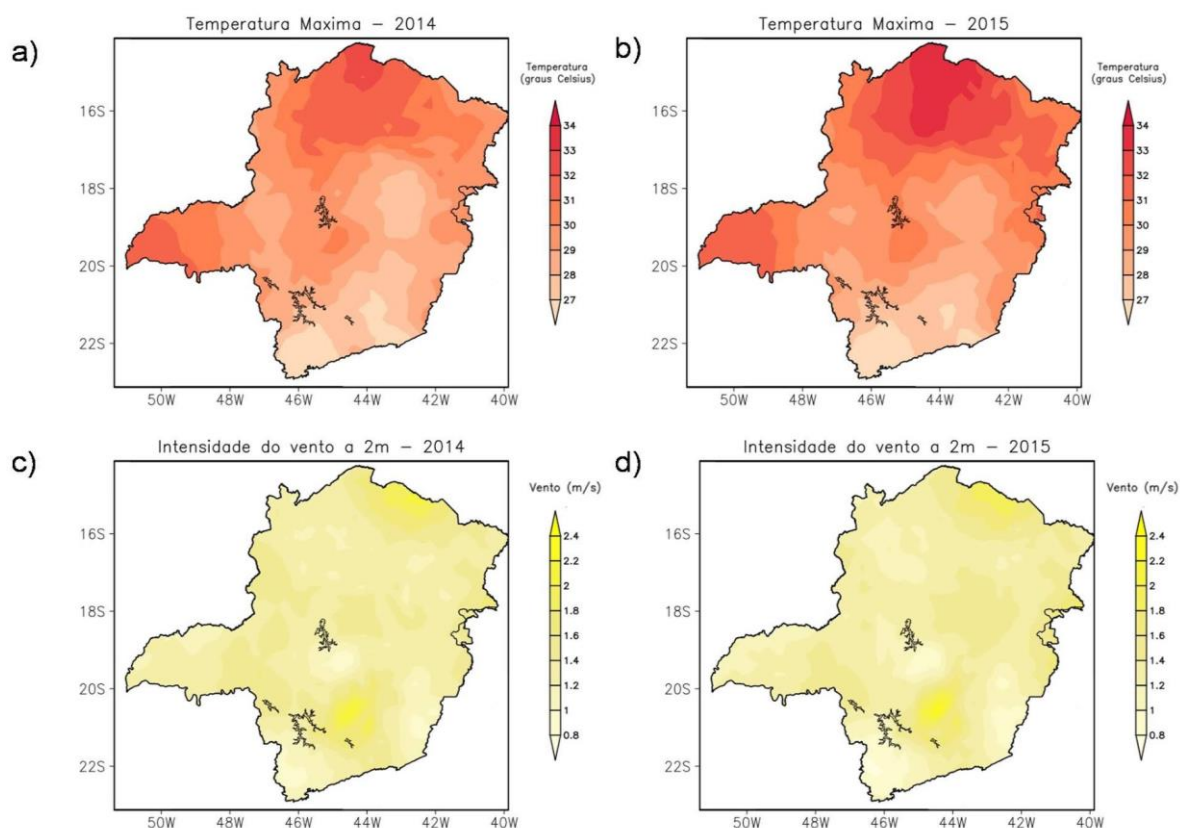


Figura 3 - Distribuição espacial de (a e b) temperatura máxima (°C) e (c e d) intensidade do vento a 2 metros (m/s) em MG para 2014 e 2015.

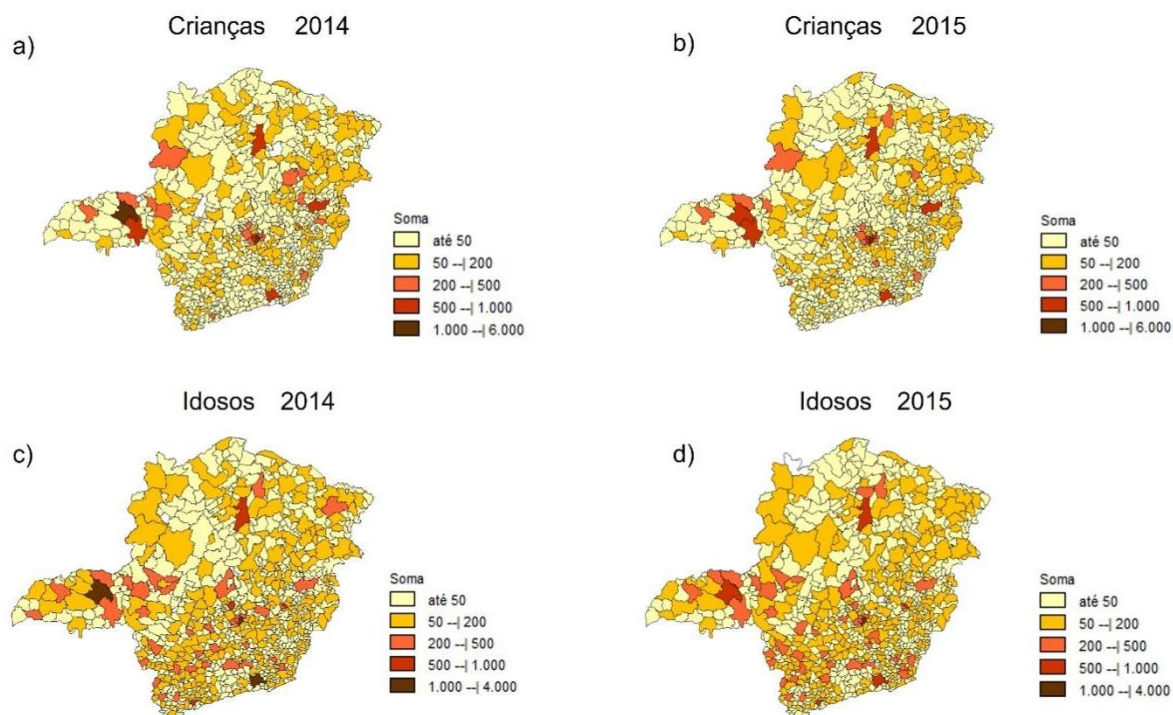


Figura 4 - Distribuição espacial das internações para crianças e idosos nos anos de 2014 e 2015 para cada município de MG proveniente do DATASUS.

Na Figura 5 é mostrado o resultado do cálculo do coeficiente de incidência de internações por 100.000 habitantes. Esse coeficiente é calculado através da divisão entre o número de internações e a população de cada ano e faixa etária, para que assim seja realizada uma melhor comparação entre os municípios. Em relação as crianças a Figura 5a-b mostra uma concentração dos maiores valores (até 15000 internações/ano) na região nordeste do Estado em ambos os anos. Diferente do mapa feito somente com as internações, o que demonstra que a quantidade de pessoas residentes em cada município é uma variável importante a ser considerada. Em relação aos idosos não existe um município em específico em destaque (Figura 5c-d).

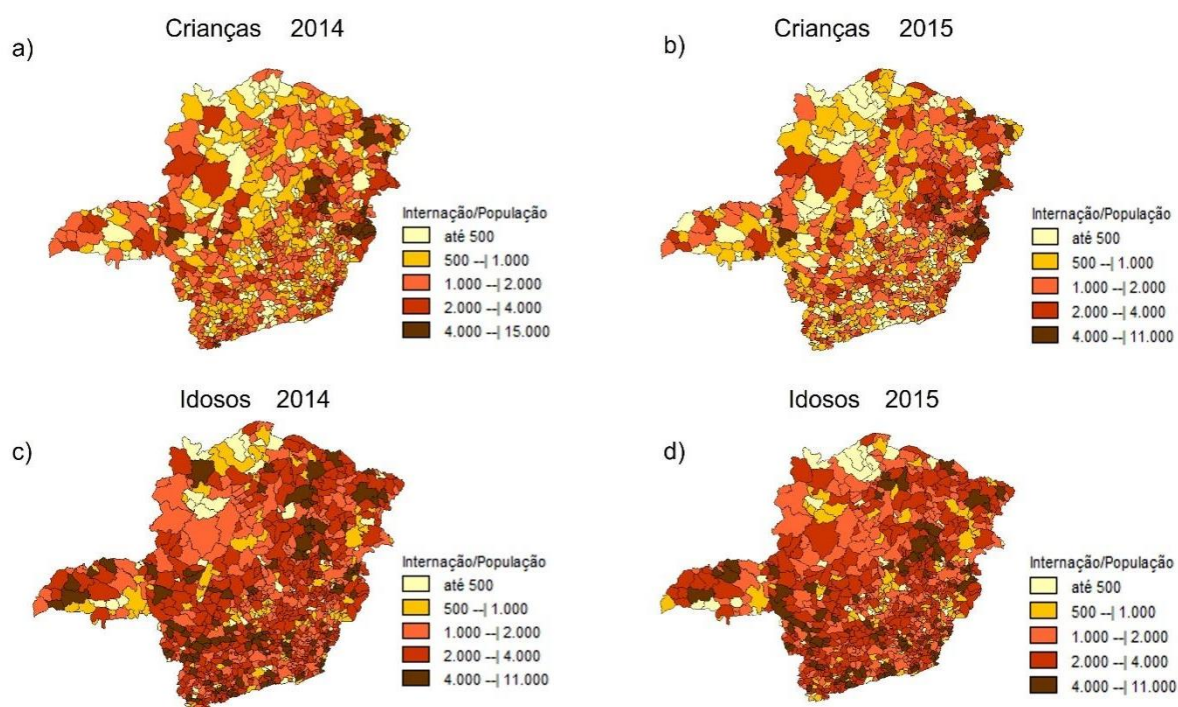


Figura 5 - Distribuição espacial do cálculo de coeficiente de incidência por 100.000 habitantes para crianças e idosos nos anos de 2014 e 2015 para cada município de MG usando dados do DATASUS.

4.2 Distribuição mensal dos focos de calor, doenças respiratórias e variáveis meteorológicas

Em relação a distribuição mensal dos focos de calor, o máximo ocorre em outubro nos dois anos, com a quantidade de 4373 (Figura 6a) e 3393 (Figura 6c) focos, respectivamente. O período de maior concentração corresponde aos meses de julho e outubro. Esse período está dentro da estação seca na região sudeste do Brasil, que acontece de abril até meados de outubro (SILVA e REBOITA, 2013), sendo o período mais suscetível à ocorrência de queimadas, em função da baixa umidade do ar e ausência de precipitação, o que torna a vegetação mais seca (TEBALDI et al., 2012). Ressalta-se que os máximos registros de focos de calor não ocorrem ao longo de todo o inverno, pois no início do inverno o solo ainda possui armazenamento de água o que ajuda a maior evapotranspiração da vegetação colaborando para um ambiente mais úmido, mas esse armazenamento não perpetua por muito tempo, assim em julho inicia-se o aumento de ocorrências de focos de calor (SANTOS et al., 2019). Essa

variabilidade mensal observada no presente estudo é semelhante aos resultados de Pereira et al. (2014). Esses autores mostraram que o período com maior ocorrência de focos ativos foi de julho a novembro em MG, apresentando pico em outubro, e tais resultados sugeriram uma relação com o regime mensal de precipitação e a limpeza de pastos, tendo em vista o plantio agrícola ou silvícola, e a limpeza para colheita, ou eliminação de pragas e plantas invasoras, podendo ser um dos motivos do aumento da ocorrência de focos de calor (JACQUES, 2003). Em regiões onde a agricultura é praticada com menor grau de tecnificação o uso do fogo é comum (LARA et al., 2007). Santos et al. (2019) demonstraram que o período de máxima ocorrência de queimadas ocorre de julho a outubro, entre a estação seca e início da chuvosa no sudeste do Brasil. Sendo setembro o mês de máxima ocorrência, e de maneira geral, seus resultados apresentaram que a precipitação é um fator ambiental importante na distribuição dos focos de calor em Minas Gerais.

Em relação as internações por doenças respiratórias nota-se que a maior ocorrência de internações por problemas respiratórios em crianças até 10 anos no ano de 2014 ocorreu entre os meses de abril e junho, apresentando o pico em maio com 6091 internações (Figura 6a). No ano de 2015 o pico ocorreu no mês de abril com 5641 internações (Figura 6b-c). Em relação as internações em idosos acima de 60 anos, observou-se que o pico de 2014 ocorreu no mês de maio com 5634 internações (Figura 6a) e em 2015 no mês de junho com 6092 (Figura 6b-c). Verifica-se que os picos das queimadas e internações não coincidem.

A princípio, seria analisado somente o ano de 2014, porém também foi investigado os dados de internações hospitalares no ano de 2015. O objetivo foi avaliar se os focos de calor ocorridos em MG no ano de 2014 poderiam influenciar a quantidade de internações em 2015. Nota-se no gráfico que relaciona os focos de 2014 e as internações de 2015 (Figura 6b), que o pico dos focos de calor ocorre em outubro, e os meses de maior ocorrência de internações estão entre abril e junho. Portanto, nota-se um intervalo de tempo grande entre o pico das queimadas e das internações, sendo assim necessário consultar outras variáveis.

Na Figura 7 é mostrada a variação mensal das variáveis total de precipitação e umidade relativa média para os anos de 2014 e 2015. Minas Gerais se encontra em um clima de monção, e assim podem ocorrer mudanças na precipitação. Mais de 50% da precipitação em uma região de monção ocorre na estação chuvosa (MARENGO et al., 2012). Na Figura 7a-b, nota-se que os maiores valores de precipitação ocorrem

nos meses de verão. Estudos apontam que a estação chuvosa em MG ocorre no verão e a seca no inverno (MINUZZI et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007; VIOLA et al., 2010, SOUZA et al., 2011; MELLO e VIOLA, 2013; SILVA et al., 2014). Nota-se maiores valores de precipitação no ano de 2015. É importante destacar também que houve um déficit de precipitação no mês de janeiro dos anos de 2014 e 2015, devido o deslocamento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) para oeste de sua posição climatológica (REBOITA, 2015a). Em termos da umidade relativa, os meses de setembro e outubro foram os com menores valores (Figura 7c-d), meses estes que apresentam a máxima ocorrência de focos de calor.

Na Figura 8 é mostrado a distribuição mensal da temperatura máxima e intensidade do vento a 2 metros de altura. A temperatura é influenciada pelas estações do ano, o inverno é a estação com menores temperaturas máximas (até 29°C), enquanto, na primavera ocorrem os maiores (até 31°C) valores de temperatura máxima, visto que a nebulosidade é menor em comparação ao verão (INMET, 2020). Consequentemente contribui para a grande quantidade de queimadas observada principalmente nos meses de setembro e outubro (SANTOS et al., 2019). Em termos da intensidade do vento, eles possuem maiores valores nos meses de setembro e outubro nos dois anos analisados (Figura 8c-d).



Figura 6 - Distribuição mensal dos focos de calor (focos/mês) e internações (internações/mês) por doenças respiratórias no Estado de MG em (a) 2014, (b) focos em 2014 e internações em 2015 e (c) focos e internações em 2015.

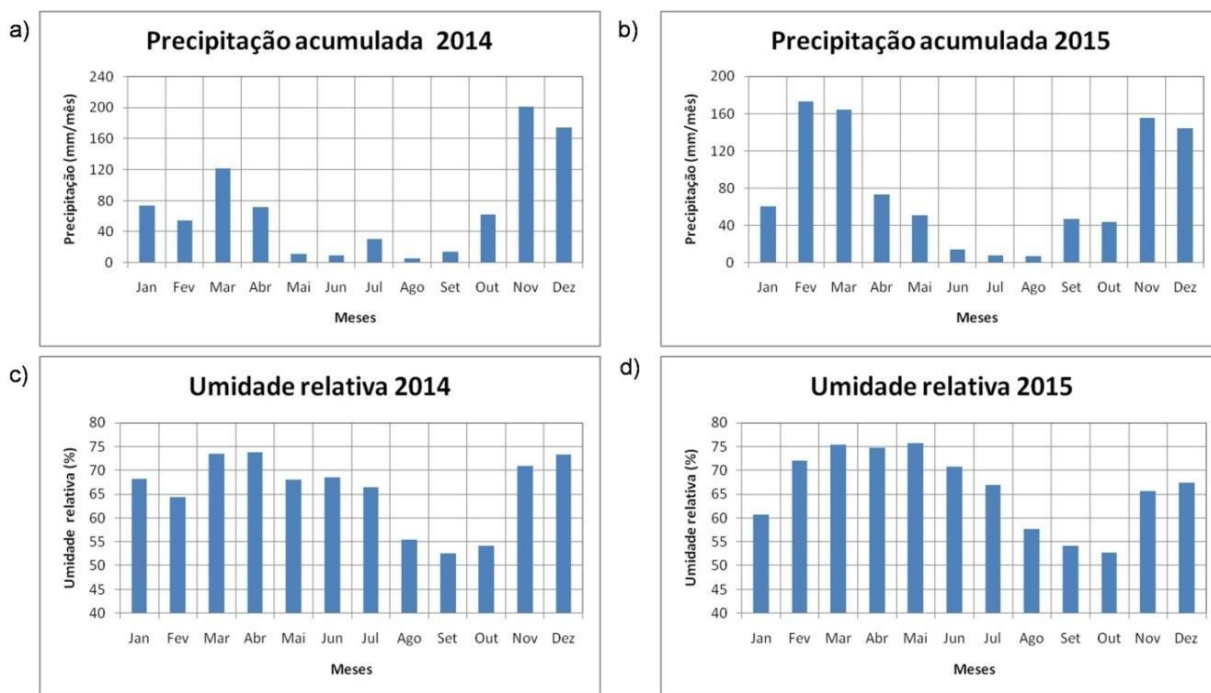


Figura 7 - Distribuição mensal da (a e b) precipitação (mm/mês) acumulada e (c e d) umidade (%) relativa média em 2014 e 2015.

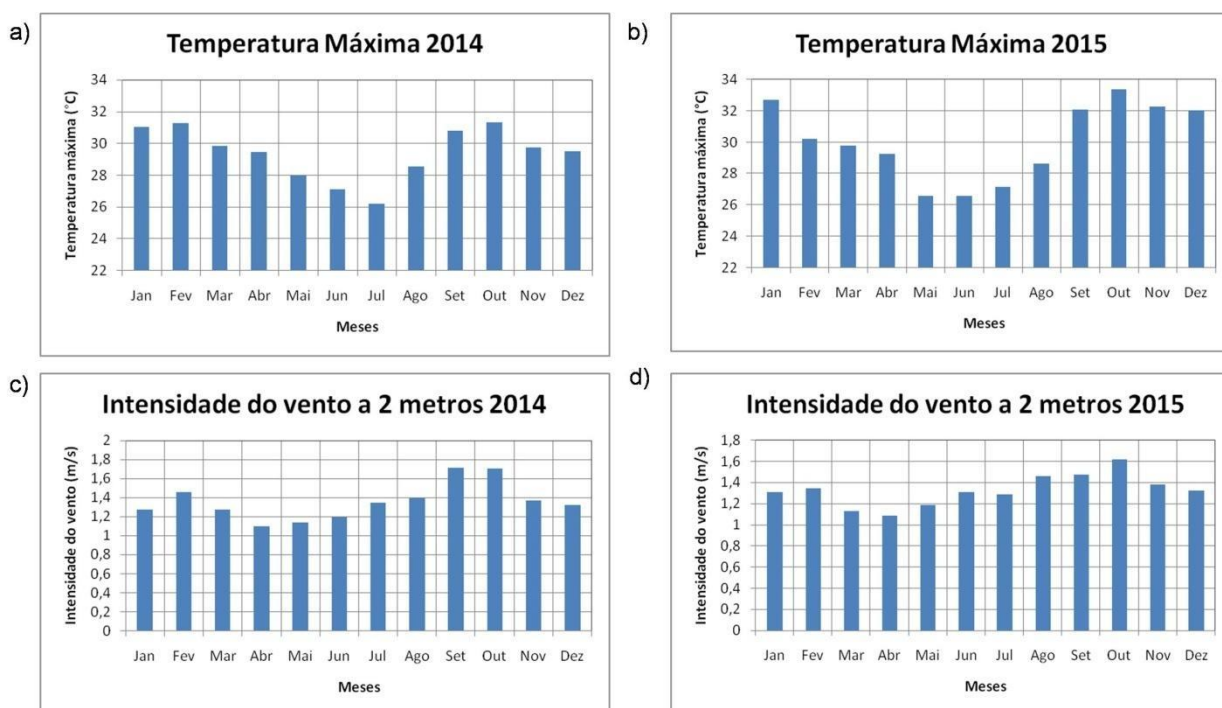


Figura 8 - Distribuição mensal da (a e b) temperatura máxima (°C) e (c e d) intensidade do vento (m/s) a 2 metros em 2014 e 2015.

4.3 Análise da relação entre os focos de calor, crises respiratórias e variáveis meteorológicas

Na Figura 9 é mostrado espacialmente os municípios que possuem valor de RMP significativo para cada ano e faixa etária. Em relação as crianças, as regiões norte e nordeste do estado compreendem os municípios em que a “força” de internação é mais intensa, expressa pelo valor de 1 não estar presente dentro do intervalo de confiança (Figura 9a-b). Em relação aos idosos não é possível destacar uma região, nota-se que os municípios com RMP significativo estão bem distribuídos ao longo de MG (Figura 9c-d). Porém, observa-se que a porção noroeste do Estado de MG possui uma ausência de RMP significativo. Na Tabela 5 é apresentado os 5 primeiros municípios com maior RMP para cada ano e faixa etária.

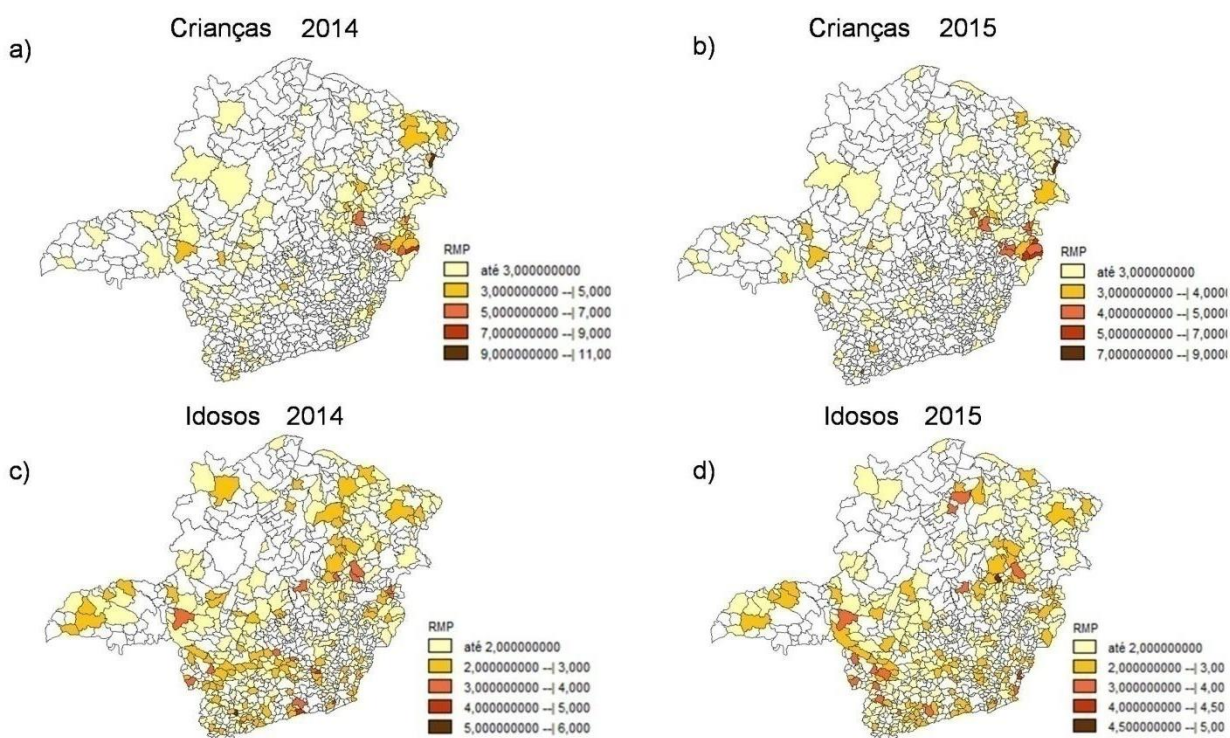


Figura 9 - Distribuição espacial da Razão de Morbidade Padronizada (RMP) em 2014 e 2015 para (a e b) crianças e (c e d) idosos.

Tabela 5 - Os cinco municípios com maior RMP para crianças e idosos em 2014 e 2015.

2014			
Crianças		Idosos	
Municípios	RMP	Municípios	RMP
Bertópolis	10,44	Careaçu	5,32
Itueta	7,37	Cipotânea	4,20
Tarumirim	6,67	Rio Preto	4,17
Santa Rita do Itueto	6,03	Senador Cortes	4,11
Fernandes Tourinho	5,87	Coluna	3,53
2015			
Crianças		Idosos	
Municípios	RMP	Municípios	RMP
Bertópolis	8,08	Coluna	4,96
Itueta	6,92	Eugenópolis	4,25
Cuparaque	6,15	Careaçu	3,86
Santa Rita do Itueto	5,76	Senador Cortes	3,75
Consolação	5,52	Carmo do Rio Claro	3,73

Para os municípios com RMP significativos foi calculada a densidade de focos de calor. Esse parâmetro representa a divisão entre o número de focos de calor de cada município e sua área territorial, sendo expressa em focos de calor por quilômetro quadrado (focos/km²). A Figura 10 mostra a relação de dispersão entre a densidade de focos de calor e RMP para crianças e idosos em 2014 e 2015. Neste tipo de gráfico quanto maior a correlação entre as variáveis, maior será a proximidade dos pontos, ou seja, estarão menos dispersos. Não foi observado uma relação significativa entre as variáveis. Também foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r), que estima a relação existente entre as variáveis. Nota-se que nos quatro casos, o coeficiente é próximo de zero, mostrando que as duas variáveis analisadas apresentam baixa correlação. Esses resultados mostram que outras variáveis ambientais e meteorológicas podem ter uma influência mais direta na ocorrência de focos de calor no Estado de MG. Na Tabela 6 é apresentado os 5 primeiros municípios com maior densidade de calor (focos de calor por área territorial). Comparando a Tabela 5 com a 6 é possível notar que os municípios não coincidem. Uma possível causa para que em Minas Gerais não tenha sido encontrado uma correlação alta entre focos de calor e internações por doenças respiratórias como documentado por outros estudos (MASCARENHAS et al., 2005; LOPES e RIBEIRO, 2006; SOUZA, 2008), é

devido a Minas Gerais não ter um grande quantidade de focos de calor como outros estados.

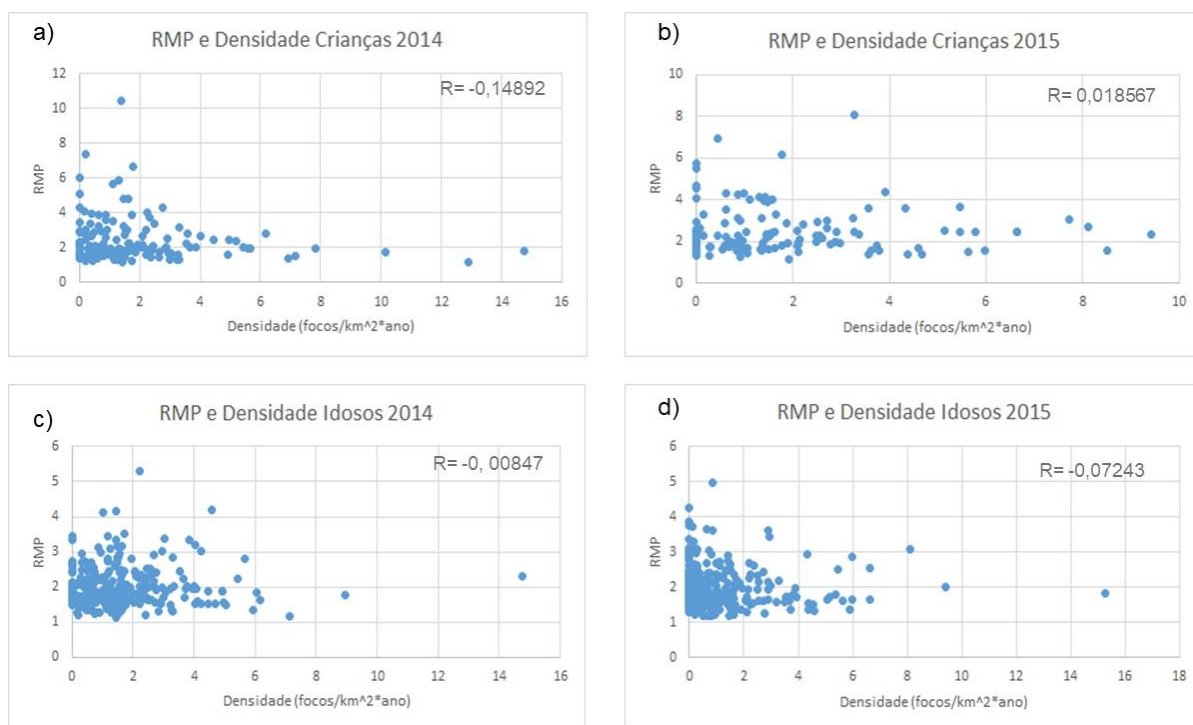


Figura 10 - Relação de dispersão entre RMP e a densidade de focos de calor (focos/km²*ano) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.

Tabela 6 - Densidade de focos de calor (focos/km²*ano) para os cinco municípios com as maiores densidades para crianças e idosos em 2014 e 2015.

2014			
Crianças		Idosos	
Municípios	Densidade	Municípios	Densidade
Caetanópolis	14,74	Caetanópolis	14,74
Ribeirão das Neves	12,89	Caxambu	8,96
Alvorada de Minas	10,16	Esmeraldas	7,14
Brumadinho	7,82	São Pedro do Suaçuí	6,17
Esmeraldas	7,14	Ipuiúna	6,04
2015			
Crianças		Idosos	
Municípios	Densidade	Municípios	Densidade
São Pedro do Suaçuí	9,41	Divisa Alegre	15,28
São Sebastião do Maranhão	8,50	São Pedro do Suaçuí	9,41
Água Boa	8,10	Água Boa	8,10
Águas Vermelhas	7,72	José Raydan	6,64
José Raydan	6,64	Divisópolis	6,63

Também foi analisada a correlação através de gráficos de dispersão entre as médias anuais das variáveis meteorológicas e o RMP anual de cada município (ANEXO A). Porém os resultados não evidenciaram uma correlação entre as variáveis supracitadas. Portanto foi necessário analisar a variação do RMP mensalmente para os 5 municípios que se destacaram em termos anuais (Tabela 5), e relacioná-los com as médias mensais das variáveis meteorológicas. Os resultados são mostrados nas Figuras 11, 12, 13 e 14.

O objetivo dessa análise é verificar como as variáveis meteorológicas interferem na força de internação por doença respiratória. Na Figura 11 são mostrados os municípios que se destacaram em relação a faixa etária de crianças em 2014. É interessante notar que na Figura 11a, os meses de março e junho que apresentam o pico máxima da precipitação possui os valores mais baixos de RMP. Nos meses também de junho e julho em que a umidade está maior (~77%), se encontram os menores (~3,5) valores de RMP. O mesmo ocorre para o município de Itueta (Figura 11b), nos meses de fevereiro e novembro, com uma exceção no mês de julho, em que tanto a precipitação (~50 mm/mês), quanto o RMP (~15) tem picos diretamente proporcionais. Em Tarumirim (Figura 11c), observa-se esse comportamento no mês de junho.

Na Figura 12 são mostrados os municípios que se destacaram em relação a faixa etária de crianças em 2015. No município de Bertópolis (Figura 12a), nos meses de março, maio e junho nota-se alta precipitação (até 110 mm/mês) e baixo RMP (até 4,5), já na cidade de Itueta (Figura 12b) quando apresenta seus maiores valores de umidade relativa (até 79%), o RMP (até 6) apresenta menor valor, e quando ela (~60%) diminui, o RMP (~14) aumenta. Dois municípios interessantes em se destacar para a os idosos em 2014, é Careçu (Figura 13a) e Coluna (Figura 13e). Nesses municípios durante o ano todo pode-se notar o comportamento oposto das variáveis precipitação e RMP. Em relação a estes gráficos, sugere-se também a existência de uma defasagem temporal entre as variáveis meteorológicas e a força de internação; uma análise interessante para futuros. Em termos gerais, entre as variáveis analisadas, as que mostraram maior relação com o RMP foi a precipitação e umidade relativa.

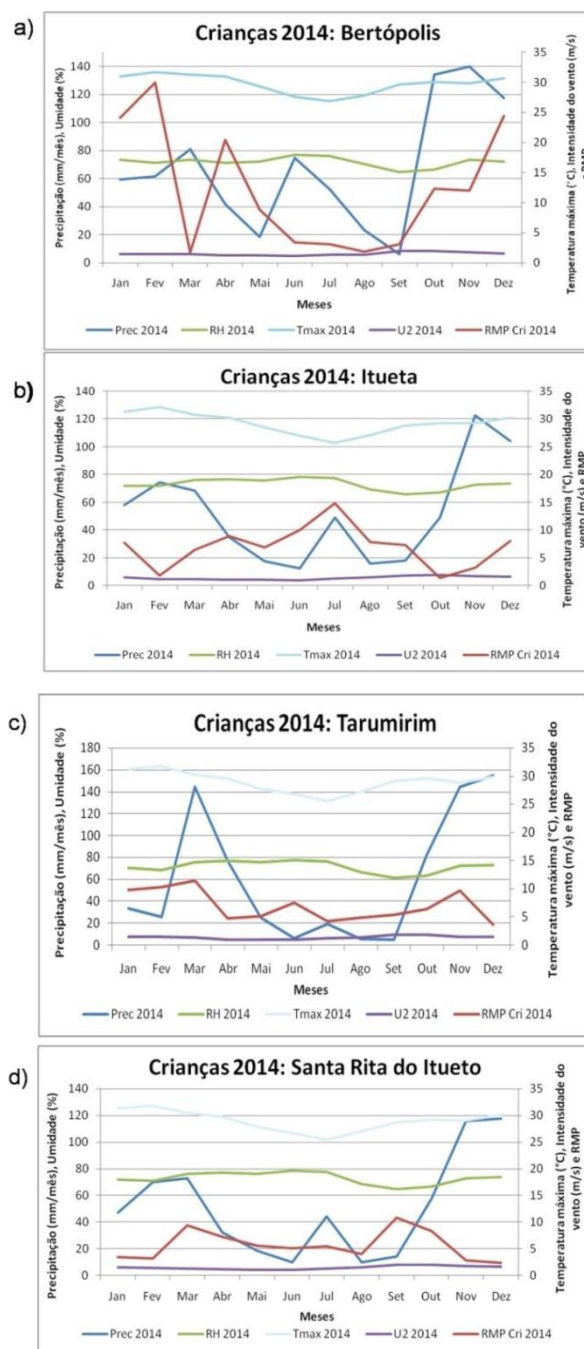


Figura 11 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Bertópolis, (b) Itueta, (c) Tarumirim, (d) Santa Rita do Itueto, (e) Fernandes Tourinho, com maior RMP para crianças em 2014.

(continua)



Figura 11 - Conclusão.

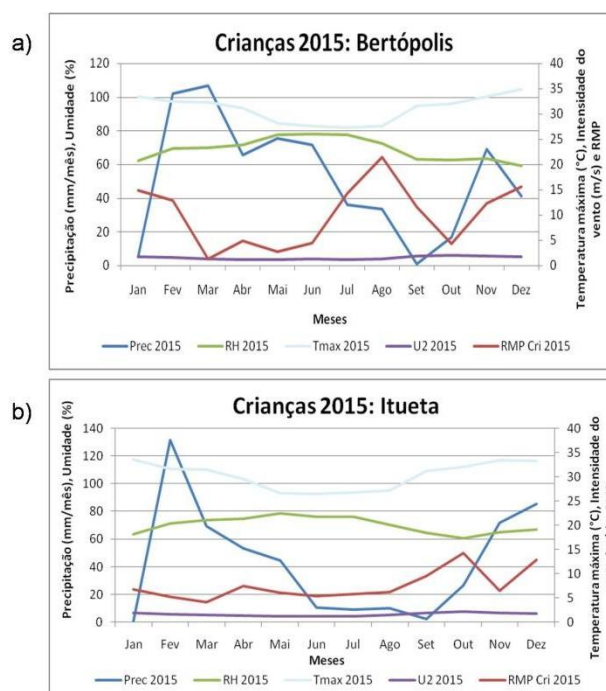


Figura 12 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Bertópolis, (b) Itueta, (c) Cuparaque, (d) Santa Rita do Itueto, (e) Consolação com maior RMP para crianças em 2015.

(continua)

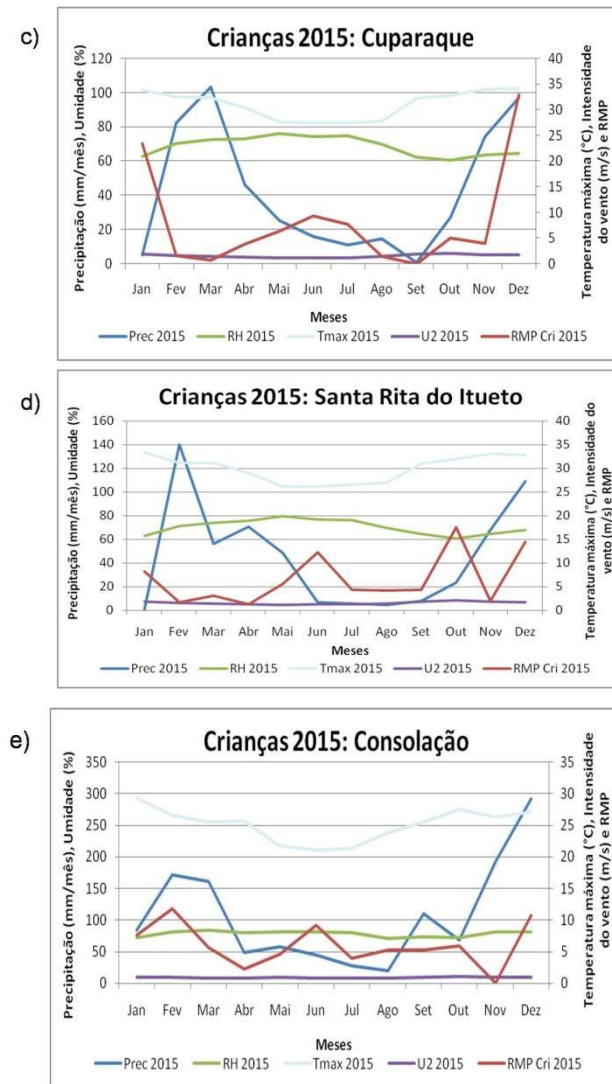


Figura 12 - Conclusão.

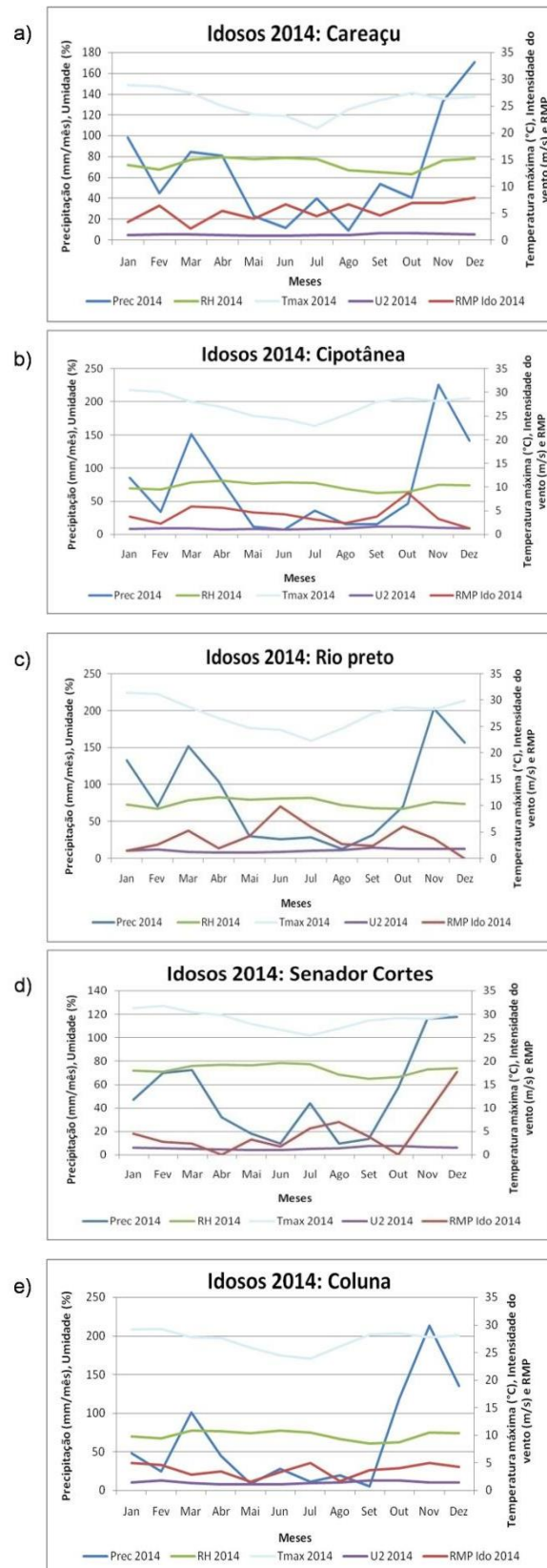


Figura 13 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2, m/s)

e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Careaçu, (b) Cipotânea, (c) Rio Preto, (d) Senador Cortes, (e) Coluna com maior RMP para idosos em 2014.

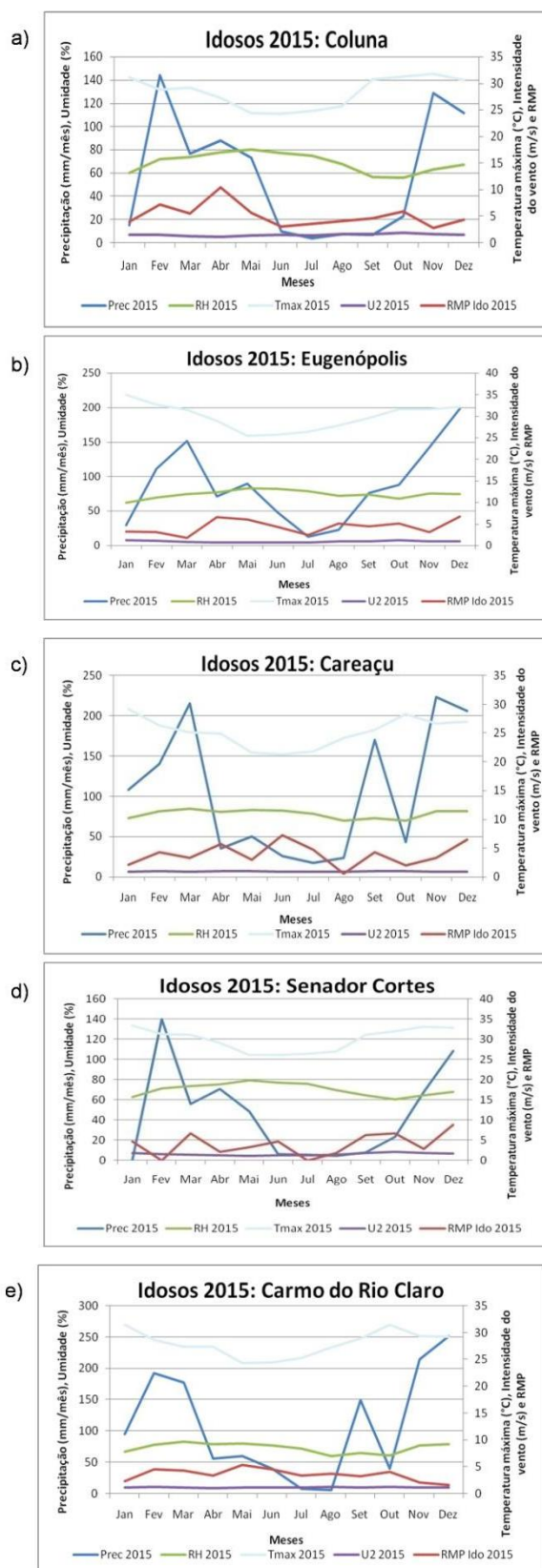


Figura 14 - Distribuição mensal da precipitação (Prec, mm/mês), umidade relativa (RH, %), temperatura máxima (Tmax, °C), vento a 2 metros de altura (U2,

m/s) e razão de morbidade padronizada (RMP) para (a) Coluna, (b) Eugenópolis, (c) Careagu, (d) Senador Cortes, (e) Carmo do Rio Claro com maior RMP para idosos em 2015.

É importante destacar que os dados de saúde utilizados neste estudo, representam as internações por doenças respiratórias registradas no SIH/SUS (Sistema de Informações Hospitalares do SUS). Esse banco de dados recebe dados de toda a rede pública e da rede privada conveniada. Portanto, como não é a totalidade da rede privada que notifica as internações ao SIH/SUS, pode haver um sub-registro de casos. Contudo, a maioria das internações no Estado é atendida pela rede pública, minimizando esse problema.

Quanto aos dados de focos de calor, importante salientar também que o satélite pode subestimar a real ocorrência de queimadas. Pois devido a alguns fatores, as queimadas podem não ser detectadas. Tais fatores como: frentes de fogo com menos de 30 metros; fogo apenas no chão de uma floresta densa; nuvens cobrindo a região; queimadas com pouca duração; fogo em uma encosta de montanha e imprecisão na localização do foco, o melhor erro seria de 375 metros, mas pode chegar a 6 km (INPE, 2020).

5. CONCLUSÕES

O presente estudo residiu no âmbito epidemiológico do tipo ecológico espaço-temporal e avaliou a possível relação entre a ocorrência de focos de calor e os registros de internações por crises respiratórias nos municípios do Estado de Minas Gerais nos anos de 2014 e 2015. Esse estudo é pioneiro no Estado de Minas Gerais e mostra-se de grande transversalidade e de grande aplicabilidade prática como incentivo para criação de políticas públicas voltadas para fiscalização das queimadas.

Foram detectados 11337 e 9490 focos de calor para os anos de 2014 e 2015, respectivamente. Os municípios com maior incidência de focos de calor em 2014 foram Paracatu (268 focos), Unaí (170 focos) e Itinga (151 focos), e situam-se à noroeste e nordeste do estado. Em 2015 os municípios com maior incidência de focos de calor foram Almenara (224 focos), Diamantina (188 focos) e Arinos (168 focos).

No ano de 2014 os focos se concentraram nos setores centro-sul e nordeste do estado, enquanto, em 2015 se concentraram no nordeste. Em relação a

precipitação (umidade) em 2014, menores valores foram encontrados no norte e centro do estado (norte), enquanto em 2015 valores menores de precipitação se encontram no norte e leste (norte) de Minas Gerais. Nos anos de 2014 a 2015 foram registrados, no estado de Minas Gerais, um total de 39725 e 37264 internações hospitalares por doenças respiratórias, respectivamente, em crianças menores de 10 anos de idade. E para maiores de 60 anos de idade um total de 51866 e 52774 internações em 2014 e 2015, respectivamente. Foi observado que há municípios com o mesmo padrão de internação para crianças e idosos, e que o maior número de internações se concentra na região oeste do estado, no triângulo mineiro, região que se concentram temperaturas altas.

Com relação a distribuição mensal dos focos de calor pode-se dizer que o período crítico dos focos em Minas Gerais em 2014 e 2015 é entre os meses de julho a outubro, meses que também apresentam valores baixos de umidade relativa e precipitação. O pico ocorreu em outubro nos dois anos, com a quantidade de 4373 e 3393, respectivamente.

A relação entre RMP e densidade de calor não se mostrou tão evidente, sendo necessário avaliar também algumas variáveis meteorológicas. Em termos gerais, entre as variáveis analisadas, as que mostraram maior relação com o RMP foi a precipitação e umidade relativa. Apesar de não ter sido encontrado uma correlação direta entre focos de calor e internações, o estudo para Minas Gerais foi inédito e mostra a importância em conhecer os efeitos das queimadas que impactam na saúde humana. Além disso, sugere-se expandir o período de dados e simultaneamente utilizar dados de particulado PM_{2.5} provenientes de estações de superfície e modelos numéricos.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, M.V.G.; BATISTA, A.C.; SOARES, R.V.; KOEHLER, H.S.; PEREIRA, J.F..Modelagem de umidade do material combustível, baseada em variáveis meteorológicas. **Floresta**, 39(1): 167-174, 2009.

ANDRADE, V.S.F. **Estudo da associação entre material particulado emitido em queimadas e doenças respiratórias no município de Manaus, AM**. Dissertação (Mestrado em clima e meio ambiente) - INPA: Manaus, 2011.

CANÇADO, J.E.D.; BRAGA, A.; PEREIRA, L.A.A.; ARBEX, M.A.; SALDIVA, P.H.N.; SANTOS, U.D.P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J Bras Pneumol.**, , 32 (Supl 1), p. 5-11, 2006.

CARDOSO, M.F.; NOBRE, C.A.; LAPOLA, D.M.; OYAMA, M.D.; SAMPAIO, G. Long-term potential for fires in estimates of the occurrence of savannas in the tropics. **Global Ecology And Biogeography**, 17 (2). 222-235, 2008.

CARMO, C.N.; HACON, S.L.K.M.; FREITAR, S.I.E.; PONCE, D.L.A.; ARTAXO, P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Rev Panam Salud Publica** ; 27(1):10-16, 2010.

CASTRO, H.A.; GONÇALVES, K.S.; HACON, S.S. Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. **Cien Saude Colet**; 14(6): 2083-2090, 2009.

COCHRANE, M.E. O grande incêndio de Roraima. **Ciência Hoje**; 27:26-43, 2000.

COELHO, C.A.S.; OLIVEIRA, C.P.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M.S.; CARPENEDO, C.B.; CAMPOS, J.L.P.S.; TOMAZIELLO, A.C.N.; PAMPUCH, L.A.; CUSTÓDIO, M.S.; DUTRA, L.M.M.; ROCHA, R.P. & REHBEIN, A. The 2014 Southeast Brazil austral Summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, 46(11): 3737-3752, 2016.

DATASUS. **Portal da Saúde do Sistema Único da Saúde - SUS – Ministério da Saúde**. Informações de saúde (TABNET). Disponível em: < <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>> Acesso em: 19 de Fev. de 2020.

FANG, M.; ZHENG, M.; WANG, F.; TO, K.L.; JAAFAR, A.B. & TONG, S.L. The solvent-extractable organic compounds in the Indonesia biomass burning aerosols characterization studies. **Atmospheric Environment**, 33, p. 783-795, Pergamon, 1999.

FRANÇA, D.D.A.; LONGO, K.M.; SOARES NETO, T.G.; SANTOS, J.C.; FREITAS, S.R.; RUDORFF, B.F.T.; CORTEZ, E.V.; ANSELMO, E.; CARVALHO, J. A. Pre-Harvest Sugarcane Burning: determination of emission factors through laboratory measurements. : Determination of Emission Factors through Laboratory

GONÇALVES, K.S; CASTRO, H.A; HACON, S.S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1523-1532, 2012.

Measurements. **Atmosphere**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 164-180, 15 fev. 2012. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos3010164>.

HAYLOCK, M. R.; HOFSTRA, N.; KLEIN, A. M. G. T.; KLOK, E. J.; JONES, P. DP.; NEW, M. A. Europe and daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v.130, p.1- 12, 2008.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>> Acesso em: 22 de Fev. de 2020.

IGNOTTI, E.; HACON, S.D.S.; SILVA, A.M.C.; JUNGER, W.L.; CASTRO, H. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. **Rev. Bras. Epidemiol.**, 10(4)v.4, p.453-464, 2007.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil**, 2020. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/?r=clima/>> Acesso em: 10 de Ago. de 2020.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de dados de Queimadas**, 2020. Disponível em <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em: 19 de Fev. de 2020.

JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 177-181, 2003.

JAISWAL, R.K.; MUKHERJEE, S.; RAJU, K.D.; SAXENA, R. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. **International Journal of Applied Earth Observation and Geo information**, 4(1): 1-10, 2002.

KELSEY, J. L. et al. Methods in observational epidemiology. 2. ed. **New York: Oxford University Press**, 1996.

LARA, D. X.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2007.

LOPES, F.S. ; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações a exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Rev. Bras Epidemiol**; 9(2):215 – 25, 2006.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. Review recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 32, n. 1, p. 1- 21, 2012.

MARTINS, G.; ROSA, A.S.; SETZER, A.; ROSA, W.; MORELLI, F.; BASSANELLI, A. Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**; v.13, n.4, 2020.

MASCARENHAS, M.D.M; VIEIRA, L.C; LANZIERI, T.M; LEAL, A.P.P.R; DUARTE, A.F; HATCH, A.L. Poluição atmosférica devido a queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil – Setembro, 2005. **J Bras Pneumol**; 34(1):42-46, 2008.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento das Chuvas Intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 37-44, 2013.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 338-344, 2007.

OLIVEIRA, D.D.S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 124p.

OSCAR. **Observing Systems Capability Analysis and Review Tool**, 2020. Disponível em: <<https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/79>> Acesso em: 25 de Mai. de 2020.

PEREIRA, A.A.; BARROS, D.A.D.; PEREIRA, J.A.A.; ACERBI JÚNIOR, F.W.; MORELLI, F.; SCOLFORO, J.R.S. Frequência espaço-temporal dos focos ativos em Minas Gerais durante o período de 1999 a 2009. **Cerne**, [s.l.], v. 20, n. 3, p. 459-469, set. 2014. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420031518>

POPE, C. A. III; EZZATI, M.; DOCKERY, D. W. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. **N Engl J Med** ; 360:376-86, 2009.

POPE, C. A. III; DOCKERY, D. W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. **J Air Waste Manage Assoc**; 56:709-42, 2006.

REBOITA, M.S.; OLIVEIRA, M.O.; FREITAS, C.H; OLIVEIRA, G.M. & PEREIRA, R.A.A. 2015. Anomalias dos Padrões Sinóticos da Atmosfera na América do Sul nos Meses de Janeiro de 2014 e 2015. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, 4: 1-12, 2015.

REBOITA, M.S.; RODRIGUEZ, M.; SILVA, L.F; ALVES, M.A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, 17: 206-226, 2015.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J.V.D. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, 16(44) p.125-148, 2002.

SANTOS, B.; OLIVEIRA, M.; SILVA, P.N.; SANTOS, J.G.M.D.; MATTOS, E.V.; REBOITA, M.S. Distribuição Espaço-Temporal dos Focos de Calor no Estado de Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v.42, n.3, p.64-84, 2019.

SILVA, E.D.; REBOITA, M.S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais – MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, 13: 12-136, 2013.

SILVA, L. J.; REBOITA, M. S.; ROCHA, R. P. Relação da passagem de frentes frias na região sul de Minas Gerais (RSMG) com a precipitação e eventos de geada. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, 2014.

SIQUEIRA, H. R.; ALVES, G. F.; GUIMARÃES, E. C. Comportamento da precipitação pluviométrica mensal do estado de Minas Gerais: análise espacial e temporal. 2007. Disponível em <
http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:geoesalq:pira2012:adrielle_artigo1.pdf>. Acesso em: 20 de Ago. 2020.

SOUZA, L.S.N. **Análise de Impactos das Queimadas sobre a Saúde Humana: Um estudo de caso do Município de Rio Branco, Acre**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública e Meio ambiente) - Rio de Janeiro: ENSP, 2008.

SOUZA, L. R.; AMANAJÁS, J. C.; SILVA, A. P. N.; BRAGA, C. C.; CORREIA, M. F. Determinação de padrões espaço-temporal e regiões homogêneas de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 265-280, 2011.

TEBALDI, A.L.C.; FIEDLER, N.C.; SANT'ANNA, C.M.; MINETTE, L.J. Controle de Incêndios Florestais: Contribuições para o Corredor Central da Mata Atlântica. Espírito Santo, **Editora IEMA**, p.156., 2012.

VIOLA, M; R.; MELLO, C. R; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.

WHO - World Health Organization, 2014. **Health Guidelines for Vegetation Fire Events**, Lima, Peru, 6-9 October 1998. Background papers. WHO, 1999
 Disponível:
<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/286/health%20guidelines%20for%20vegetation%20fire%20events.background%20papers.pdf?sequence=1>
 Acesso: 20 Abr. 2020.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v.36, n.6, p.2644-2659, 2016.

A ANEXO A - Relação de dispersão entre RMP e variáveis meteorológicas para crianças e idosos em 2014 e 2015

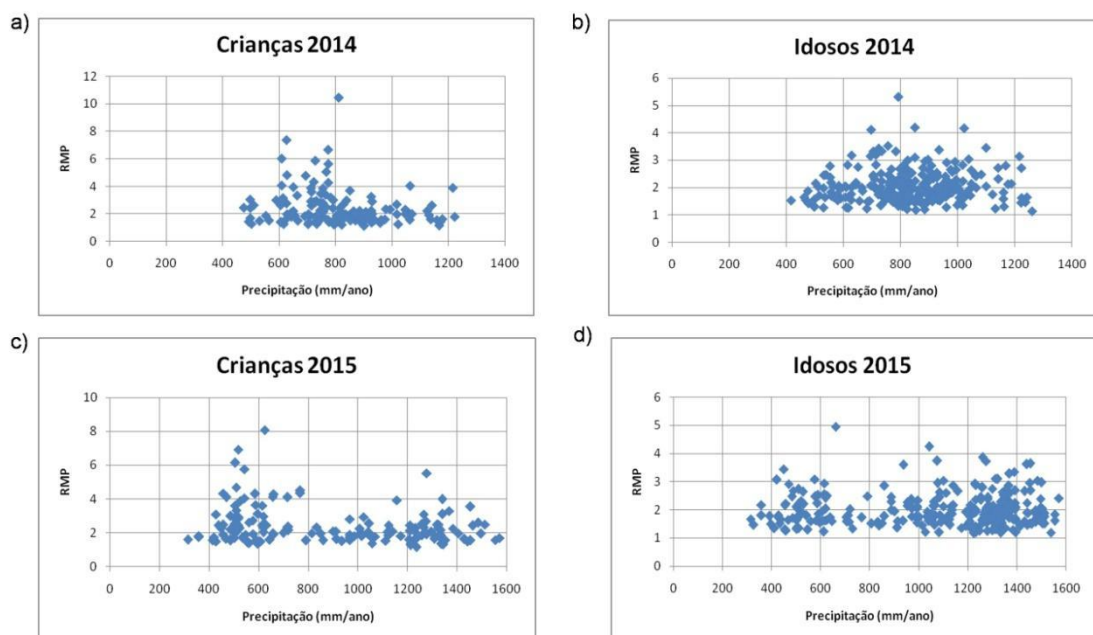


Figura A.1 - Relação de dispersão entre RMP e a precipitação (mm/ano) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.

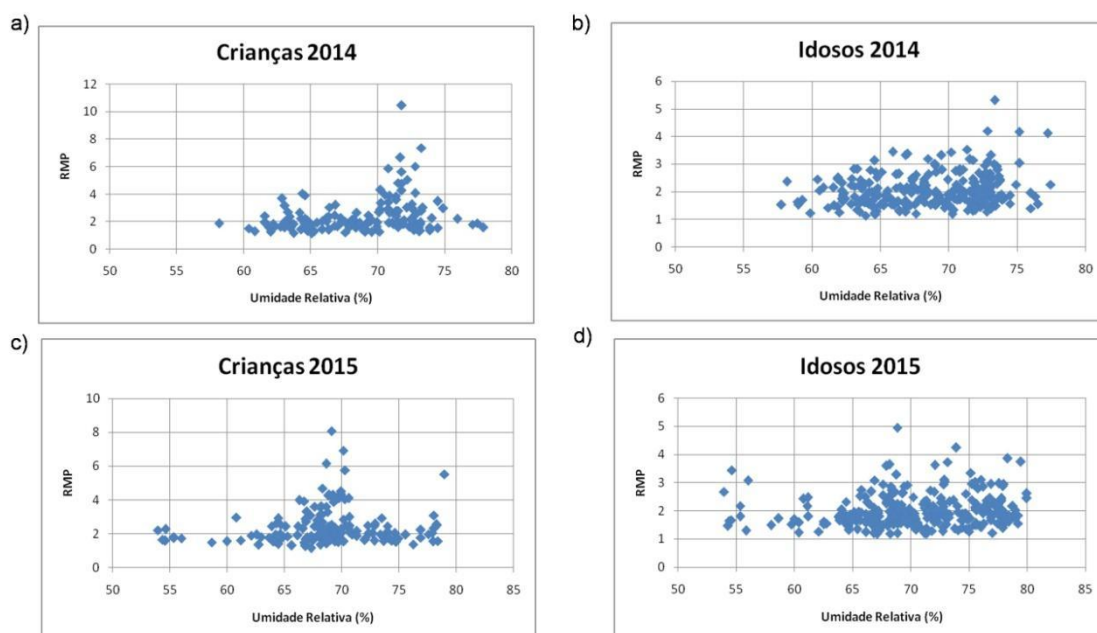


Figura A.2 - Relação de dispersão entre RMP e a umidade relativa (%) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.

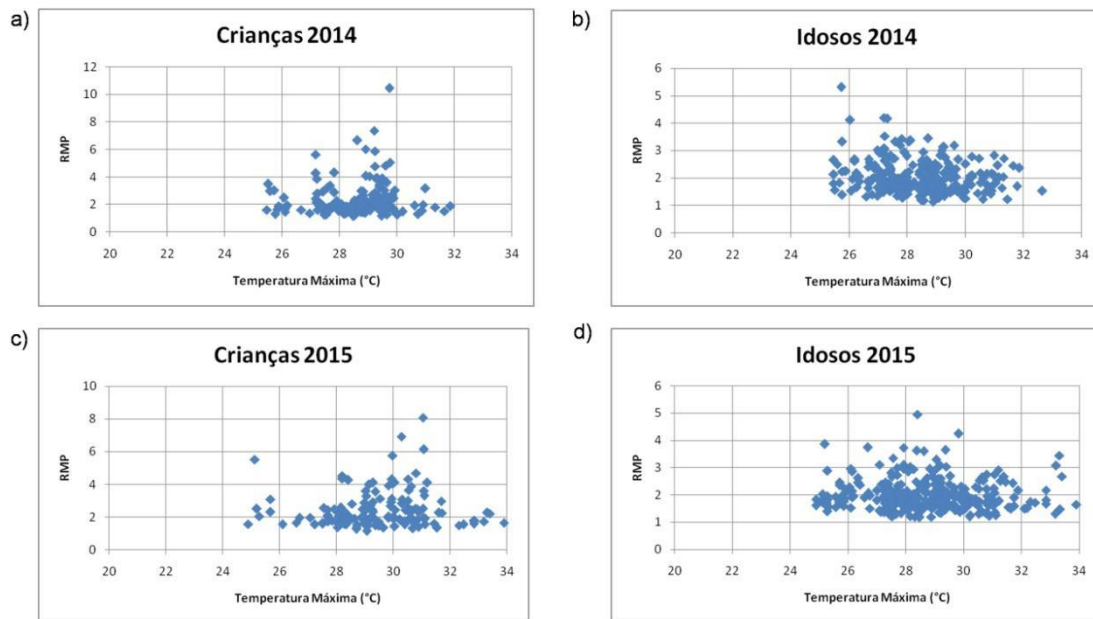


Figura A.3 - Relação de dispersão entre RMP e a temperatura máxima (°C) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.

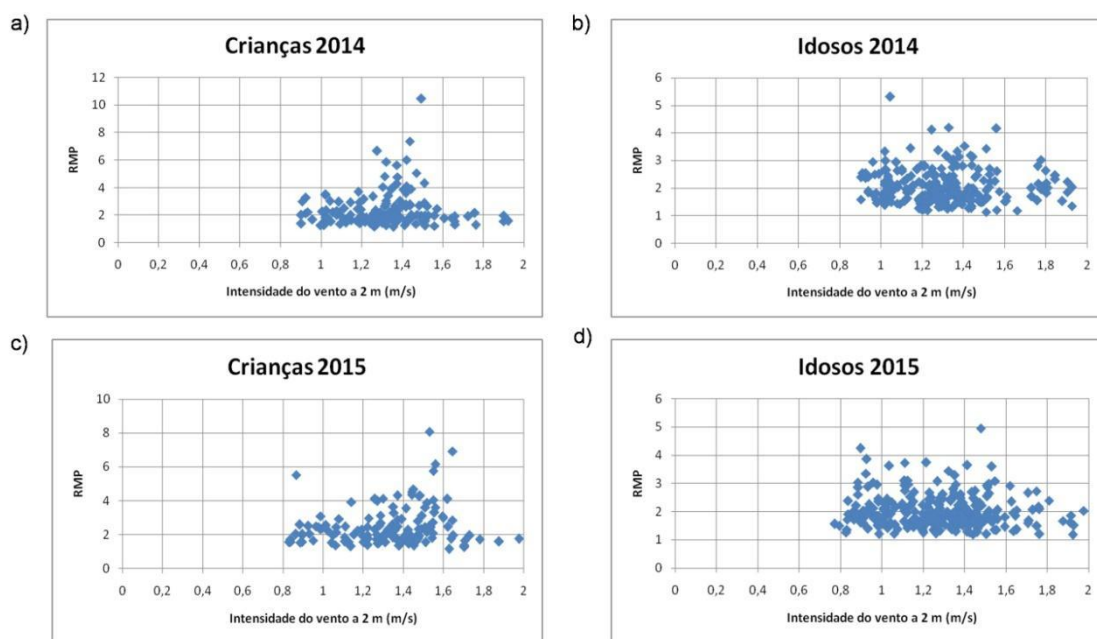


Figura A.4 - Relação de dispersão entre RMP e a intensidade do vento a 2 m (m/s) para (a e b) crianças e (c e d) idosos em 2014 e 2015.