

Vulnerabilidade do risco de doenças respiratórias em função da temperatura média horária

Vulnerability of the risk of respiratory diseases due to the average hourly temperature

Vulnerabilidad del riesgo de enfermedades respiratorias en función de la temperatura media por hora

Recebido: 08/06/2020 | Revisado: 10/06/2020 | Aceito: 13/06/2020 | Publicado: 27/06/2020

Amaury Souza

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8168-1482>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: amaury.de@uol.com.br

Débora Aparecida da Silva Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-7883>

Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil

E-mail: deboraassantos@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste estudo é descobrir o momento específico em que as pessoas são mais vulneráveis às variações de temperatura durante a sua vida diária. Foi feita a modelagem através de análise estratificada diária para a morbidade total da população, bem como para os subgrupos de idosos e jovens, através da distribuição de Poisson. Nós identificamos que a temperatura durante o dia está mais associada com a morbidade diária. As estimativas de risco relativo e magnitude das associações decorrentes das medidas de temperatura de hora em hora são semelhantes ou ainda se apresentam mais forte em comparação com aquelas modeladas pelas estatísticas diárias. Este fenômeno continua a ser verdade para as medidas de temperatura horária defasada e as mudanças nos padrões de associações de janeiro a dezembro. A população apresenta-se mais vulnerável às variações de temperatura no início da manhã, em torno de 5 e 8 horas, e a noite em torno 20 horas.

Palavras-chave: Risco; Morbidade; Modelos Lineares.

Abstract

The aim of this study was to find out the specific time when people are more vulnerable to temperature variations during their daily life. Modeling by daily stratified analysis was

performed to morbidity for the total population and for subgroups of elderly and young using Poisson distribution. We found that the temperature during the day is more associated with morbidity / mortality daily. The relative risk estimates and magnitude of associations arising from time to temperature measurements in time are similar or even stronger compared to those modeled by the daily statistics. This phenomenon remains true to the lagged hourly temperature measurements and changes in standards from January to December associations. People are more vulnerable to temperature changes in the early morning around 5 and 8 AM and night around 8 PM.

Keywords: Risk; Morbidity; Linear model.

Resumen

El objetivo de este estudio es descubrir el momento específico en que las personas son más vulnerables a las variaciones de temperatura durante su vida diaria. La modelización se realizó mediante análisis diarios estratificados para la morbilidad de la población total, así como para los subgrupos de ancianos y jóvenes, utilizando la distribución de Poisson. Descubrimos que la temperatura durante el día está más asociada con la morbilidad diaria. Las estimaciones del riesgo relativo y la magnitud de las asociaciones resultantes de las mediciones de temperatura por hora son similares o incluso más fuertes en comparación con las modeladas por las estadísticas diarias. Este fenómeno sigue siendo cierto para las mediciones de temperatura por hora obsoletas y los cambios en los patrones de asociación de enero a diciembre. La población es más vulnerable a las variaciones de temperatura en la madrugada, alrededor de las 5 y 8 horas, y en la noche, alrededor de las 20 horas.

Palabras clave: Riesgo; Morbosidad; Modelo lineal.

1. Introdução

Estudos recentes têm demonstrado que a temperatura é responsável por vários efeitos deletérios sobre a saúde humana, incluindo aumento das consultas e das internações por diversas patologias respiratórias (Alexander et al., 2013; NG e Cowling 2014; Oloukoi et al., 2014). Outros estudos fizeram a relação da temperatura com a saúde e basearam-se em medições de temperatura mensais; estudos sobre medições diárias de temperatura (Souza et al., 2016; Azongo et al., 2012), estudos sobre medições anuais de temperatura (Thompson et al., 2012) e medições de temperatura sazonais (Jankowska et al., 2012; Graça et al., 2012), estudos com medições de temperatura semanais (Fernández et al., 2009) e estudos com a faixa

de temperatura diurna (Alexander et al., 2013).

Estudos realizados em vários países têm sugerido que o excesso de calor e frio podem aumentar significativamente as taxas de morbidade/mortalidade diárias (Souza e Santos, 2016; Braga et al., 2001; Barnett et al., 2005; Basu et al., 2005; Schwartz 2005; Analitis et al., 2008; Rocklov e Forsberg, 2008; Zanobetti e Schwartz, 2008; Anderson e Bell, 2009). Além disso, as pessoas que vivem em lugares mais frios são menos afetadas pelo clima frio (Barnett et al., 2005), enquanto que aqueles em climas mais quentes são melhores adaptados ao calor extremo (Zanobetti e Schwartz 2008). Recentemente, a susceptibilidade a morbidade/mortalidade durante condições meteorológicas extremas também tem sido discutida (Zanobetti et al., 2013).

Um padrão distinto de temperatura é que ela repete diariamente e a gama de temperatura durante o dia, o que é medido pela diferença entre a temperatura máxima e mínima diária, pode ser bastante amplo. A temperatura máxima diária geralmente ocorre no período da tarde, devido à incidência dos raios solar e ao acúmulo de calor recebido durante as horas anteriores, coincidindo frequentemente com o tempo de pico de atividade ao ar livre. Em contraste, a temperatura mínima diária geralmente é medida na madrugada, quando a maioria das pessoas está dentro de casa. De um modo geral, a temperatura média diária, que é uma média de várias observações no mesmo dia, pode ser uma boa estimativa da exposição e menos afetada por erros de medida, em comparação com outros dados de temperatura tem sido mostrado para ser associada com a morbidade/mortalidade (Braga et al., 2001), enquanto outros examinaram a temperatura máxima e mínima diária (Schwartz, 2005).

O modelo de lag distribuído (Gasparrini et al, 2010) examina os dados de séries de tempo em que uma equação de regressão é usada para prever os valores decorrentes de uma variável dependente com base em ambos os valores atuais, de um valor de variável explicativa e o período passado defasados da variável explicativa. A aplicação do modelo de lag distribuído (Gasparrini et al., 2010) foi utilizada para identificar os riscos de morbidade com base em todas as causas, incluindo doenças do aparelho respiratório para os idosos, jovens e toda a população em Campo Grande-MS.

Embora os dados de temperatura sejam medidos a cada hora, os dados de morbidade ainda são registrados diariamente na nossa base de dados. Se a morbidade por hora estivesse disponível, o modelo de defasagem distribuída poderia ser implementado através de medidas de 24 horas de temperatura como os conjuntos de preditores utilizado no modelo. No entanto, a morbidade é registrada diariamente e o modelo de desfaseamento distribuído pode não ser o método ideal para tal estrutura de dados. Sendo assim o objetivo deste estudo é descobrir em

qual momento do dia as pessoas estão mais vulneráveis às variações de temperatura durante a sua vida diária, e para alcançar esse objetivo foi implementada a regressão de Poisson usando um modelo linear generalizado para cada medida de temperatura horária.

2. Metodologia

Foram utilizados para este estudo dados das variáveis meteorológicas, temperatura do ar, umidade relativa do ar, concentração de ozônio e a variável saúde número de internações por doenças respiratórias, do município de Campo Grande (MS), cujas coordenadas geográficas são: 20o27S; 54o37W; altitude de 530m e população estimada em 850.000 mil habitantes.

Dados de Saúde

Para a correlação dos dados meteorológicos com o agravamento de doenças respiratórias foram coletados dados de internação hospitalar, de domínio público, junto aos órgãos de saúde Departamento de Informática do SUS - Sistema Único de Saúde (DATASUS) na escala diária.

Os dados disponíveis foram oriundos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), gerido pelo Ministério da Saúde, por meio da Secretaria de Assistência à Saúde, em conjunto com as Secretarias Estaduais de Saúde e a Secretaria Municipal de Saúde, e processado pelo DATASUS, da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde.

Mesmo por tratar de dados secundários de fonte oficial, neste estudo foram respeitados todos os aspectos éticos de pesquisa com seres humanos, de acordo com a Resolução nº 466/2012 (Brasil, 2012).

Tipo de estudo

A população de estudo foi formada por pessoas que moravam na cidade de Campo Grande (MS) e que foram internadas devido a doenças do aparelho respiratório por meio de amostra de conveniência. Foram analisados todos os dados das internações com diagnóstico de doenças respiratórias de todos os hospitais próprios e conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS). Estes dados são registros das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) de hospitais públicos e privados e que atendem à parcela da população que não dispõe de planos

de saúde privados, de caráter particular ou custeado por empresas (<http://www.datasus.gov.br>).

Dados de Ozônio de Superfície

Registros diários da concentração de O₃ presente na atmosfera durante o período do estudo foram cedidos pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), em cujo Campus localiza-se a estação de monitorização. As medidas de ozônio são feitas através de coleta de amostra de ar contendo ozônio que é aspirada sobre o solo através de um tubo, por uma bomba de ar e através de uma válvula solenoide essa amostra é levada para a célula de absorção.

A amostra de ar uma vez passa pelo conversor catalítico, outra vez pela célula de absorção diretamente. O conversor catalítico funciona como um destruidor de ozônio, transformando-o rapidamente em O₂. Com este procedimento tem-se ora medidas com ozônio, ora sem ozônio, o que serve para localizar o zero absoluto do aparelho. A luz UV gerada pela lâmpada de mercúrio incide na célula de absorção que contém ozônio. A intensidade da luz é atenuada proporcionalmente à concentração de ozônio, sendo esta atenuação medida pelo detector principal. Este detector contém um fotodiodo que transforma o sinal óptico em eletrônico, que por sua vez é detectado por um eletrômetro, sendo este sinal transformado em pulsos.

A frequência ou taxa de pulsos é proporcional a corrente de entrada, e, portanto, proporcional à intensidade de luz, podendo ser usada diretamente para as medidas. As concentrações medidas pelo aparelho são dadas em ppm (partes por milhão). Os valores medidos pelo analisador são mostrados em um display e registrados em um computador podendo ser armazenados ou impressos. Para se produzir uma medida da concentração de ozônio, o seguinte ciclo é realizado: a) O gás passa através de um ciclo seletivo de O₃, em uma câmara ventilada (3 segundos); b) A medida de i_0 é feita através de um detector de medida de UV, usando uma medida de UV como referência. Passando para uma válvula como solenóide; c) O gás passa diretamente para uma câmara de medida, onde permanece mais 3 segundos; d) A medida de i é feita através da medida de UV, comparando com o UV de referência. Um ciclo completo dura aproximadamente 10 segundos.

Variáveis meteorológicas

Dados meteorológicos, incluindo temperaturas horárias médias ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) foram obtidos a partir da Centro de Monitoramento de Clima e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul-CEMTEC e registados como médias para 1 e 24 h para um único dia. Chuva num determinado dia foi expresso como uma variável binária, com precipitação > 0 mm foram identificados como dias de chuva.

Área de estudo

Este estudo realiza análise diária/horaria estratificada e demonstra vários impactos das medidas de temperatura na morbidade por doenças respiratórias entre os diferentes grupos de moradores de todas as idades, bem como o grupo mais jovem (população com idade entre 18 e 24 anos) e idosos (população com 65 anos ou mais) em Campo Grande, MS, para o período de janeiro de 2009 a dezembro de 2013.

Análise estatística

A construção dos modelos Univariado de Regressão de Poisson para a seleção das variáveis meteorológicas que apresentaram significância (valor de p) menor que 0,25, para, então, realizar os Modelos Multivariados de Regressão de Poisson (MRP) usando-se a seguinte equação:

$$(\text{DRU}) = a + Sbi (Xi)$$

Onde,

DRU é a variável dependente (número de internações por doenças respiratórias na cidade de Campo Grande);

a e b são os parâmetros a serem estudados e Xi são as variáveis independentes.

Foi necessário realizar alguns ajustes para controlar algumas variáveis quanto a o seu poder de confusão (controle de variáveis) Dentro do modelo linear foram utilizados parâmetros para controlar os efeitos dos dias da semana, feriado e ano.

Para o cálculo do risco relativo (RR) foi usado os parâmetros estimados no modelo mediante a seguinte fórmula:

$$RR = \exp(\beta * X)$$

Onde X é o valor da variável independente e β é o parâmetro estimado pela regressão de Poisson.

Medidas diárias de temperatura (média, mínima e máxima), bem como as temperaturas médias horárias foram os principais preditores analisados como variáveis contínuas. Os modelos foram ajustados para o poluente atmosférico (ozônio), umidade relativa diária, e feriados. Para dados de poluente atmosférico, incluindo todas as estatísticas diárias, como média de O_3 foram ajustados no modelo, uma vez que na literatura esse poluente mostra uma associação mais significativa com a morbidade de doenças respiratórias.

Analisando o nível de O_3 , a associação mais significativa é em junho, tanto para temperatura diária máxima e média O_3 . Em relação à característica da cidade, os pesquisadores realizaram uma análise de séries temporais. Na abordagem de meta-análise, o efeito cidade foi considerado como um efeito fixo no modelo de Poisson e o risco relativo pode ser estimado, uma vez que empregou um logaritmo natural para transformar o tamanho da população da cidade. Dado que os efeitos de atraso do frio e calor e temperatura mínimas e máximas diárias sobre a morbidade, têm sido extensivamente estudados, estas estatísticas foram incluídas na análise. Foram analisadas duas faixas etárias abaixo de 65 anos e acima de 65 anos para ser considerado jovens, adultos e idosos nesse estudo. As faixas etárias foram analisadas em modelos separadamente.

Convencionalmente, o efeito sazonal é ajustado no modelo estatístico e a análise é estratificada para quatro estações. No entanto, descobrimos interações extremamente significativas entre o efeito sazonal e medidas diárias de temperatura ao correlacionar a mortalidade diária de Campo Grande (MS). As interações entre as estações do ano e as medidas de temperatura diária sobre a morbidade foram avaliadas pelos valores de p de interação, os quais foram calculados com base em comparações entre o modelo completo (com termos de interação de estação pela temperatura) e o modelo reduzido (com estação e temperatura que são os principais fatores de efeito).

3. Resultados

Os resultados mostraram 12.067 registros de internações por doenças respiratórias subdividido em faixas etárias. As maiores médias de internação ocorreram na faixa etária de 1 a 4 anos, com média de 42,09%, (5.079) e acima de 65 anos, com média de 27,14% (3.274)

para o período de estudo, sendo as internações por pneumonias as mais predominantes, com 81,0% (9.774) das internações. Verificou-se um menor número de internações em janeiro e maior em junho e julho para o período de analisado nesse estudo, 2009 a 2013.

Na Tabela 1, todas as estatísticas diárias de temperatura são indicadas na primeira coluna, os ajustes de O₃ são indicados na segunda coluna, e por estratificações as quatro estações do ano estão apresentadas na terceira coluna. Os p-valores de interação são apresentados separadamente para os idosos, a faixa etária mais jovem e a amostra total. Descobrimos que, mesmo quando os dados foram estratificados para as quatro estações do ano, os três meses dentro de cada temporada ainda sugeriu interações principalmente significativas entre medidas de temperatura e os meses (o efeito sazonal), adicionalmente ajustados para a exposição ao O₃. Assim, a análise estratificada mensal pode reduzir melhor a interação entre o efeito sazonal e a temperatura, e deste modo evitar estimativas erradas e capturar as associações entre as medidas de temperatura e morbidade/mortalidade em todo o ano. Portanto, todas as análises foram conduzidas na forma estratificada mensal como a melhor maneira para evitar o problema da heterogeneidade causadas pelo efeito sazonal.

Tabela 1. Risco relativo para as faixas etárias para internações com o ozônio.

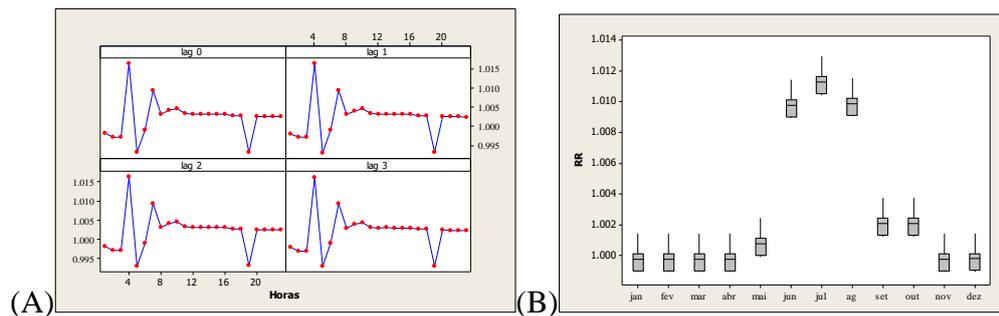
Temperatura Estacao		Media				Máxima				Mínima			
		verao	outono	inverno	primavera	verao	outono	inverno	primavera	verao	outono	inverno	primavera
Toda população	lag 0	0,999	1,003	1,008	1,001	1,010	1,020	1,008	0,991	0,999	1,003	1,007	1,000
	lag 1	0,999	1,003	1,008	1,001	1,010	1,020	1,008	0,991	0,999	1,003	1,007	1,000
	lag 2	0,999	1,003	1,008	1,001	1,010	1,020	1,008	0,991	0,999	1,003	1,007	1,000
	lag 3	0,999	1,003	1,008	1,001	1,010	1,020	1,008	0,991	0,999	1,003	1,007	1,000
Jovens	lag 0	1,001	1,001	1,005	0,983	1,000	1,039	1,043	1,016	1,000	0,989	0,994	0,973
	lag 1	1,001	1,001	1,005	0,983	1,000	1,039	1,043	1,016	1,000	0,989	0,994	0,973
	lag 2	1,001	1,003	1,008	0,987	1,001	1,041	1,046	1,019	1,000	0,992	0,997	0,976
	lag 3	1,001	1,003	1,008	0,987	1,001	1,041	1,046	1,019	1,000	0,992	0,997	0,976
Idosos	lag 0	0,999	1,001	1,002	1,001	1,019	1,027	1,028	1,021	0,989	0,990	0,992	0,991
	lag 1	0,999	1,001	1,002	1,001	1,019	1,027	1,028	1,021	0,989	0,990	0,991	0,991
	lag 2	0,999	1,001	1,002	1,001	1,019	1,027	1,028	1,021	0,989	0,991	0,991	0,991
	lag 3	0,999	1,001	1,002	1,004	1,019	1,027	1,028	1,051	0,989	0,991	0,991	0,991

Fonte: Autores.

Na Tabela 2, apresentamos as associações entre morbidade e a temperatura após o controle de potenciais variáveis de confusão. "Media", "Max", "Min", representam as estatísticas diárias mais significativas e os meses correspondentes. Para fornecer uma aplicação mais fácil e mais clara da análise da temperatura horária, selecionamos os horários: "05:00" e "8:00" em vez das horas mais significativos que variam ligeiramente de mês para mês. Nas Figuras 1 a 3 A e B, os altos e baixos riscos relativos são na sua maioria em torno de 05:00, 8:00 e 20:00 horas. As associações de hora em hora são bons substitutos para a análise

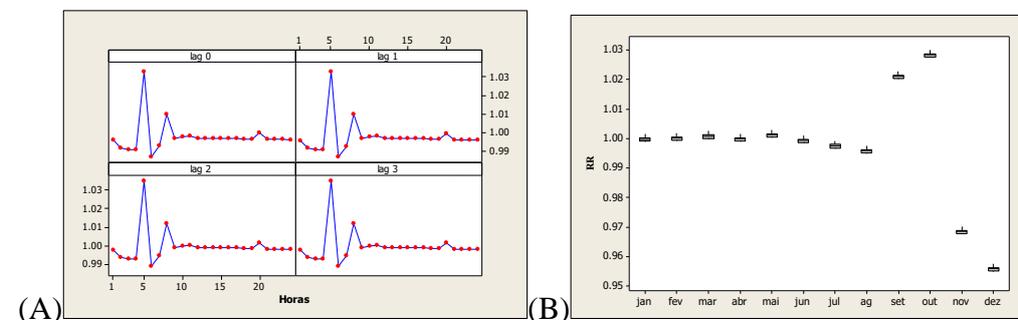
diária em todos os idosos, o grupo mais jovem e a população total. Este fenômeno permanece para a análise usando *lag* 0, *lag* 1...*lag* 3 para medidas de temperatura. Foram realizadas análises adicionais com mais horas de defasagem e os resultados foram semelhantes aos apresentados na Tabela 2. Por conseguinte, os resultados das medidas de hora em hora com mais defasagem não estão incluídos.

Figura 1. (A) Risco relativo em função das horas para a população jovem com *lag* 0, 1, 2 e 3, ajustado para o O₃. (B) Distribuição temporal dos riscos relativos para os *lag* 0, 1, 2 e 3.



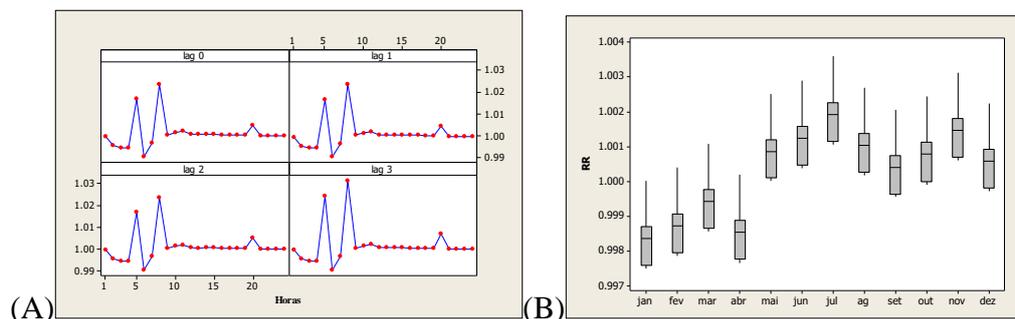
Fonte: Autores.

Figura 2. (A) Risco relativo em função das horas para a população idosa com *lag* 0, 1, 2 e 3, ajustado para o O₃. (B) Distribuição temporal dos riscos relativos para os *lag* 0, 1, 2 e 3.



Fonte: Autores.

Figura 3. (A) Risco relativo em função das horas para a população total com lag 0, 1, 2 e 3, ajustado para o O₃. (B) Distribuição temporal dos riscos relativos para os lag 0, 1, 2 e 3.



Fonte: Autores.

Tabela 2. Riscos relativos para a temperatura para internações por doenças respiratórias ajustada para o ozônio.

Temperatura	Toda Populacao			Jovens			Idosos		
	mes	RR	P-valor	mes	RR	P-valor	Mes	RR	P-valor
lag 0									
Media	14	1.0010	0.0007	14	0.9975	0.0015	14	1.0022	0.011
Max	14	1.0238	0.012	14	1.0329	0.13	14	1.0163	0.0045
Min	14	0.9905	0.0004	14	0.9866	0.0003	14	0.9931	0.0001
T5horas	14	1.0168	0.0001	14	1.0330	0.113	14	1.0163	0.0456
T8horas	14	1.0237	0.0012	14	1.0099	0.345	14	1.0094	0.011
lag 1									
Media	14	1.0007	0.0002	14	0.9973	0.003	14	1.0021	0.0001
Max	14	1.0234	0.0122	14	1.0328	0.053	14	1.0163	0.0014
Min	14	0.9902	0.0003	14	0.9865	0.004	14	0.9931	0.0037
T5horas	14	1.0165	0.0001	14	1.0328	0.001	14	1.0163	0.0004
T8horas	14	1.0234	0.0002	14	1.0097	0.016	14	1.0094	0.0005
lag 2									
Media	14	1.0010	0.001	14	0.9995	0.023	14	1.0022	0.0001
Max	14	1.0237	0.0002	14	1.0350	0.005	14	1.0163	0.0007
Min	14	0.9905	0.0001	14	0.9886	0.004	14	0.9931	0.0001
T5horas	14	1.0168	0.0001	14	1.0350	0.0079	14	1.0163	0.0001
T8horas	14	1.0237	0.0001	14	1.0119	0.0016	14	1.0094	0.0001
lag 3									
Media	14	1.0017	0.0001	14	0.9995	0.0006	14	1.0020	0.0001
Max	14	1.0312	0.0001	14	1.0350	0.006	14	1.0162	0.0001
Min	14	0.9905	0.0001	14	0.9887	0.0004	14	0.9930	0.0001
T5horas	14	1.0243	0.0001	14	1.0350	0.004	14	1.0162	0.0001
T8horas	14	1.0312	0.0001	14	1.0119	0.0078	14	1.0093	0.0001

Fonte: Autores.

Os padrões de associações em 24 horas ajustados para exposição diária ao ozônio são apresentados na Figura 1 A e B, Figura 2 A e B e Figura 3 A e B para os idosos, o grupo mais jovem, e a população total, respectivamente. As associações são na sua maioria significativas

nos meses mais frios (junho, julho, agosto) e alguns são significativos nos meses mais quentes e com maior concentração de ozônio de superfície devido as queimadas que ocorrem no estado para limpeza de pastos e áreas de plantio (julho - setembro).

No entanto, temperaturas médias horárias mais altas, mostram um efeito adverso sobre a saúde humana nos meses mais quentes, porque geralmente os riscos relativos ultrapassam a 1. Comparando a Figura 1 e a Figura 3, vemos que os mais velhos são mais afetados por variações de temperatura em comparação com a população mais jovem. A Figura 3 mostra a informação mista a partir da Figura 1 e Figura 2. Nas associações significativas, de manhã cedo cerca de 5 e 8 horas e o tempo de noite em torno 20:00 horas mostram o maior impacto na morbidade. Portanto, os resultados sugerem que os idosos em particular, devem ser mais conscientes das variações de temperatura na parte da manhã e à noite.

4. Discussão

Os modelos que utilizam as temperaturas horárias são um pouco diferentes dos outros modelos que utilizam as temperaturas média dos dias. Esses modelos diários de temperatura tentam descrever a associação entre a morbidade diária e temperatura (Lin et al., 2011; Ingle et al., 2012; Sung et al., 2013), enquanto os modelos de temperatura por hora não só avaliam essas associações, mas também indicam a hora mais específica do dia que afetam a saúde humana.

Diversos estudos (Basu e Samet 2002; Basu, 2009) forneceram evidências de um aumento do risco da morbidade com a exposição de elevadas temperaturas ambiente. Essa associação é suportada pela evidência fisiológica, onde existe ligações diretas entre temperaturas altas ou baixas e o aumento da pressão arterial, da viscosidade do sangue, do colesterol plasmático e também da frequência cardíaca (Pan et al., 1995). De acordo com Portier et al. (2010), existem evidências de que o calor aumenta o impacto adverso do ozônio. Sendo essa associação, altas temperaturas e ozônio, bastante prejudicial a saúde uma vez que há o aumento do esforço cardíaco e deficiência das trocas gasosas pulmonar (Gong et al., 1998).

Guo et al. (2014) usando medidas diárias de temperatura, examinam a associação entre temperatura e mortalidade. Os autores trabalharam com a modelagem de análise estratificada mensal para a mortalidade como os subgrupos idosos e jovens estratificados. As estimativas de risco relativo e magnitude das associações decorrentes das medidas de temperatura de hora em hora são semelhantes ou ainda mais forte se comparado a outros modelos de escala diária.

Este fenômeno continua a ser verdade para as medidas de temperatura horária defasadas e as mudanças nos padrões de associações de janeiro a dezembro.

Souza et al. (2015) constataram que o aumento da temperatura média significa condições mais confortáveis, fator responsável pela diminuição no número de internações hospitalares, e ainda verificaram que se ocorresse um acréscimo da temperatura média ocorreria um decréscimo no número das internações. O aumento provocado pelo índice da temperatura média atua como fator de proteção para o número de internações visto que o risco relativo diminui com o aumento deste índice de conforto térmico humano.

Estudos epidemiológicos mostram efeitos adversos da exposição a curto prazo à poluição do ar sobre a evolução das doenças respiratórias. No entanto, poucos estudos examinaram a associação em uma escala de tempo de hora em hora. Yorifuji et al. (2014) avaliaram as associações entre as mudanças horárias da poluição do ar e o risco relativo de doenças respiratórias em idosos, usando o tempo da chamada de emergência como o início da doença para cada caso. Foram utilizados a técnica de case crossover. Participaram do estudo idosos com idade de 65 anos ou mais. Foram calculados as concentrações médias por hora dos poluentes NO₂, SO₂, CO e O₃.

Usando modelos de regressão logística condicional, estimou-se o odds ratio por aumento interquartil em cada poluente por período de exposição antes da chamada de emergência, o ajuste de temperatura horária ambiente, a umidade relativa do ar a cada hora, e os números semanais de casos de gripe relatados com idade ≥ 65 . O estudo forneceu mais evidências de que as mudanças de hora em hora em exposição à poluição do ar aumentam os riscos de doenças respiratórias.

Galvão et al. (2015) avaliaram a relação entre a morbidade por doenças do aparelho circulatório e algumas variáveis climáticas no município de Ponta Grossa (PR), os dados epidemiológicos de internações juntamente com os dados populacionais foram utilizados para a elaboração da taxa de internação por 10.000 habitantes e analisados juntamente com os dados climáticos por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson e da Análise de Regressão Linear Múltipla. Os resultados mostraram que as taxas variaram pouco entre um mês e outro, mas se mantiveram ligeiramente mais baixas nos primeiros meses do ano (janeiro a abril) e no final do ano (novembro e dezembro), referentes aos meses mais quentes.

Quando a população idosa é analisada separadamente, as taxas de internação não apresentam um padrão específico, mas seus valores apresentam-se mais elevados. Obteve-se correlações e regressões fortes e significativas. O clima atua de forma individualizada nas várias doenças que fazem parte das doenças do aparelho cardiovascular e nos grupos etários

indicando que os efeitos do clima sobre a saúde são diversos e específicos.

O conhecimento antecipado das condições meteorológicas pode ajudar a sociedade a evitar a degradação da natureza assim como prevenir doenças do aparelho respiratório. Souza et al (2015) estudaram e realizaram uma análise estatística e através dela, criaram um modelo capaz de prever internações devido a doenças respiratórias, usando dados de poluição do ar e índices biometeorológicos, conhecidos como índices de conforto térmico humano (CTH). O estudo utilizou dados diários de internações por afecções das vias aéreas com diagnóstico de doenças respiratórias, concentração de ozônio (O₃), dados de precipitação, temperatura do ar, umidade e velocidade dos ventos referentes à cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul. Através da metodologia estatística de Modelos Lineares Generalizados (MLG) usando a Regressão de *Poisson* chegou-se a um modelo capaz de prever as internações por doenças respiratórias. Os resultados encontrados mostraram associações entre o número de internações e o a concentração de O₃ troposférico com defasagem de 4 dias e com o índice biometeorológicos usando dados de temperaturas médias e velocidades dos ventos com defasagem de 3 dias. O aumento da concentração de O₃ provoca um aumento nas internações e o risco relativo das pessoas expostas a este poluente contrair doenças respiratórias é maior do que daqueles que não se expõem. Já o conforto térmico provocado pelo aumento do índice biometeorológicos usando dados de temperaturas médias e velocidade dos ventos atua como fator de proteção para o número de internações, visto que o risco relativo diminui com o aumento deste índice. O modelo é satisfatório, visto que conseguiu mostrar que as variáveis ambientais podem ser usadas para estimar internações hospitalares.

Santos et al. (2016) pesquisaram e analisaram a influência das variáveis climáticas na hospitalização por pneumonia em crianças menores de cinco anos em Rondonópolis-MT. Na análise estatística dos dados, foi ajustado o modelo binomial negativo pertencente à classe dos modelos lineares generalizados, adotando-se um nível de significância de 5%, com base no programa estatístico R. Estimou-se que o número médio de casos destas hospitalizações diminui em aproximadamente 11,34% a cada grau centígrado de aumento acima da média da temperatura do ar e diminuía cerca de 1,52% a cada 1% de aumento acima da média da umidade relativa do ar. As atividades de promoção de saúde e de prevenção da pneumonia devem incluir ações que relacionem questões ambientais climáticas, voltadas para a diminuição dos casos de hospitalização de crianças.

Nosso estudo descobriu que a temperatura no início da manhã (por exemplo, 05:00 horas), que normalmente é a menor temperatura do dia, está associada à uma maior morbidade diária. Este resultado é consistente com estudos que têm encontrado que as

temperaturas extremas estão associadas com a morbidade de diversas doenças (Braga et al., 2001; Curriero et al. 2002). Isso poderia comprovar a forte associação entre a temperatura de manhã com a morbidade diária, já que as pessoas podem experimentar reduções na temperatura ambiente quando expostos a temperaturas exteriores relativamente frias em comparação com os interiores quando envolvidos em certas atividades, como exercício da manhã ao ar livre.

Este estudo adota análises diárias estratificadas e investiga os vários impactos de ambas as medidas diárias e horários de temperatura na morbidade diária em diferentes populações. Na população idosa, sem as considerações de temperatura horária, a gama diária de temperatura teve o impacto mais significativo na morbidade na primavera e outono, enquanto as médias mínimas e máximas de temperatura foram fortemente associadas com a morbidade no inverno e verão. A análise dos dados de temperatura por hora fornece as associações mais significativas (P-valores estatisticamente mais significativos) na maioria dos cenários. Este fenômeno é semelhante na população mais jovem, que são as mais afetadas por temperaturas mais elevadas em meses quentes.

As análises mostram informações mistas para a população total, uma vez que as populações mais velhas foram afetadas por diferentes temperaturas em comparação com a população mais jovem. No entanto, as medidas de temperatura por hora superaram as estatísticas diárias na maioria das situações e no momento mais crucial do dia em que afeta a saúde humana são bastante consistentes.

Estudos relatam a relação em umidade relativa do ar e entre a morbidade e temperatura entre a população idosa de Campo Grande (MS), onde o *spline* cúbico natural, que é uma técnica estatística amplamente utilizada em análises de séries temporais, foi implementado para controlar os efeitos residuais de confusão usando o tempo do calendário como um proxy (Lin e Wang, 2011). No entanto, o *spline* cúbico natural, assume uma relação de suavização entre o tempo do calendário e morbidade. Assim, este estudo pode ser limitado pelos controles de confusão diária, bem como a de modificações diárias em relação temperatura-morbidade. Existem muitos trabalhos que sugerem uma associação não-linear entre temperatura e morbidade (Curriero et al., 2002).

Em contraste, nosso estudo avalia a associação entre temperatura e morbidade por estratificação diária de modo a minimizar os efeitos de confusão do tempo, do calendário e permitir a associação heterogênea entre temperatura e morbidade. Assumimos a relação linear entre as medidas de dia / hora de temperatura e mortalidade, dada a pequena gama de medidas de temperatura dentro de cada mês, uma vez que as medidas de temperatura diárias e a alta

resolução das medidas de temperatura horária demonstram uma relação um tanto linear com a morbidade diária.

5. Considerações Finais

Algumas das limitações deste estudo são mencionadas como se seguem. Em primeiro lugar, alguns fatores importantes que variam de forma significativa pela cidade podem não ser totalmente ajustados nos modelos de regressão que incorporem a cidade como uma co-variável. Em segundo lugar, a má classificação de medições de temperatura pode superestimar ou subestimar a associação com a morbidade a curto prazo com base no cenário de (configurações diferenciais ou não-diferenciais) erro de classificação da exposição.

Os pontos fortes deste estudo incluem: (a) análise diária estratificada é menos influenciada pela modificação do efeito das estações sobre a associação entre medidas de temperatura e de morbidade diária quando comparados com outras estratégias, tais como ajustes sazonais ou estratificações, (b) resolução fina de medidas de temperatura de hora em hora fornece associação semelhante ou ainda mais forte com a morbidade diária, (c) o método proposto descobriu o momento mais crucial de um dia, que afeta a saúde humana e vários padrões de associações de janeiro a dezembro.

Com base nos resultados, recomenda-se que o público (jovem e idosos) poderia ser mais consciente da previsão de temperatura para o período da manhã, em torno de 5:00 horas, e à noite cerca de 20:00 horas, em vez de apenas estar focando a média diária, mínima, máxima.

Referências

Alexander, K. A., Carzolio, M., Goodin, D., & Vance, E. (2013). Climate change is likely to worsen the public health threat of diarrheal disease in Botswana. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10(4), 1202–1230.

Amegah, K., Rezza, G., & Jouni, J. K. (2016). Temperature-related morbidity and mortality in Sub-Saharan Africa: A systematic review of the empirical evidence. *Environment International*, 91(2016), 133–149.

Analitis, A., Katsouyanni, K., Bigerri, A., Baccini, M., & Forsberg, B. (2008). Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *Am J Epidemiol*, 168, 1397–1408.

Anderson, B. G., & Bell, M.L. (2009). Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, 20:205–213.

Azongo, D. K., Awine, T., Wak, G., Binka, F.N., & Oduro, A. R. (2012). A time series analysis of weather variability and all-cause mortality in the Kasena-Nankana Districts of North- ern Ghana, 1995–2010. *Glob. Health Action*, 5,14–22.

Barnett, A. G., Dobson, A. J., & Mcelduff, P. (2005). Cold periods and coronary events: an analysis of populations worldwide. *J Epidemiol Community Health*, 59:551–557.

Basu, R., Dominici, F., & Samet, J. M. (2005). Temperature and mortality among the elderly in the United States. *Epidemiology*, 16:58–66.

Basu, R. (2009). High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ. Heal.*, 8, 40.

Basu, R., & Samet, J. M. (2002). Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol. Rev.*, 24, 190–202.

Braga, A. L. F., Zanobetti, A., & Schwartz, J. (2001). The time course of weather-related deaths. *Epidemiology*, 12,662–667.

Brasil. Portaria n° 466/2012 de outubro de 2012. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa com seres humanos. Brasília (DF): Conselho Nacional de Saúde; 2012. Publicada no Diário Oficial da União de 13 de junho de 2013, Seção 1, p.59.

Curriero, F. C., Heiner, K. S., Samet, J. M., Zeger, S. L., & Strug, L. (2002). Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol*, 155, 80–87.

Fernández, M. A. L., Bauernfeind, A., Jimenez, J. D., Gil, C. L., El Omeiri, N., & Guibert, D. H. (2009). Influence of temperature and rainfall on the evolution of cholera epidemics in Lusaka, Zambia, 2003–2006: analysis of a time series. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 103(2), 137–143.

Galvão, N., Lima Leite, M., Filho, J. S. V., & Pontes, C. C. (2015). Relação entre fatores climáticos e doenças do aparelho cardiovascular no município de Ponta Grossa-PR Hygeia, 11(21), 93 - 106.

Gasparrini, A., Armstrong, B., & Kenward, A. G. (2010). Distributed lag non-linear models. *Stat Med*, 29, 2224–2234.

Gong, H., Wong, R., Sarma, R. J., Linn, W. S., Sullivan, E. D., & Shamoo, D. A. (1998). Cardiovascular effects of ozone exposure in human volunteers. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 158(2), 538–546.

Grace, K., Davenport, F., Funk, C., & Lerner, A. M. (2012). Child malnutrition and climate in sub-Saharan Africa: an analysis of recent trends in Kenya. *Appl. Geogr.*, 35, 405–413.

Guo, C. Y., Pan, W. C., Chen, M. J., Tsai, C. W., Chen, N. T., & Su, H. J. (2014). When Are We Most Vulnerable to Temperature Variations in a Day? *PLoS ONE*, 9(12).

Ingole, V., Juvekar, S., Muralidharan, V., Sambhudas, S., & Rocklov, J. (2012). The short-term association of temperature and rainfall with mortality in Vadu Health and Demographic Surveillance System: a population level time series analysis. *Glob Health Action*, 5,1–9.

Jankowska, M. M., Lopez-Carr, D., Funk, C., Husak, G. J., & Chafe, Z.A. (2012). Climate change and human health: spatial modeling of water availability, malnutrition, and livelihoods in Mali, Africa. *Appl. Geogr.*, 33, 4–15.

Lin, Y. K., Ho, T. J., & Wang, Y. C. (2011). Mortality risk associated with temperature and prolonged temperature extremes in elderly populations in Taiwan. *Environ Res*, 111,1156–1163.

Ng, S., & Cowling, B. J. (2014). Association between temperature, humidity and ebolavirus dis- ease outbreaks in Africa, 1976 to 2014. *Euro Surveill.*, 19, 35.

Oloukoi, G., Bob, U., & Jaggernath, J. (2014). Perception and trends of associated health risks with seasonal climate variation in Oke-Ogun region, Nigeria. *Health Place*, 25, 47–55.

Pan, W.H., Li, L. A., & Tsai, M. J. (1995). Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese. *Lancet*, 345, 353–355.

Portier, C. J., Thigpen, T. K., Carter, S. R., Dilworth, C. H., Grambsch, A. E., & Gohlke, J. A. (2010). Human Health Perspective on Climate Change: A Report Outlining the Re- search Needs on the Human Health Effects of Climate Change. Environmental Health Perspectives/National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park, NC.

Rocklov, J., & Forsberg, B. (2008). The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998–2003: a study of lag structures and heatwave effects. *Scand J Public Health*, 36, 516–523.

Santos, D. A. S., Azevedo, P. V., Olinda, R., Souza, A., Azevedo, J. V. V., Silva, M. S. S., & Silva, F. P. (2016). Influência das variáveis climáticas na hospitalização por pneumonia em crianças menores de cinco anos em Rondonópolis-MT. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), 413-429.

Schwartz, J. (2005). Who is sensitive to extremes of temperature? A case-only analysis. *Epidemiology* 16, 67–72.

Sung, T. I., Wu, P. C., Lung, S. C., Lin, C. Y., & Chen, M. J. (2013). Relationship between heat index and mortality of 6 major cities in Taiwan. *Sci Total Environ*, 442, 275–281.

Souza, A., Aristone, F., Pavao, H. G., Kofanovski, A. Z., Santos, D. A. S. (2015). Impact of atmospheric environment in hospital admissions for respiratory diseases. *Espacios*, 36(24), 12p.

Souza, A. & Santos, D. A. S.(2016). Temperature as a risk factor for hospital admissions in 70 cities MS. *Ciência e Natura*, 38, 1512-1522.

Thompson, A. A., Matamale, L., & Kharidza, S. D. (2012). Impact of climate change on children's health in Limpopo Province, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9 (3), 831–854.

Ye, X., Wolff, R., Yu, W., Vaneckova, P., & Pan, X. (2012). Ambient temperature and morbidity: a review of epidemiological evidence. *Environ Health Perspect*, 120,19–28.

Yorifuji, T., Suzuki, E., & Kashima, S. (2014). Hourly differences in air pollution and risk of respiratory disease in the elderly: a time-stratified case-crossover study. *Environ Health*, 13, 67.

Zanobetti, A., & Schwartz, J. (2008).Temperature and mortality in nine US cities. *Epidemiology* 19,563–570.

Zanobetti, A., O'Neill, M. S., Gronlund, C. J., & Schwartz, J. D. (2013). Susceptibility to mortality in weather extremes: effect modification by personal and small-area characteristics. *Epidemiology*, 24,809–819.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Amaury Souza– 100%

Débora Aparecida da Silva Santos – 80%