

## ASSOCIAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CALOR E INTERNAÇÕES POR INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO EM MANAUS-AM

## ASSOCIATION BETWEEN THE HEAT INDEX AND HOSPITALIZATIONS FOR ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION IN MANAUS-AM

**Tiago Bentes Mandú**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
[tiagobentes1@gmail.com](mailto:tiagobentes1@gmail.com)

**Ana Carla Dos Santos Gomes**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
[anacarlasmq02@gmail.com](mailto:anacarlasmq02@gmail.com)

**Roseilson Souza Do Vale**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
[roseilsondovale@gmail.com](mailto:roseilsondovale@gmail.com)

**Marconio Silva dos Santos**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
[marconiosantos@yahoo.com](mailto:marconiosantos@yahoo.com)

### RESUMO

Nas últimas décadas, um crescente número de estudos epidemiológicos encontrou os efeitos de condições atmosféricas em doenças cardiovasculares, incluindo o infarto agudo no miocárdio (IAM). No Brasil, a expansão de grandes centros urbanos vem trazendo efeitos negativos à saúde da população, principalmente aos grupos de risco. Diante desse cenário, esse trabalho tem como objetivo verificar associação entre internações por IAM e condições meteorológicas em Manaus, capital do estado do Amazonas. Para isso, foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar registrados pela estação meteorológica nº82331 do INMET/2ºDISME, disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), e de internações por IAM em idosos (60 anos ou mais), por local de residência do banco de dados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) no período de 2000 a 2017. As técnicas estatísticas utilizadas foram: correlação cruzada (CC), que avalia a relação e a defasagem entre as variáveis e o teste não paramétrico *seasonal Mann-Kendall*, que verifica a ocorrência de tendência, ambas tiveram auxílio do *software* estatístico R. Para verificar a sinergia da temperatura e a umidade relativa do ar foi calculado o índice de calor. Os resultados apontam, por meio da CC, associação significativa no *Lag 2* e ocorrência de tendência de crescimento com significância estatística, tanto na série das internações por IAM como na dos valores do índice de calor. Conclui-se que a relação entre clima e saúde testada é significativa ( $p$ -valor  $\leq 0,005$ ) e que condições térmicas influenciam nas internações, com dois meses de defasagem, ou seja, ao ocorrer o aumento no índice de calor, após dois meses pode-se aguardar um aumento no número de internações por IAM em Manaus. Espera-se que os resultados desse estudo possam auxiliar na formulação de políticas públicas ambientais e de saúde.

**Palavras chaves:** Clima e saúde. Idosos. Correlação cruzada. *Seasonal Mann – Kendall* test. Conforto térmico.

### ABSTRACT

In recent decades, a growing number of epidemiological studies have found the effects of atmospheric conditions on cardiovascular diseases, including acute myocardial infarction (AMI). In Brazil, the expansion of large urban centers has been bringing negative effects to the population's health, especially to the risk groups. In view of this scenario, this study aims to verify the association between hospitalizations due to AMI and meteorological conditions in Manaus, capital of the state of Amazonas. For this, we used data of temperature and air

---

Recebido em: 29/08/2018

Aceito para publicação em: 21/05/2019

relative humidity recorded by the meteorological station N°82331 of INMET/2°DISME, made available by the Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), and hospitalizations for AMI in the elderly (60 years or more), by place of residence of the data bank of the Departamento de Informática do SUS (DATASUS) in the period from 2000 to 2017. The statistical techniques used were: cross-correlation (CC), which evaluates the relationship and lag between the variables and the non-parametric Mann-Kendall seasonal test, which verifies the occurrence of trend, both of them were assisted by the statistical software R. To verify the temperature synergy and the air relative humidity was calculated the heat index. The results indicate, through CC, a significant association in lag 2 and the occurrence of growth tendency with statistical significance, both in the series of hospitalizations for AMI and in the values of the heat index. It is concluded that the relationship between climate and health tested is significant ( $p$ -value  $\leq 0.005$ ) and that thermal conditions influence the hospitalizations, with two months of lag, that is, when the increase in the heat index occurs, after two months one can expect an increase in the Number of hospitalizations for AMI in Manaus. It is hoped that the results of this study may help in the formulation of environmental and health public policies.

**Key words:** Climate and health. Elderly. Cross-correlation. Seasonal Mann – Kendall test. Thermal comfort.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, as doenças cardiovasculares (DCV) são a principal causa de morbimortalidade em idosos no mundo inteiro. No Brasil, as DCV são a primeira causa de óbitos, responsável por cerca de 30% dos registros totais, essas doenças também são terceira maior causa de internamentos em todo o país (TUAN et al., 2016; WHO, 2018). Dentre as DCV, o infarto agudo no miocárdio (IAM) é uma das doenças com maiores taxas de ocorrência. De acordo com Rumana et al. (2008) o IAM é ocasionado por fatores fisiológicos que estimulam a liberação de catecolaminas em áreas do sistema nervoso simpático, estudos mostram que condições climáticas exercem influência em sua incidência. Devido ao risco dessas doenças, a organização das nações unidas (ONU) afirma que uma das prioridades em seu projeto de desenvolvimento sustentável é a redução da quantidade de morbimortalidade ocasionadas por esse grupo de enfermidades (MESQUITA e LEÃO, 2018).

Estudos recentes apontam que a temperatura e a umidade relativa do ar podem aumentar significativamente os internamentos e óbitos por IAM (GARCÍA et al., 2016; LIU et al., 2018; MOHAMMAD et al., 2018; AKIOKA et al., 2019). Assim também, Ge et al. (2018) afirmam que a relação existente entre doenças coronarianas e condições atmosféricas se mostra biologicamente plausível. Entretanto, o mecanismo exato permanece indefinido. O impacto de variáveis meteorológicas na ocorrência de diversas enfermidades já foi observado em diversos estudos. No entanto, tais estudos permitem observar somente o seu efeito individual. A aplicação de índices biometeorológicos que são gerados a partir de variáveis como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento potencializam a compreensão da relação entre o ambiente térmico e internações hospitalares por IAM (MORABITO et al., 2008).

De acordo com Ribeiro et al. (2016), devido a urbanização mais acentuada que teve início por volta dos anos 60, estudos que analisam o impacto desse processo na saúde humana vêm ganhando destaque na comunidade científica, os efeitos diretos e indiretos causados pela alteração na temperatura, umidade relativa do ar e circulação de ventos têm sido bem documentados no Brasil e no mundo. Esses autores afirmam que em áreas urbanas o ambiente térmico exerce efeito na termorregulação e regulação circulatória, gerando uma sobrecarga ao organismo que pode desencadear doenças e levar até a óbito. A verticalização urbana ocorrida em Manaus revela alterações no clima urbano do município, o impacto causado por esse processo pode ter afetado de forma significativa a qualidade dos seus habitantes que ali residem (BARBOSA et al., 2015).

O estresse térmico está diretamente relacionado com a saúde humana. Portanto, é essencial avaliar tendências nesse estresse, o que na região tropical pode ser feito utilizando índices de desconforto térmico (DHORDE e DESAI, 2018). O estudo de Bunker et al. (2016) mostra que um aumento de 1°C no ambiente térmico corresponde a uma elevação de aproximadamente 3% na ocorrência de doenças cardiovasculares. Galvão et al. (2015) apontam que fatores meteorológicos apresentam efeito significativo em internamentos por DCV em idosos na região Sul do Brasil, entretanto estudos

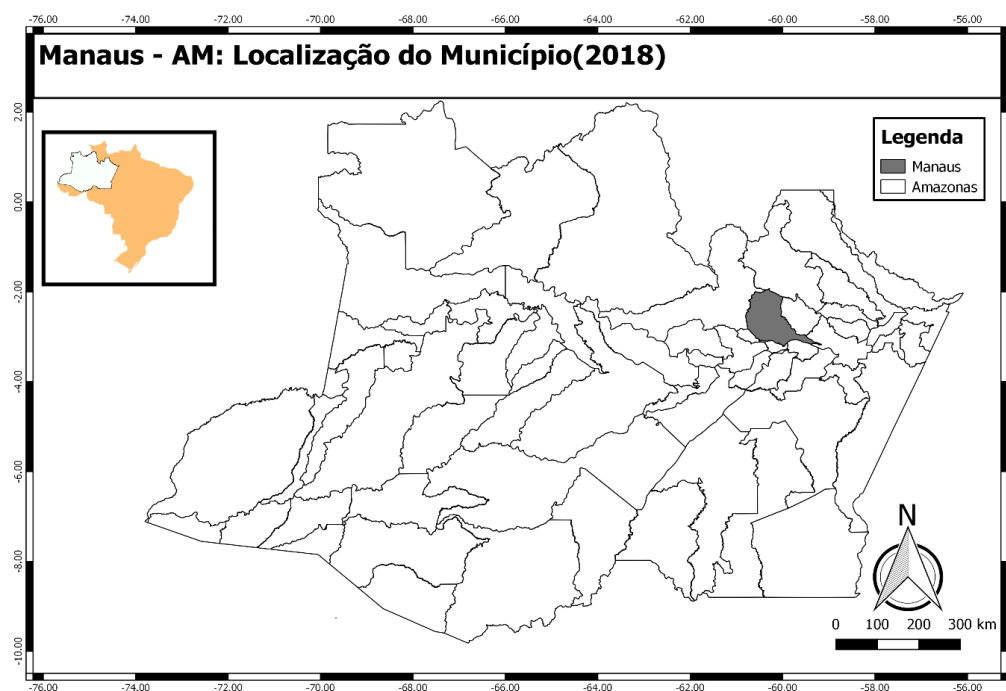
semelhantes a estes são escassos na região norte do país. De acordo com Claeys et al. (2017), os idosos são mais suscetíveis a alterações atmosféricas, devido suas condições inerentes à idade.

O relatório do Ministério da Saúde divulgado no início de 2018 chama atenção para as doenças cardiovasculares na região Norte do Brasil. Nessa região, destaca-se principalmente o município de Manaus, que se encontra em 9º lugar dentre todos os municípios do país no número de internamentos por IAM, com 12.200 casos, apresentando um crescimento de 78,2% nos últimos 10 anos (DATASUS, 2018). Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é verificar a existência de associação entre as condições atmosféricas e o número de internações por IAM em idosos com 60 anos ou mais, observando também se existe tendência de elevação ou de redução nas séries temporais das variáveis analisadas em Manaus para o período de 2000 a 2017.

## MATERIAL E MÉTODOS

Manaus (03°06'0"S e 60°01'0"W) é a capital do estado do Amazonas e tem sua localização geográfica mostrada na Figura 1. O município faz parte da mesorregião do centro amazonense e da microrregião de Manaus, possui área de 11.458,50 km<sup>2</sup> e população estimada de 2.130.264 habitantes, com 186,85 hab./km<sup>2</sup> de densidade populacional (FIOCRUZ, 2010). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima do município é 'Ami', tropical chuvoso com precipitação acumulada mensal  $\geq 60$  mm e aproximadamente 2.290 mm.ano<sup>-1</sup>, a temperatura média varia entre 23°C e 31°C com baixa amplitude mensal e anual, a umidade relativa do ar é próxima aos 80% durante o ano inteiro.

Figura 1 - Área de estudo. Fonte: IBGE (2018), adaptado pelos autores.

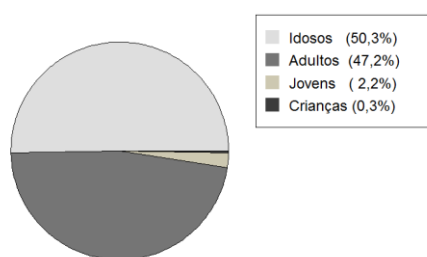


Neste estudo, foram utilizados dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar, no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2017, coletados pela estação N° 82331 e disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados epidemiológicos foram coletados junto ao banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Foram obtidos registros de internações hospitalares por infarto agudo no miocárdio em idosos com 60 anos ou mais para o mesmo período acima citado. Os dados disponíveis são oriundos do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), gerido pelo Ministério da Saúde, por meio da Secretaria de Assistência à Saúde, em conjunto com as Secretarias Estaduais de Saúde e as

Secretarias Municipais de Saúde, e processados pelo DATASUS da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde.

Durante o período em estudo foram registradas 12.200 internações por IAM na rede SUS no município de Manaus. A escolha da faixa etária para este estudo foi feita a partir da classe de maior ocorrência, conforme a Figura 2, que apresenta a seguinte divisão: crianças (0 a 14 anos), jovens (15 a 29 anos), adultos (30 a 59 anos) e idosos (com 60 anos ou mais). Essa divisão se refere ao infarto agudo no miocárdio, por local de residência. Consta-se que o grupo de idosos apresentou 6.137 internações, mais da metade dos casos notificados (50,3%), o que indica que nesse município esse é o grupo mais sucessível a ocorrência de IAM.

Figura 2 - Percentual de internamentos ocorridos no SUS por IAM em Manaus para o período de 2000 a 2017.



Para representar o conforto térmico adotou-se o índice de calor (IC), desenvolvido por Winterling em 1978, adaptado por Steadman (1979) e que, baseado no balanço de energia, define faixas de conforto ou de desconforto (Tabela 1). O IC é calculado de acordo com a equação utilizada por Opitz-Stapleton et al. (2016):

$$IC = -42,379 + 2,04901523 \cdot T + 10,14333127 \cdot UR - 6,83783 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 5,481717 \cdot 10^{-2} \cdot UR^2 + 1,22874 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot UR + 8,5282 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot UR - 1,99 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \cdot UR^2$$

Onde T é a temperatura (°F) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Posteriormente, o IC foi convertido para a escala Celsius (°C) utilizando a seguinte equação:

$$C = \frac{F - 32}{1,8}$$

Em que C é o IC em graus Celsius e F é o IC em Fahrenheit.

Tabela 1 - Níveis de alerta do IC e suas consequências à saúde humana.

| Nível de alerta | Índice de calor  | Sintomas  |
|-----------------|------------------|---|
| Perigo extremo  | 54,0°C ou mais   | Insolação; risco de acidente vascular cerebral (AVC) iminente.  |
| Perigo          | 41,1°C – 54,0°C  | Câimbras, insolação, esgotamento físico. Possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas. |
| Cautela extrema | 32,1°C – 41,0°C  | Possibilidade de câimbras, de esgotamento físico e insolação para exposições prolongadas e atividades físicas.                      |
| Cautela         | 27,1°C – 32,0°C  | Possível fadiga em casos de exposições prolongadas e prática de atividades físicas.   |
| Não há alerta   | Menor que 27,0°C | Não há problemas  |

Fonte: Adaptado de *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA.

Para verificar a associação e o tempo de resposta entre as variáveis foi utilizada a correlação cruzada que permite observar o grau e o momento onde as duas variáveis se correlacionam (GOMES et al., 2018). O estimador da função correlação cruzada é calculado por meio da equação abaixo.

$$\hat{\rho}_{xy}(h) = \frac{\sum_{t=1}^{n-h} (x_{t+h} - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{n^{-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 (\sum_{t=1}^n y_t - \bar{y})^2}$$

em que  $x_t$  e  $y_t$  são as t-ésimas observações das variáveis;  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são as médias amostrais; h é o coeficiente de defasagem e n é o número de observações.

Para análise de possíveis tendências, utilizou-se o método estatístico *Seasonal Mann-Kendall* (SMK), que é uma adaptação do teste de Mann-Kendall, proposto por Sneyers (1975). Esse é o método sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), e por isso muito utilizado em estudos dessa natureza. Trata-se de um teste não-paramétrico para avaliar tendência em uma série temporal (MANN, 1945). O método compara cada valor da série temporal com os demais valores remanescentes em ordem sequencial. Blain (2010) descreve o método por meio das seguintes equações:

$$S = \sum_{j=1}^{12} T_j; \text{ para } T_j = \sum_{k < j} \text{ sinal}(Z_j - Z_{kj})$$

em que j representa os meses do ano

$$\text{Var}(S) = \sum_{j=1}^{12} \text{Var}(T_j) + \sum_{\substack{j, g=1 \\ g \neq j}}^{12} \text{Cov}(T_j; T_g)$$

$$\text{Var}(T_j) = \frac{N_j(N_j-1)(2N_j+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

$$\text{Cov}(T_j; T_g) = \left( \frac{s_{jg} + \sum_{m=1}^n R_{mj}R_{mg} - n(n_j+1)(n_g+1)}{3} \right)$$

O número de observações mensais na série temporal é dado por:

$$S_{jg} = \sum_{m < n} \text{ sinal}[(Z_{mj} - Z_{mj})(Z_{ng} - Z_{ng})]$$

Os valores de cada mês são organizados em ordem crescente em uma matriz R, chamada matriz do rank, em que o m-ésimo elemento no j-ésimo mês é:

$$R_{mj} = \frac{n_j + 1 + \sum_{k=1}^n \text{ sinal}(X_{mj} - x_{kj})}{2}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{para } S > 0 \\ 0; & \text{para } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{para } S < 0 \end{cases}$$

Os dados de temperatura do ar apresentavam falhas em dois meses. Para preenchê-las, utilizou-se o método de imputação múltipla via *MICE* (*Multivariate Imputation by Chained Equation*) que, baseado no método de Monte Carlo via cadeias de Markov, consegue simular dados coerentes onde existem falhas (LI et al., 2015). O *MICE* está disponível com pacote intitulado '*mice*' no *software* livre R 3.5.1 e o pacote '*trend*' pode ser utilizado para calcular o SMK, conforme feito neste estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

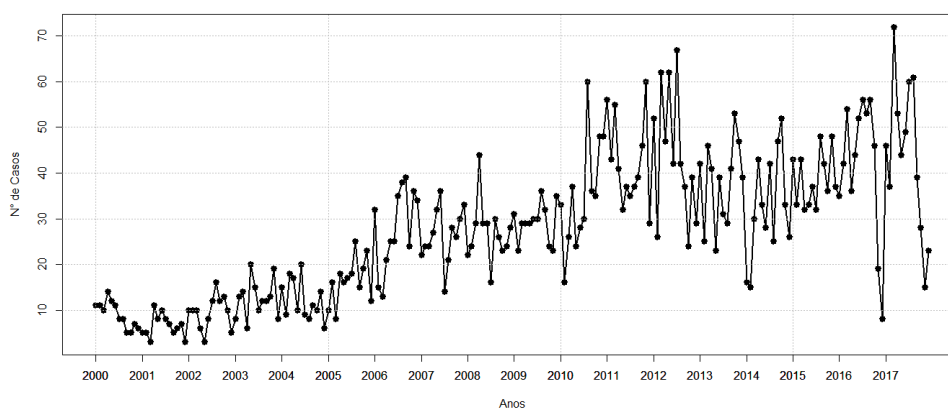
Durante o período analisado ocorreram 6.137 internamentos de idosos no SUS por IAM, desses 65,4% ocorreram entre 2010 e 2017, o que indica um aumento claro na incidência dessa enfermidade no município de Manaus. Destaca-se também que nos 18 anos analisados sempre houve no mínimo três internamentos por mês. As estatísticas de IAM e IC são apresentadas na Tabela 2. É possível observar que o índice de calor tem média na categoria de cautela, com seu valor máximo e mínimo nas categorias sem risco e cautela extrema, respectivamente. O desvio padrão se mostra abaixo de 2°C, ocasionado pela baixa amplitude térmica observada na região próxima a linha do equador (REBOITA et al., 2010).

Tabela 2 – Estatísticas descritivas de IAM e IC em Manaus no período de 2000 a 2017.

| Estatísticas  | IAM  | IC   |
|---------------|------|------|
| Média         | 27,4 | 31,0 |
| Mediana       | 27   | 30,9 |
| Desvio padrão | 15,6 | 1,91 |
| Máximo        | 72   | 37,2 |
| Mínimo        | 3    | 26,1 |

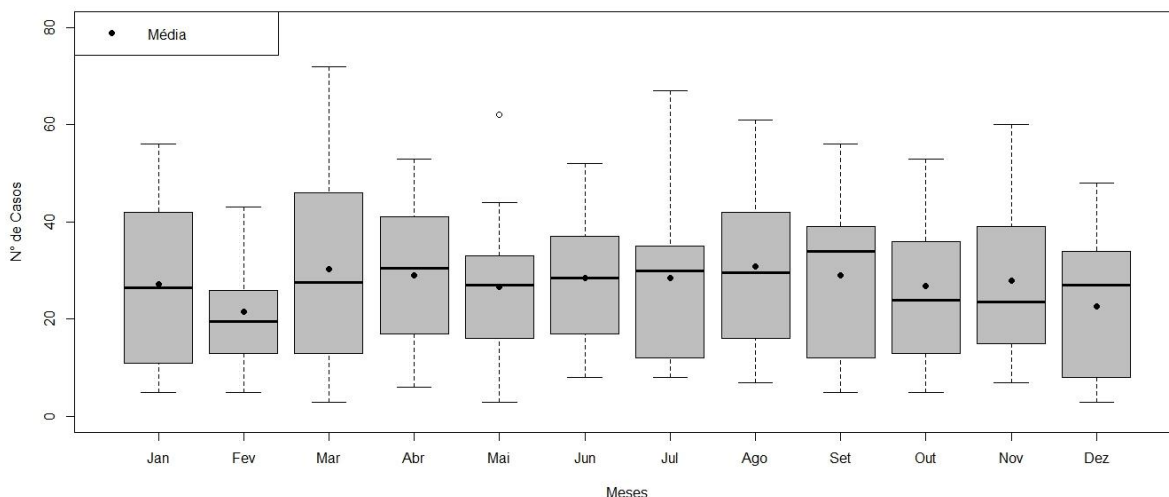
A série temporal dos internamentos ocorridos no SUS está contida na Figura 3. Nota-se um crescimento significativo com variabilidade mais acentuada a partir do início desta última década, com amplitude ainda maior para os anos de 2016 e 2017. Até o ano de 2005 o número de internações anuais era inferior a 200 registros. Após esse ano, ocorreram sempre mais de 300 casos anuais, alcançando 529 internamentos em 2012. É possível verificar que o primeiro registro acima de 30 casos mensais só é observado em 2006, e acima de 60 notificações em 2010. O maior registro observado ocorreu em março de 2017 com um total de 72 internações. Estudos já comprovaram que a ocorrência de doenças cardiovasculares pode estar relacionada com o aumento do desconforto térmico, assim como hábitos de vida como o tabagismo, consumo de álcool, obesidade e hipertensão arterial. A literatura recente propõe incluir o aumento de condições térmicas como um dos fatores de risco, e ainda incentivam a realização de pesquisas em regiões tropicais e subtropicais, que carecem de estudos dessa natureza (PHUNG et al., 2016).

Figura 3 - Comportamento dos internamentos ocorridos no SUS por IAM em Manaus–AM de 2000 a 2017



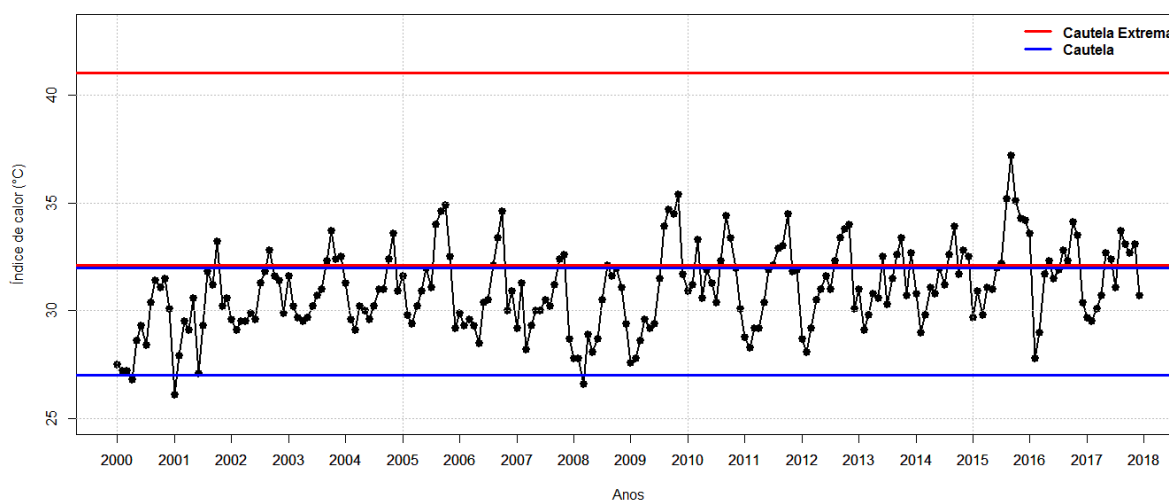
A partir da Figura 4, observa-se grande variabilidade para todos os meses, exceto para fevereiro, que pode estar relacionada com o aumento dos internamentos, que foi mencionado anteriormente. A maior e menor amplitude foi observada nos meses de março e fevereiro, de 69 e 38 internamentos, respectivamente. O estudo de Nagarajan et al. (2017) mostra que as internações por IAM tem comportamento sazonal, com a maior variabilidade ocorrendo na primavera e no verão, como constatado nesse estudo.

Figura 4 - *Boxplot* mensal do número de internamentos mensal por IAM em Manaus - AM para o período de 2000 a 2017.



A série do índice de calor (IC), mostrada na Figura 5, apresenta o menor valor em janeiro de 2001 (26,1°C) e o maior em setembro de 2015 (37,2°C). As linhas vermelhas delimitam a categoria cautela extrema, e as azuis delimitam cautela. É possível observar que valores abaixo da linha azul inferior (que de acordo com a Tabela 1 representa a categoria sem risco) foram observados somente nos anos de 2000, 2001 e 2008.

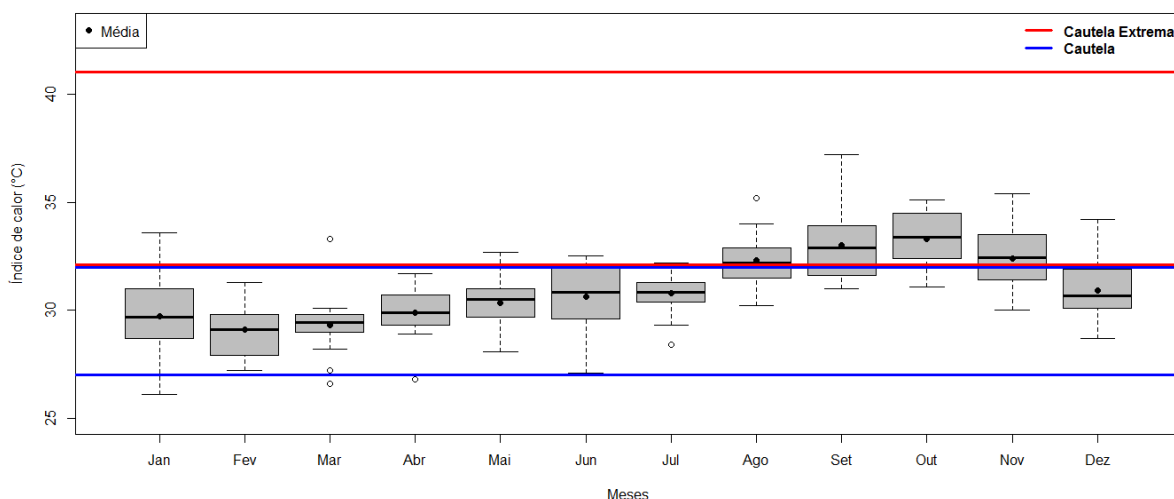
Figura 5 - Série temporal do índice de calor em Manaus - AM no período de 2000 a 2017.



A Figura 6 mostra o comportamento mensal do índice de calor, onde é possível observar uma sazonalidade com dois períodos bem definidos. No primeiro semestre do ano, as médias mensais ficam na categoria cautela. No segundo (de agosto a novembro), a média e a variabilidade ficam no

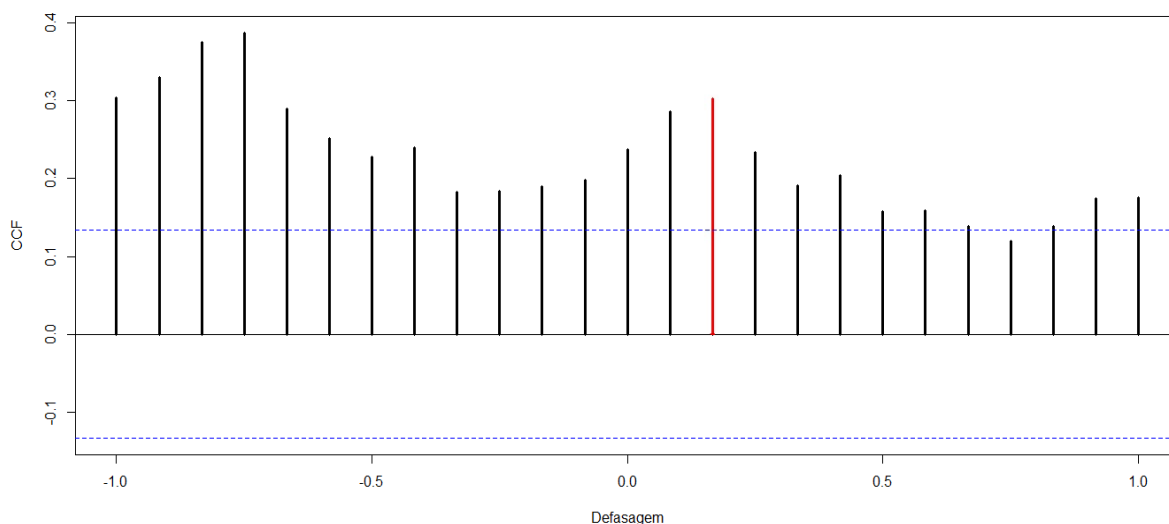
estado de cautela extrema. De acordo com as normais climatológicas do INMET o maior valor de temperatura do ar acontece em setembro (28 °C) e o menor em março (26,3 °C), já para a umidade relativa do ar se tem o comportamento inverso, o maior valor é observado em março (88 %) e o menor em setembro (77%) (DINIZ et al., 2018). O índice de calor apresenta comportamento semelhante ao da temperatura. Os meses citados coincidem com os dois meses de maior ocorrência de IAM, o que pode ser um indicativo de associação sazonal entre essas variáveis. Abrignani et al. (2009) afirmam que picos sazonais são um dos principais elementos para o entendimento dessa relação, corroborando com o observado neste estudo realizado em Manaus.

Figura 6 - *Boxplot* mensal do índice de calor no município de Manaus - AM.



A Figura 7 mostra a correlação cruzada entre índice de calor e número de internamentos por mês por IAM, onde é possível observar relação direta e com significância estatística no *Lag 2* (sinal em vermelho). Murara et al. (2010) afirmam que a relação entre clima e saúde é defasada, ou seja, existe um tempo de resposta do organismo humano às condições atmosféricas. O efeito defasado mostrou associação superior ao *Lag 0*, o que corrobora com o que Gomes et al. (2018) observaram em São Paulo, indicando que a associação entre doenças cardiovasculares e condições atmosféricas possui um tempo de resposta de 1 a 2 meses. Contudo, estudos posteriores são necessários para melhor entendimento dessa relação.

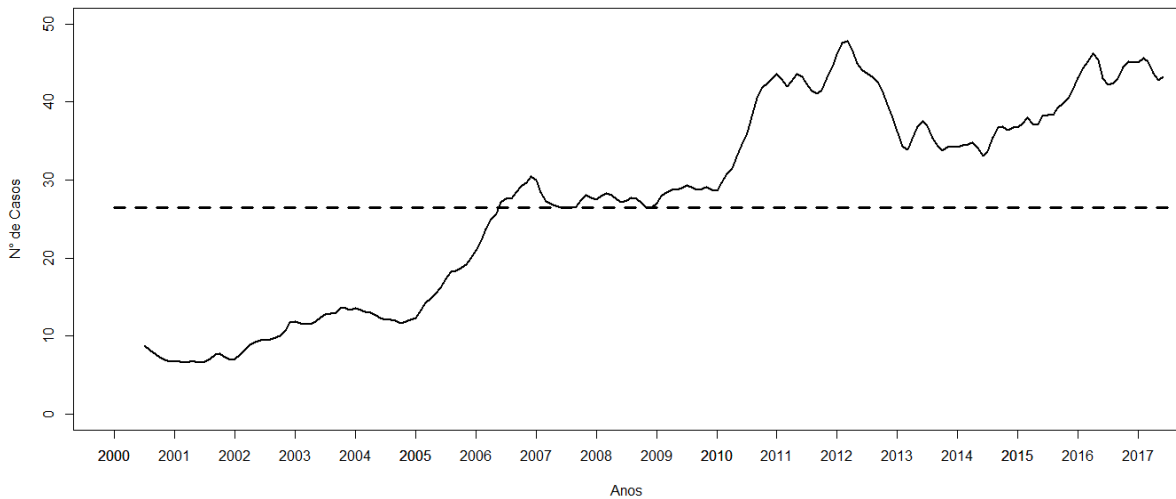
Figura 7 - Correlação cruzada entre o índice de calor e número de internações por infarto agudo no miocárdio em idosos acima de 60 anos em Manaus - AM de 2000 a 2017.





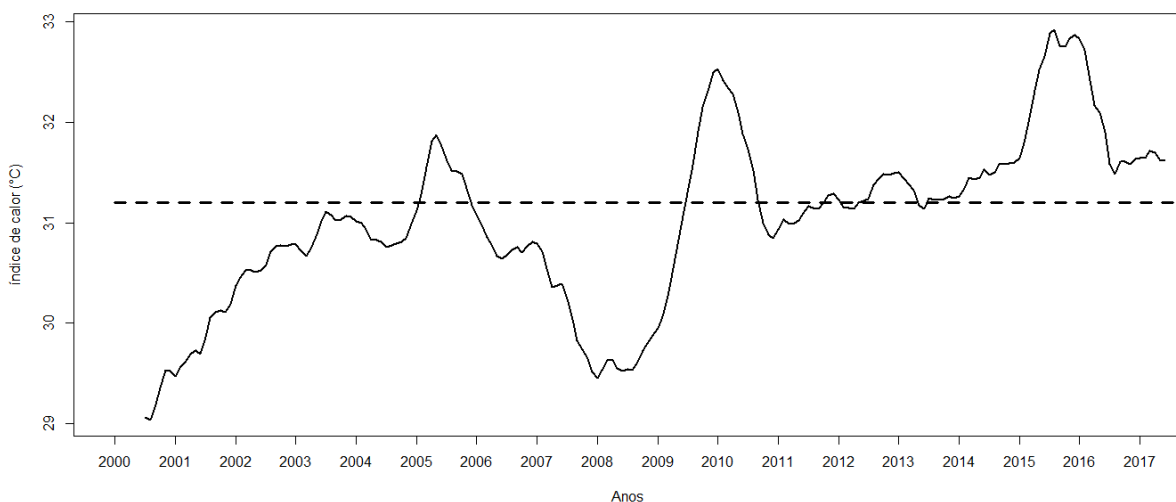
Na Figura 8, constata-se claramente um aumento nos casos de IAM ao longo dos 18 anos analisados. Os pontos de destaque estão nos anos de 2005, 2010 e 2015, que coincidem com períodos de ocorrência de eventos extremos climáticos na região de estudo (VALE et al., 2016). Tais eventos podem afetar diretamente as internações de diversas enfermidades, conforme mostram os estudos de HASHIM e HASHIM, (2016); CURTIS et al. (2017) e BELL et al. (2018).

Figura 8 – Comportamento da Tendência do número internamentos ocorridos no SUS por IAM, a linha tracejada representa o número médio de casos em Manaus - AM no período de 2000 a 2017.



O comportamento da tendência do IC é mostrado na Figura 9, onde a linha tracejada representa a diferença entre o estado de cautela e cautela extrema. Valores na categoria de cautela extrema são observados apenas nos anos de 2005, 2009 e 2010, porém após 2012 não há a presença de valores < 32,1°C.

Figura 9 - Comportamento da Tendência do índice de calor, a linha tracejada representa a separação de condições de cautela e cautela extrema, abaixo e acima da linha, respectivamente, em Manaus - AM no período de 2000 a 2017.



A Tabela 3 mostra a aplicação do *Seasonal Mann-Kendall test* nas séries temporais do número de internações no SUS por infarto agudo no miocárdio e do índice de calor. Ambas as variáveis mostram tendência de aumento significativo, conforme os pressupostos do método. Isso significa que o número de internamentos por mês está crescendo com o passar dos anos, resultado que difere do observado por Lentsck et al. (2015) no Sul do Brasil, que pode estar relacionado com a diferente dinâmica das localidades ou também com a tendência observada no IC.

Tabela 3 – *Seasonal Mann-Kendall test* (SMK) para casos de IAM em idosos e sensação térmica no período de 2000 a 2017.

|            | Z    | Tendência<br>$\alpha \leq 0,05$ |
|------------|------|---------------------------------|
| <b>IAM</b> | 13,0 | <b>S+</b>                       |
| <b>IC</b>  | 6,73 | <b>S+</b>                       |

**NS**= Tendência não significativa; **S+**=Tendência significativa positiva; **S-**=Tendência significativa negativa.

Como a correlação cruzada identificou um comportamento defasado, considerou-se aplicar o SMK para cada mês do ano (Tabela 4) a fim de buscar uma melhor compreensão da tendência observada. Os internamentos por IAM mostram crescimento significativo para todos os meses, já o IC apresenta aumento com significância para o período de abril a agosto. Causalmente ou não, o maior valor de Z (estatística do teste) referente aos internamentos acontece em setembro, mês seguinte ao fim do período de tendência significativa do IC, o que pode ser mais um indicativo da relação defasada entre essas variáveis.

Tabela 4 - *Seasonal Mann-Kendall test* (SMK) mensal de internamentos no SUS por IAM em idosos e índice de calor no período de 2000 a 2017.

|                  | <b>IAM</b> |                                 | <b>IC</b> |                                 |
|------------------|------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|
|                  | Z          | Tendência<br>$\alpha \leq 0,05$ | Z         | Tendência<br>$\alpha \leq 0,05$ |
| <b>Janeiro</b>   | 3,57       | <b>S+</b>                       | 0,84      | NS                              |
| <b>Fevereiro</b> | 3,68       | <b>S+</b>                       | 0,30      | NS                              |
| <b>Março</b>     | 4,25       | <b>S+</b>                       | 1,41      | NS                              |
| <b>Abril</b>     | 3,87       | <b>S+</b>                       | 3,34      | <b>S+</b>                       |
| <b>Mai</b>       | 3,87       | <b>S+</b>                       | 2,85      | <b>S+</b>                       |
| <b>Junho</b>     | 4,25       | <b>S+</b>                       | 3,19      | <b>S+</b>                       |
| <b>Julho</b>     | 4,21       | <b>S+</b>                       | 2,20      | <b>S+</b>                       |
| <b>Agosto</b>    | 3,72       | <b>S+</b>                       | 2,58      | <b>S+</b>                       |
| <b>Setembro</b>  | 4,53       | <b>S+</b>                       | 1,71      | NS                              |
| <b>Outubro</b>   | 4,07       | <b>S+</b>                       | 1,10      | NS                              |
| <b>Novembro</b>  | 2,51       | <b>S+</b>                       | 1,81      | NS                              |
| <b>Dezembro</b>  | 2,48       | <b>S+</b>                       | 1,56      | NS                              |

**NS**= Tendência não significativa; **S+**=Tendência significativa positiva; **S-**=Tendência significativa negativa.

Neste estudo, uma associação entre o conforto térmico e o número de internamentos foi encontrada. Um total de 6.136 registros de internamentos em Manaus, com a maior correlação observada no *lag* 2. Os achados deste estudo podem auxiliar na redução de ocorrência por IAM, além de contribuir com políticas governamentais, uma vez que aproximadamente 16% dos custos hospitalares no município de Manaus são causados por doenças cardiovasculares (MEDEIROS et al., 2014).

Estudos que buscam identificar os efeitos do desconforto térmico em doenças cardiovasculares ainda são escassos. Em São Paulo, Ikefuti et al. (2018) mostram que os impactos causados por condições térmicas em doenças coronarianas são significativos e abrangem tanto homens quanto mulheres, o que ressalta a importância de avaliar tal relação. Fora do Brasil, os estudos de Ogbomo et al. (2017)

resultaram que, em Michigan, o aumento de internamentos por IAM está relacionado com altas temperaturas, assim como o trabalho de Gebhard et al. (2018), que afirma que altas temperaturas podem ocasionar ocorrência de IAM em mulheres com menos de 55 anos. Tais estudos mostram que os efeitos do ambiente nessa enfermidade ainda não são definitivos e que podem variar de acordo com a localidade, faixa etária e sexo, o que ressalta a importância de estudos em diferentes locais, principalmente em áreas com poucos estudos biometeorológicos, como é o caso da Amazônia.

Kleerekoper et al. (2012) indicam que, diante dos estudos que apontam um aumento na temperatura do planeta, se também for observado tal elevação no microclima de uma cidade, pode ocorrer um acréscimo significativo na morbimortalidade de diversas enfermidades, inclusive o IAM, principalmente aos grupos de risco, que são crianças e idosos. O SMK aponta essa alteração no município de Manaus que, junto com os demais fatores de risco do IAM, pode contribuir com sua ocorrência. Neste estudo, foi possível observar o potencial da utilização do índice de calor em saúde pública, uma vez que o mesmo é efeito sinérgico da temperatura do ar e da umidade relativa. Essa relação ainda poderá ser melhor observada com a utilização de dados diários e com métodos estatísticos mais robustos que sejam capazes de representar a complexa relação o clima e a saúde humana.

## CONCLUSÃO

A associação positiva encontrada entre o IC e IAM indica que altas temperaturas em conjunto a baixa umidade relativa do ar causam um aumento no número de internamentos em idosos com 60 anos ou mais. Também foi possível observar que tal associação é defasada, e o efeito do ambiente é mais significativo dois meses após a exposição a uma condição térmica nociva. Além disso, foram observadas tendências significativas no índice de calor, que indica um aumento no ambiente térmico, e a elevação observada nos internamentos por IAM pode ter relação com tal acréscimo. Nosso estudo fornece evidências quantitativas de como o conforto térmico afeta a saúde dos idosos residentes no município de Manaus, e espera-se que sirva de auxílio para o desenvolvimento de políticas públicas.

## REFERÊNCIAS

- ABRIGNANI, M. G.; CORRAO, S.; BIONDO, G. B.; RENDA, N.; BRASCHI, A.; NOVO, G.; GIROLAMO, A.D.; BRASCHI, G.B.; NOVO, S. Influence of climatic variables on acute myocardial infarction hospital admissions. **International journal of cardiology**, n.2, v.137, p.123-129, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2008.06.036>
- AKIOKA, H.; YUFU, K.; TESHIMA, Y.; KAWANO, K.; ISHII, K.; ABE, I.; KONDO, H.; SAITO, S.; FUKUI, A.; OKADA, N.; NAGANO, N.; SHINOHARA, T.; NAKAGAWA, M.; HARA, M.; TAKAHASHI, N. Seasonal variations of weather conditions on acute myocardial infarction onset: Oita AMI Registry, **Heart and Vessels**, v.34, n.1, p.9-18, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00380-018-1213-6>
- BARBOSA, P. H. D.; DA COSTA, A. C. L.; DA CUNHA, A. C.; JUNIOR, J. D. A. S. Variabilidade De Elementos Meteorológicos E De Conforto Térmico Em Diferentes Ambientes Na Amazônia Brasileira (Weather Elements Of Variability And Thermal Comfort In Different Environments In The Brazilian Amazon). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n. 11, p. 98-118, 2015. <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.43048>
- BELL, J. E.; BROWN, C. L.; CONLON, K.; HERRING, S.; KUNKEL, K. E.; LAWRIK, J.; UEIJO, C. Changes in extreme events and the potential impacts on human health, **Journal of the Air & Waste Management association**, v.68, n.4, p.265-287, 2018. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>
- BLAIN, G. C. Detecção de tendências monótonas em séries mensais de precipitação pluvial do estado de São Paulo. **Bragantia**, n.4, v.69, p.1027-1033, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400031>
- BUNKER, A.; WILDENHAIN, J.; VANDENBERGH, A.; HENSCHKE, N.; ROCKLOV, J.; HAJAT, S.; SAUERBORN, R. Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. **EBioMedicine** v.6, n.1, p.258–268, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.02.034>
- CLAEYS, M. J.; RAJAGOPALAN, S.; NAWROT, T. S.; BROOK, R. D. Climate and environmental triggers of acute myocardial infarction, **European Heart Journal**, v.38, n.1, p.955–960, 2017.

CURTIS, S.; FAIR, A.; WISTOW, J.; VAL, D. V.; OVEN, K. Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems, **Environmental Health**, v.16, n.1, p.1-28, 2017.

<https://doi.org/10.1186/s12940-017-0324-3>

DATASUS. Ministério da Saúde, Brasil, 2018. Disponível em <[datasus.saude.gov.br/](https://datasus.saude.gov.br/)> Acesso em 20 de janeiro de 2018.

DINIZ, F. A.; RAMOS, A. M.; REBELLO, E. R. G. Normais climatológicas do Brasil 1981-2010, **Pesquisa agropecuária do Brasil**, v.53, n.2, p.131-143, 2018. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200001>

DHORDE, A. G.; DENSAI, M. Climate change and human health, **Региональные проблемы**, v.3, n.1, p.9-12, 2018.

FIOCRUZ. **Diagnóstico preliminar da vulnerabilidade e as previsões dos efeitos das mudanças climáticas na saúde pública no município de Manaus**, 2010.

GALVÃO, N.; LEITE, M. L.; FILHO, J. S. V.; PONTES, C.C. relação entre fatores climáticos e doenças do aparelho cardiovascular no município de Ponta Grossa-PR. **Hygeia**, v.11, n.21, p.93-106, 2015.

GARCÍA, J.M.F.; DÍAZ, O.D.; HIDALGO, J.J.T.; FERNÁNDEZ, J.M.; SANTOS, L.S. Influence of weather in the incidence of acute myocardial infarction in Galicia (Spain), **Med Clin (Barc)**, v. 145, n.3, p.97-101, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.medcle.2016.01.013>

GE, Y.; LIU, C.; NIU, Y.; CHEN, C.; WANG, W.; LIN, Z.; CHEN, R.; CAI, J. KAN, H. Associations between ambient temperature and daily hospital admissions for rheumatic heart disease in Shanghai, China, **International Journal of Biometeorology**, v.1, n.1, p.1-7, 2018.

GOMES, A. C. S.; SPYRIDES, M. H. C.; LUCIO, P. S. Dynamic Regression Model for Evaluating the Association Between Atmospheric Conditions and Deaths due to Respiratory Diseases in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n.1, v.33, p.1-10, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786331001>

GEBHARD, C.; GEBHARD, C. E.; STAHLI, B. E.; MAAFI, F.; BERTRAND, M. J.; WILDI, K.; SMITH, D. C. Weather and risk of ST-elevation myocardial infarction revisited: Impact on young women, **PloS one**, v.13, n.4, p.e0195602, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195602>

HASHIM, J. H.; HASHIM, Z. Climate change, extreme weather events, and human health implications in the Asia Pacific region, **Asia Pacific Journal of Public Health**, v. 28, n.2, p.8-14, 2016. <https://doi.org/10.1177/1010539515599030>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

IKEFUTI, P. V.; BARROZO, L. V.; BRAGA, A. L. F. Mean air temperature as a risk factor for stroke mortality in São Paulo, Brazil, **International Journal of Biometeorology**, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1554-y>

KLEEREKOPER, L.; VAN, ESCH, M.; SALCEDO, T.B. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect, **Resources, Conservation and Recycling**, v.64, n.1, p.30-38, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>

LENTSCK, M. H.; LATORRE, M. R. D. O.; MATHIAS, T. A. F. Tendência das internações por doenças cardiovasculares sensíveis à atenção primária. **Rev Bras Epidemiol**, n.2, v.18, p.372-84, 2015.

LI, P.; STUART, E.A.; ALLISON, D.B. Multiple imputation a flexible tool for handling missing data, **Jama**, v.314, n.8, p.1966-1967, 2017. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.15281>

LIU, X.; KONG, D.; FU, J.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; ZHAO, Y.; LIAN, H.; ZHAO, X.; YANG, J.; FAN, Z. Association between extreme temperature and acute myocardial infarction hospital admissions in Beijing, China: 2013–2016, **PLoS ONE**, v.13, n.10, p.1-12, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204706>

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, n.3, p.245-259, 1945. <https://doi.org/10.2307/1907187>

MEDEIROS, M.S.; SACRAMENTO, D.S.; GUERRERO, J.C.H.; ORTIZ, R.A.; FENNER, A.L.D. Custo das doenças atribuíveis a fatores ambientais na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. **Ciência saúde coletiva**, n.2, v.19, p.599-608, 2014. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014192.23012012>

- MESQUITA, C.T.; LEÃO, M. Cardiology and sustainable development. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v.31, n.1, p.1-3, 2018.
- MOHAMMAD, M.A.; KOUL, S.; RYLANCE, R.; FRÖBERT, O.; ALFREDSSON, J.; SAHLÉN, A.; WITT, N.; JERNBERG, T.; MULLER, J.; ERLINGE, D. Association of Weather with Day-to-Day Incidence of Myocardial Infarction, **JAMA Cardiology**, v.1, n.1, p.1-9, 2018.
- MORABITO, M.; MODESTI, P. A.; CECCHI, L.; CRISCI, A.; ORLANDINI, S.; MARACCHI, G.; GENSINI, G. F. Relationships between weather and myocardial infarction: a biometeorological approach. **International journal of cardiology**, v.105, n.3, p.288-293, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2004.12.047>
- MURARA, P. G.; COELHO, M. S. Z. S.; AMORIM, M. C. C. T. Análise da influência meteorológica nas internações por doenças cardiovasculares. **Caderno Prudentino de Geografia**, v.32, n.1, p.53-65, 2010.
- NAGARAJAN, V.; FONAROW, G.C.; JU, C.; PENCINA, M.; LASKEY, W. K.; MADDOX, T. M.; BHATT, D. L. Seasonal and circadian variations of acute myocardial infarction: Findings from the Get with the Guidelines – Coronary Artery Disease (GWRG-CAD) program, **American heart journal**, v.189, p.85-93, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2017.04.002>
- OGBOMO, A.S.; GRONLUND, C. J.; O'NEILL, M. S.; KONEN, T.; CAMERON, L. WAHL, R. Vulnerability to extreme-heat associated hospitalization in three counties in Michigan, USA, 2000–2009. **Int J Biometeorol**, v.61, n.1, p.833–843, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1261-5>
- OPITZ-STAPLETON, S.; SABBAG, L.; HAWLEY, K.; TRAN, P.; HOANG, L.; NGUYEN, P.H. Heat index trends and climate change implications for occupational heat exposure in Da Nang, Vietnam, **Climate Services**, v.2, n.1, p.41-52, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.08.001>
- PHUNG, D.; THAI, P. K.; GUO, Y.; MORAWSKA, L.; RUTHERFORD, S.; CHU, C. Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization: An updated systematic review and meta-analysis, **Science of The Total Environment**, v.550, n.1, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.154>
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185-204, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>
- RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. R.; COELHO, M. D. S. Z. S. Clima urbano e saúde: uma revisão sistematizada da literatura recente. **Estudos Avançados**, v.30, n.86, p.67-82, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100005>
- RUMANA, N.; KITA, T.; TURIN, T.C.; MURAKAMI, Y.; SUGIHARA, H.; MORITA, Y.; UESHIMA, H. Trend in the incidence of acute myocardial infarction in Japanese population: Takashima AMI Registry, 1990-2001. **American journal of epidemiology**, v.167, n.11, p.1358-1364, 2008. <https://doi.org/10.1093/aje/kwn064>
- SNEYERS, R. **Sur l'analyse statistique des series d'observations. Genève: Note Technique**, n. 143, OMM, n. 415, p.192, 1975.
- STEADMAN, R.G. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, n.7, v.18, p.861-873, 1979. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1979\)018<0861:TAOSPI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1979)018<0861:TAOSPI>2.0.CO;2)
- TUAN, T.S.; VENÂNCIO, T.S.; NASCIMENTO, L.F.C. Efeitos da exposição de poluentes do ar no infarto agudo do miocárdio, segundo gêneros. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, v.107, n.3, p. 216-222, 2016.
- VALE, R. S.; GOMES, A.C.S.; SANTANA, R. A. S.; TOTA, J.; MILLER, S. D.; SOUSA, R. A. F. Hydroclimatic variables associated with El Niño and La Niña events at the Curuá-una hydroelectric reservoir, Central Amazonia. **Acta Amazonica**, v.46, n.3, p.303-308, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201600083>
- WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em [http://www.who.int/topics/cardiovascular\\_diseases/en/](http://www.who.int/topics/cardiovascular_diseases/en/) Acesso em 20 de abril de 2018.