

**Impactos à saúde ocasionados por ondas de calor nas cidades de Bagé, Iraí e Porto Alegre - RS**

Nathalia Barboza Coi<sup>1</sup>, Anderson Spohr Nedel<sup>2</sup>, Ana Lucia Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluna da Graduação de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: nathaliabc@hotmail.com

<sup>2</sup>Professor da Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: asnedel@gmail.com

<sup>3</sup>Aluna de Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: analuciasne@gmail.com

**Resumo:** O estudo da biometeorologia humana tornou-se fundamental para entender a relação entre variáveis meteorológicas, como temperatura do ar e umidade relativa, com a saúde da população. Neste estudo busca-se analisar como períodos de ondas de calor interferem no bem-estar humano, causando desde um simples desconforto, enfermidades (como doenças cardiovasculares e respiratórias) até mortes. A área de estudo abrange três regiões (sul, norte e leste) do Estado do Rio Grande do Sul, nas quais são analisados os fenômenos de ondas de calor e seu impacto à saúde humana. Para tal será utilizado o índice de conforto térmico "Heat Index", recomendado pela NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) para avaliar os efeitos do calor no ser humano. Utilizando a metodologia de Araújo (1930), Nascimento et al. (2016) utilizou dados diários de temperatura máxima e mínima obtidos nas estações meteorológicas convencionais do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para o período compreendido entre 1961 a 2012 para identificar a incidência de ondas de calor. Os resultados mostraram que Porto Alegre registrou o maior número de eventos de ondas de calor ocorridas para o período estudado, porém Iraí obteve a maior duração do fenômeno. De acordo com o índice de conforto térmico utilizado, Porto Alegre é classificada como a cidade mais desconfortável entre três regiões estudadas, com 120 dias considerados perigosos de forma a afetar a saúde da população de diversas maneiras, podendo causar problemas leves até óbitos.

**Palavras-chave:** bem-estar, biometeorologia, conforto térmico, índice de conforto térmico

---

Os autores deste trabalho são os únicos responsáveis por seu conteúdo e são os detentores dos direitos autorais e de reprodução. Este trabalho não reflete necessariamente o posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia (SBBiomet).

The authors of this paper are solely responsible for its content and are the owners of its copyright. This paper does not necessarily reflect the official position of the Brazilian Society of Biometeorology (SBBiomet).

---

**DOI: 10.6084/m9.figshare.5181235**

**VII Brazilian Congress of Biometeorology, Ambience, Behaviour and Animal Welfare**

## Introdução

A Biometeorologia é a ação do Tempo e suas variáveis (temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar, principalmente) sobre os seres vivos. Seu principal objetivo é avaliar o impacto das influências atmosféricas sobre o corpo humano (HÖPPE, 1997). Hipócrates, mais conhecido como o pai da medicina, abordou em seu livro "Ares, águas e lugares" no século V a.C. a relação entre as variáveis ambientais (temperatura e vento) e a saúde humana, e já naquela época, sugeria haver uma associação entre clima e saúde humana. No Brasil ela ganhou maior notoriedade com a criação da Sociedade Brasileira de Biometeorologia no ano de 1996, com a ocorrência do I Congresso Brasileiro de Biometeorologia na cidade de Jaboticabal-SP. Após esse primeiro congresso, outros dois marcaram a evolução da Biometeorologia no Brasil. Uma das áreas da Biometeorologia é o Conforto Térmico Humano (CTH), que segundo Fanger (1970), é quando o indivíduo se sente termicamente confortável no ambiente em que está exposto. Como o ser humano é homeotérmico, ou seja, capaz de manter sua temperatura interna relativamente constante (~37°C), ele está constantemente trocando calor com o meio externo, isto é, em permanente busca dessa comodidade e bem-estar.

O conforto ou desconforto térmico humano depende de variáveis ambientais e variáveis pessoais. As principais variáveis ambientais são temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, e as variáveis pessoais são taxa de metabólica e vestimenta. Todas essas variáveis em conjunto determinam a sensação de conforto ou desconforto térmico sentido pelo corpo humano. Tal conforto pode ser caracterizado como subjetivo, uma vez que varia de indivíduo para indivíduo exposto a um determinado ambiente.

Um dos fenômenos que também pode influenciar na saúde humana são as chamadas ondas de calor, porém, há poucos estudos realizados nesse tema, especialmente para o Rio Grande do Sul (local deste) devido a dificuldade de definição de classificação para este fenômeno (CARDIA, 2010). Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), uma onda de calor pode ser classificada quando em um intervalo de no mínimo 6 dias consecutivos o valor da temperatura máxima diária ultrapassar em 5°C o seu valor médio diário (SOUSA, 2012). Embora haja diversas definições para ondas de calor, uma das mais utilizadas é a desenvolvida por Araújo (1930), que definiu uma onda de calor quando a temperatura absoluta (tanto mínima quanto máxima) exceder os valores normais para a região, por no mínimo 3 dias consecutivos. Com base no exposto acima, objetiva-se nesta pesquisa avaliar o desconforto térmico associado a ondas de calor identificadas por Nascimento et al. (2016) em diferentes regiões do Rio Grande do Sul.

## Material e Métodos

Os dados meteorológicos considerados para caracterizar as ondas de calor utilizados por Nascimento et al. foram oriundos das estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para as respectivas cidades, no período compreendido entre o verão (dezembro a março) de 1961 a 2012. Serão utilizados para a análise das ondas de calor os valores diários de temperatura máxima, temperatura mínima ao nível de superfície. Tais informações são obtidas no horário das 12UTC e 18UTC (09h e 15h local). Salienta-se que durante o período do verão é acrescentada 1 hora ao horário local, assim, o que era relativo a leitura das 15hs passa a ser relativo às 16hs. Considerar-se-ão nesta análise as ondas de calor ocorridas entre dezembro e março de cada ano (1961-2012), utilizando a definição proposta por Araújo (1930) mencionada anteriormente:-

O índice de conforto térmico humano que será utilizado neste estudo é o índice de calor, mais comumente chamado de "Heat Index". Seu cálculo leva em consideração as variáveis ambientais temperatura do ar e umidade relativa (também utilizadas aqui informações das 12UTC e 18UTC), além de variáveis pessoais (indiretamente). Para que seja possível aplicar este índice é necessário que a temperatura do ar esteja acima 80°F ou 26°C, e umidade relativa seja superior a 40%. Abaixo a equação do índice utilizado (Equação 1): Os dados relativos a ondas de calor e conforto térmico foram organizados e tratados em planilha Excel

$$\begin{aligned} HI = & -42.379 + 2.04901523(T_f) + 10.14333127(RH) - 0.22475541(T_f)(RH) - \\ & (6.83783 \times 10^{-3})(T_f^2) - (5.481717 \times 10^{-2})RH^2 + (1.22874 \times 10^{-3})(T_f^2)RH + \\ & (8.5282 \times 10^{-4})(T_f)(RH^2) - (1.99 \times 10^{-6})(T_f^2)(RH^2) \end{aligned} \quad (1)$$

Onde:

HI - Temperatura equivalente índice de calor em °F

T<sub>f</sub> - Temperatura do ar em °F

## RH - Umidade relativa

A fim de caracterizar as sensações de conforto sentidas pelo ser humano (risco à saúde da população), foram desenvolvidos limiares interpretativos para esse índice. (Tabela 1):

Tabela 1: Níveis de classificação do índice de calor (Heat Index).

Índice de Calor (HI)	Nível de Alerta	Sintomas
< 27°C	Não há alerta	Não há problemas
27,1°C a 32°C	Cautela	Possível fadiga em caso de exposição prolongada e atividade física
32,1°C a 41°C	Cautela extrema	Possibilidade de caibras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física
41,1°C a 54°C	Perigo	Caibras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de hipertermia para exposições prolongadas com atividade física
> 54°C	Perigo extremo	Insolação/hipertermia/golpes de calor

Fonte: Nick. 2017; Adaptado de National Weather Service, Weather Forecast Office, NOAA, 2015.

## Resultados e Discussões

Foi elaborada uma análise descritiva da frequência, duração, temperatura máxima e média e o desconforto térmico durante as ondas de calor para as cidades de Bagé, Iraí e Porto Alegre, no período de 1961 a 2012 representativas das regiões Sul, Norte e Leste do estado do RS. Neste período, entretanto, foram observadas algumas falhas de dados de algumas variáveis meteorológicas.

São apresentadas na figura 1 as frequências das ondas de calor ocorridas no período estudado e pode-se notar que das três cidades, Porto Alegre obteve o maior número de eventos ocorridos com (59), posteriormente Iraí com 29 ondas de calor e por último Bagé, com apenas 11 ondas de calor observadas.

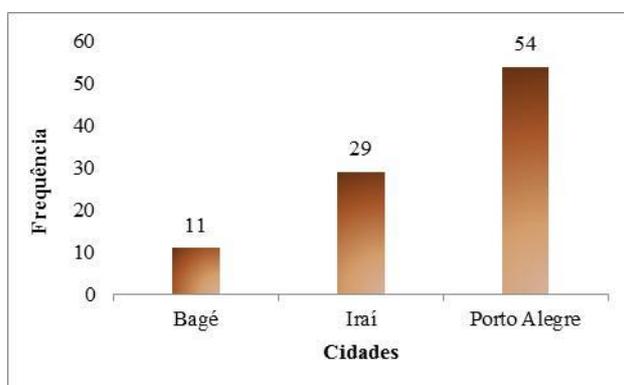


Figura 1 gráfico da frequência das ondas de calor ocorridas entre 1961 e 2012 para as cidades de Bagé, Iraí e Porto Alegre.

Na figura 2, temos três gráficos (a, b, c) representando a duração das ondas de calor para cada cidade estudada. Observa-se que a maioria dos eventos ocorreram com duração de 3 dias, sendo Porto Alegre a cidade que mais obteve eventos com essa duração (22). Logo após Iraí registrou 17 eventos e Bagé teve apenas 6 eventos com duração de 3 dias. Nota-se, entretanto, que em Bagé a máxima duração de um evento foi de 5 dias (apenas 1 onda de calor); em Porto Alegre a máxima duração de eventos apresentou 7 dias (em de 4 episódios ondas de calor); e em Iraí, cidade da região norte do RS, a maior duração da onda de calor apresentou alternância entre 7 e 8 dias (1 evento cada).

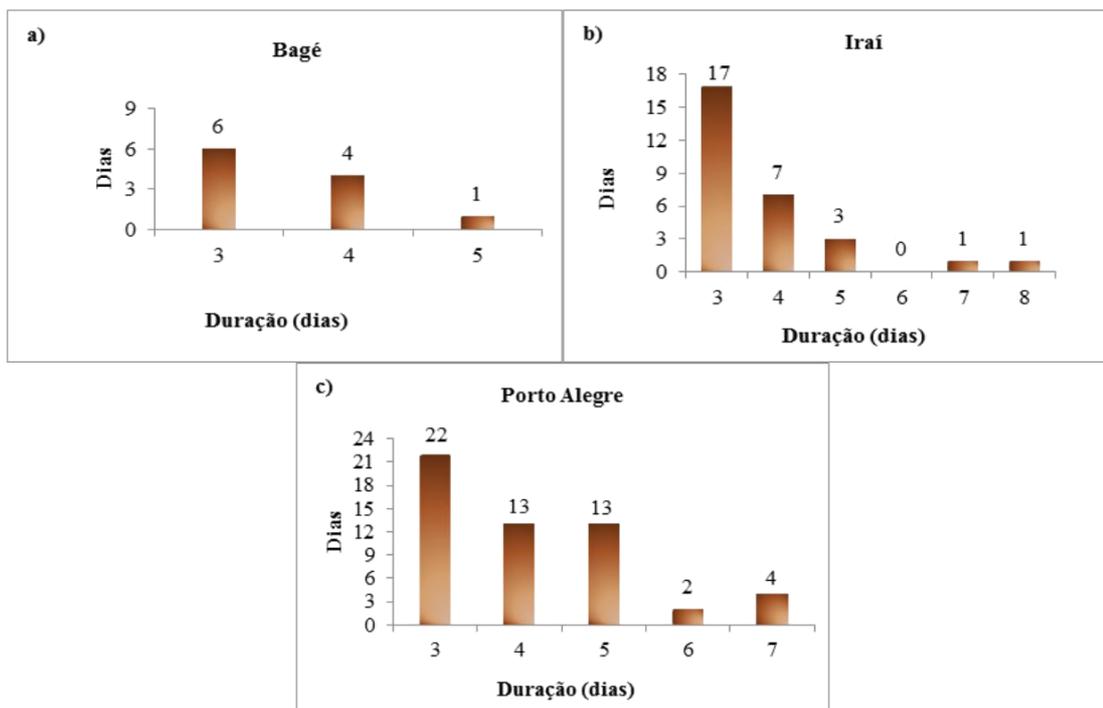


Figura 2: gráfico de duração das ondas de calor ocorridas entre 1961 e 2012 para Bagé (a), Iraí (b) e Porto Alegre (c).

A tabela 2 apresenta o grau de desconforto térmico sentido pela população em cada cidade estudada, apresentando o número de dias dentro de cada classe de desconforto, segundo o índice de calor (HI), durante todas ocorrências de ondas de calor. De acordo com a tabela 1, pode-se notar que o intervalo de 27,1°C a 32°C alerta para cautela por parte da população, podendo ocasionar possível fadiga no ser humano, em caso de exposição prolongada e práticas de atividades físicas. Neste intervalo não foi registrado nenhum evento para a cidade de Bagé (sul do RS), porém, Iraí (norte do RS) registrou 3 dias e Porto Alegre (Leste do RS) 7 dias. Para o intervalo compreendido entre 32,1°C a 41°C, a recomendação é de cautela extrema, podendo levar o indivíduo a ter possíveis câibras, esgotamento e insolação, para exposições prolongadas e atividade física. Percebe-se que neste intervalo Bagé possui o menor número de dias de desconforto (29), Iraí apresenta 58 dias e Porto Alegre a maior frequência de ocorrência, 92 dias. O intervalo de 41,1°C a 54°C significa perigo ao ser humano, podendo causar câibras, insolação e possibilidade de hipertermia para exposições prolongadas e atividade física. Nesta faixa Porto Alegre também apresentou o maior número de dias desconfortáveis (117). Logo após, a cidade de Iraí com 38 dias e Bagé que apresentou apenas 7 dias estressantes por calor. E para o último intervalo, o mais estressante ao ser humano, ocasionado por temperaturas maiores de 54°C (alertando para perigo extremo, podendo causar insolação e risco de hipertermia iminente), aparece o município de Iraí, que obteve 6 dias com esse desconforto. Posteriormente, Porto Alegre com 3 dias e Bagé com apenas 2 dias.

Tabela 2 - Número de dias desconfortáveis nos níveis de classificação do índice de calor.

Índice de Calor (HI)	Bagé	Iraí	Porto Alegre
< 27°C	0	0	0
27,1°C a 32°C	0	3	7
32,1°C a 41°C	29	58	92
41,1°C a 54°C	7	38	117
> 54°C	2	6	3

### Conclusões

Os resultados apresentados neste estudo permitiram verificar que embora Porto Alegre tenha registrado maior quantidade de eventos de ondas de calor, entre o verão de 1961 e o verão de 2012, Iraí foi a cidade que obteve a maior duração de eventos de ondas de calor. Entretanto, foi possível perceber que a cidade mais desconfortável foi Porto Alegre, a qual apresentou 120 dias extremamente desconfortáveis e estressantes, podendo causar perigo e sérios prejuízos à saúde de seus habitantes.

### **Referências**

Araújo, LC (1930) Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, Brasil.

Cardia, VC (2010) Climatologia das Ondas de Calor em Porto Alegre - RS: 1961 a 2010. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Fanger, PO (1970) Thermal comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York, EUA.

Höppe, P (1997) Aspects of human biometeorology in past, present and future. International Journal of Biometeorology 40(1): 19-23. doi: 10.1007/BF02439406.

Sousa, SASD (2012) O Estado de saúde dos idosos portuenses expresso pelos internamentos por GCD4, bronquite & asma, pneumonia e tuberculose, em momentos de ondas de calor, de Maio a Setembro (2000-2007). Dissertação, Universidade do porto.

Nascimento, AL; Conrado, H; Jacondino, WD Incidência de ondas de calor no estado do Rio Grande do Sul. In: XXV Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, 22., 2016. Pelotas. **Anais...** Pelotas: CIC, 2016