

**Conforto Térmico Humano em Ondas de Calor extremas no estado do Rio Grande do Sul**

Ana Lucia Nascimento<sup>1</sup>, William Jacondino<sup>2</sup>, Leticia Moreira Nick<sup>3</sup>, Humberto Conrado<sup>4</sup>, Anderson Spohr Nedel<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda no Curso de Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. E-mail: analuciasne@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando no Curso de Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. E-mail: williamjacondino@hotmail.com

<sup>3</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. E-mail: leticiamnck@hotmail.com

<sup>4</sup>Professor do departamento de Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. E-mail: hconrado@ufpel.edu.br

<sup>5</sup>Professor do departamento de Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. E-mail: anderson.nedel@ufpel.edu.br

**Resumo:** O estado do Rio Grande do Sul, por estar situado na porção mais meridional da região, apresenta clima do tipo subtropical, com duas variantes (verões quentes ou brandos). Tais condições de clima e relevo estão sujeitas a ocorrência de ondas de calor no período do verão, que se estende de dezembro a março. Segundo Araújo (1930), para se caracterizar uma onda de calor deve haver um período mínimo de 3 dias consecutivos, com temperaturas acima da normal climatológica de uma determinada região. Segundo Mcgeehin (2001), as principais vítimas do calor excessivo decorrente das ondas de calor são crianças e idosos, pessoas com maior vulnerabilidade socioeconômica, submetidas a algum tipo de medicação/acamados, ou que vivam em áreas urbanas. Segundo Laaidi et al. (2001), o impacto causado por uma onda de calor em uma população vulnerável em locais urbanos pode levar a algum risco de morte. Atualmente, tem-se desenvolvido estudos relacionando Conforto Térmico Humano (CTH) a variáveis meteorológicas. Segundo Fagner (1970), CTH é caracterizado quando a energia produzida pelo organismo humano é igual ao que é perdido por este corpo para o meio externo, variando de indivíduo para indivíduo. O objetivo deste estudo é aplicar o índice de conforto térmico humano Humidex (HU) e o Índice de Calor Index ou Heat Index (HI) nos casos mais intensos identificados por Nascimento et al. (2016), utilizando dados de temperatura máxima diária e umidade relativa do ar obtidas nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Resultados mostraram que 92,5% dos casos apresentaram tardes com sensação de Muito Calor e 7,4% apresentaram sensação de Calor, segundo os índices utilizados.

**Palavras-Chave:** onda de calor, 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).

---

## Introdução

O estado do Rio Grande do Sul, por estar situado na porção mais meridional da região, apresenta clima do tipo subtropical, com duas variantes (verões quentes ou brandos). Tais condições de clima e relevo estão sujeitas a ocorrência de ondas de calor no período do verão, que se estende de dezembro a março. Segundo Araújo (1930), para se caracterizar uma onda de calor deve haver um período mínimo de 3 dias consecutivos, com temperaturas muito acima da normal climatológica de uma determinada região. Vários estudos têm sido desenvolvidos devido ao seu impacto negativo na produtividade agrícola e pecuária, em especial na saúde pública. Segundo Mcgeehin (2001), as principais vítimas do calor excessivo decorrente das ondas de calor são crianças e idosos, pessoas com maior vulnerabilidade socioeconômica, submetidas a algum tipo de medicação/acamados, ou que vivam em áreas urbanas. Um estudo realizado por Laaidi *et al.* (2012), sobre uma onda de calor ocorrida em Paris (2003), concluiu que o impacto causado numa população vulnerável em locais urbanos pode levar a algum risco de morte, devido ao efeito das ilhas de calor.

Atualmente, tem-se desenvolvido estudos relacionando Conforto Térmico Humano (CTH) a índices biometeorológicos conhecidos como Índices de Conforto Térmico (ICT). Segundo Fagner (1970), CTH é caracterizado quando a energia produzida pelo organismo humano é igual ao que é perdido por este corpo para o meio externo, uma condição variante de indivíduo para indivíduo. Nick *et al.* (2016), utilizou o ICT Heat Index (HI) nos verões (2012-2016) para a cidade de Pelotas e concluiu que os dias se apresentaram desconfortáveis devido ao calor. Nascimento *et al.* (2016) estudaram a incidência de ondas de calor em 6 cidades localizadas no Rio Grande do Sul e constataram uma ocorrência significativa nas localidades mais quentes, onde os eventos de maior magnitude identificados podem ser de caráter muito desconfortável. O objetivo deste estudo é aplicar o Índice de Conforto Térmico Heat Index (HI) e o Índice Humidex (HU) nos casos mais intensos identificados por Nascimento *et al.* (2016) e verificar se houve algum tipo de desconforto causado pelo calor.

## Material e Métodos

O estudo é realizado para os casos de ondas de calor mais intensas ocorridas no período de 1961 a 2014 encontradas por Nascimento *et al.* (2016), conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Eventos identificados de ondas de calor mais intensas. (NASCIMENTO, 2016)

Cidade	Ano	Mês	Dias	Duração (dias)
Porto Alegre	1961	Janeiro	14 à 16	3
Santa Maria	1961	Janeiro	14 à 16	3
Santa Maria	1983	Dezembro	28 à 31	4
São Luiz Gonzaga	1995	Dezembro	16 à 19	4
São Luiz Gonzaga	1997	Janeiro	20 à 22	3
São Luiz Gonzaga	1997	Dezembro	25 à 27	3
São Luiz Gonzaga	1998	Janeiro	20 à 22	3
Porto Alegre	2002	Março	8 à 11	4
Porto Alegre	2010	Janeiro/Fevereiro	31 à 7	8
Santa Maria	2010	Janeiro/Fevereiro	30 à 7	9
São Luiz Gonzaga	2010	Janeiro/Fevereiro	30 à 8	10

O Conforto Térmico Humano é avaliado para o período mais quente do dia, sendo utilizadas as variáveis temperatura máxima do ar e umidade relativa, obtidas nas estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Conforto Térmico Humano será avaliado com base nos índices Humidex proposta por Masterton & Richardson (1979) e Heat Index proposto por Steadman (1979).

O índice Humidex (IHU) utiliza a ação conjunta das variáveis de temperatura do ar e umidade para o seu cálculo segundo as equações 1 e 2:

$$HU = t_{ar} + (0.5555)(e - 10) \quad (1)$$

$$e = 6.11 \exp^{(5417.7530((1/273.16) - (1/t_d)))} \quad (2)$$

onde,

HU é temperatura equivalente Humidex em °C;  $t_{ar}$  é temperatura do ar em °C; e é pressão de vapor de água em mb e  $t_d$  é temperatura do ponto de orvalho em K.

Utiliza-se também a temperatura do ponto de orvalho ( $t_d$ ), que é obtida a partir da equação 3 (LAWRENCE, 2005):

$$t_d = \frac{B \left[ \ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{At}{B+t} \right]}{A - \ln\left(\frac{RH}{100}\right) - \frac{At}{B+t}} \quad (3)$$

onde,

RH é umidade relativa em %; A é uma constante, A = 17,625; B é uma constante, B = 243,04°C e t é a temperatura do ar em °C.

O índice Heat Index (HI) também utiliza em seu cálculo as mesmas variáveis meteorológicas que o HU, sendo ele aplicado quando se tem temperaturas superiores a 26°C e umidade igual ou maior a 40%, segundo a equação 4:

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

onde,

HI é a temperatura equivalente ao índice de calor em °F; T<sub>f</sub> é a temperatura do ar em °F e RH é a umidade relativa em número inteiro.

Para auxiliar na interpretação dos resultados, é utilizado faixas de temperatura para caracterizar as sensações de conforto ou desconforto ocorridas e suas possíveis consequências. (Tabela 2).

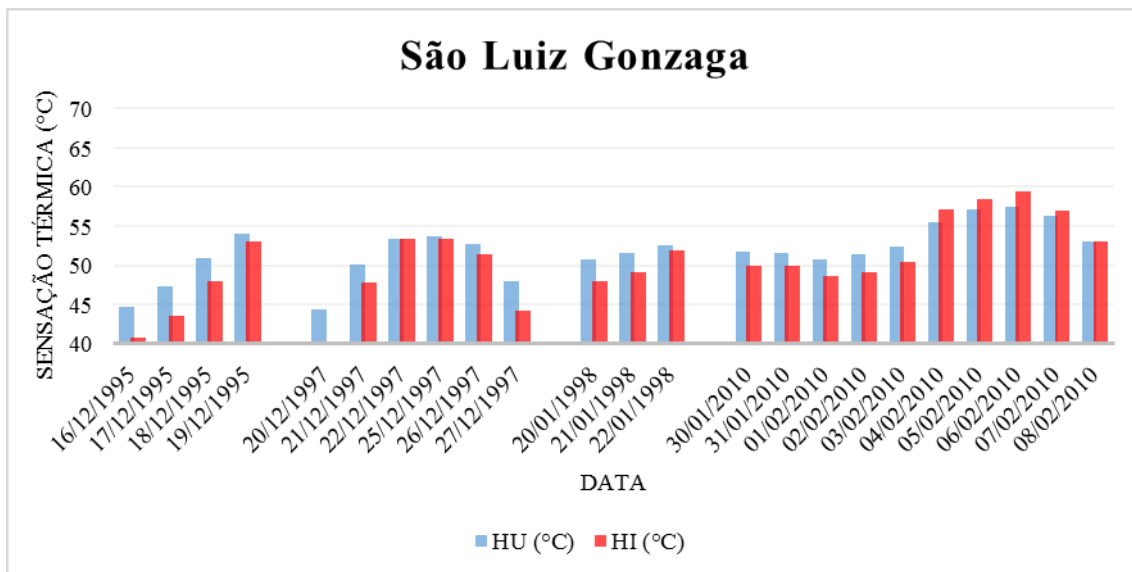
Tabela 2: Temperatura Equivalente Percebida (TEP) e faixas de interpretação do conforto térmico percebido.

TEP	Sensação
> 42,4	Muito calor
34,9 ~42,4	Calor
27,3 ~34,8	Pouco calor
19,6 ~27,2	Neutralidade
12,0 ~19,5	Pouco frio
4,4 ~11,9	Frio
< 4,4	Muito frio

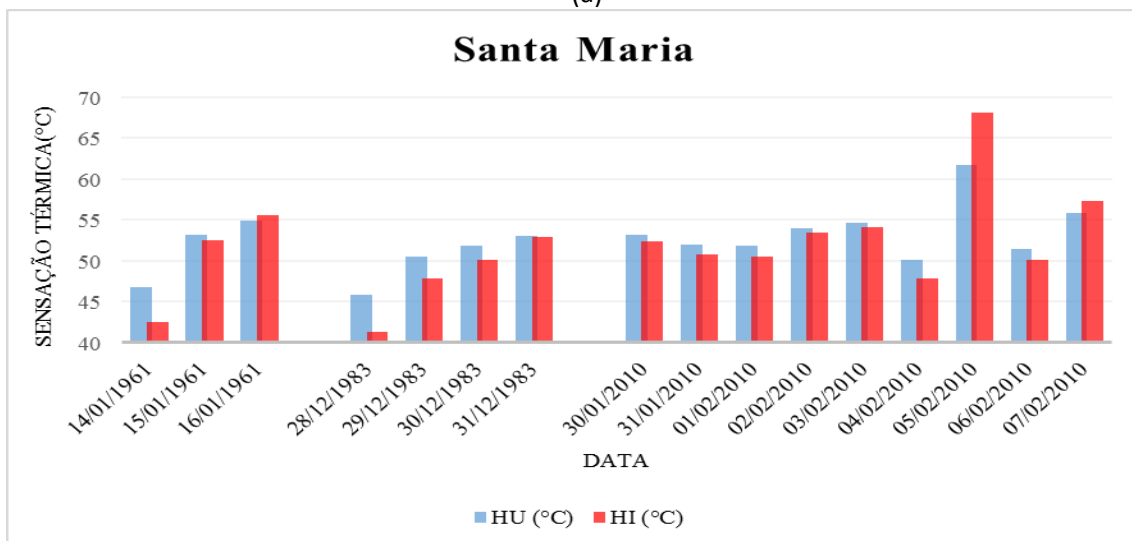
Fonte: MONTEIRO; ALUCCI, 2010.

### Resultados e Discussões

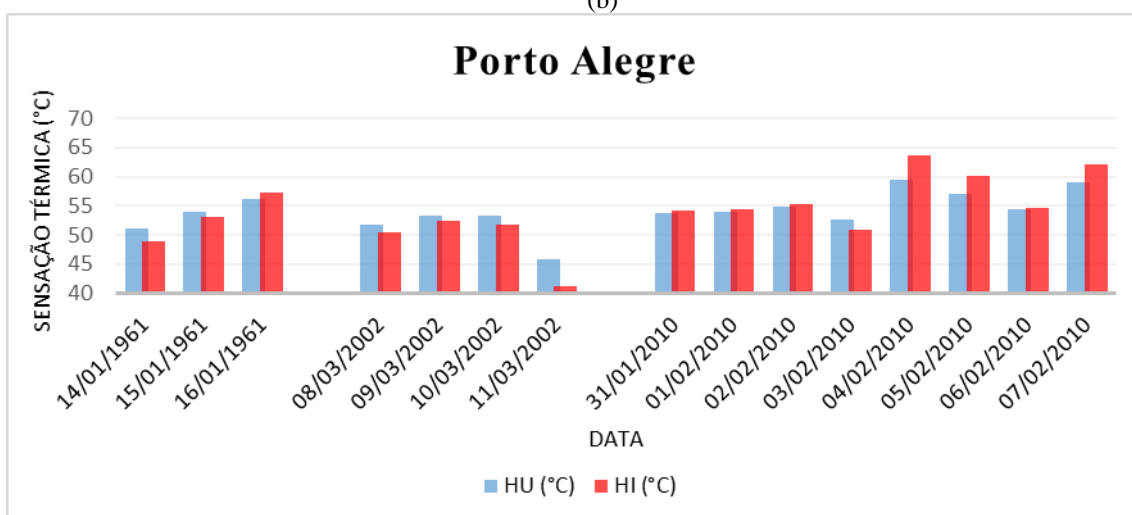
Os índices HU e HI calculados diariamente sobre os eventos são apresentados de forma comparativa para cada cidade nos gráficos 1 (a), (b) e (c). É possível observar que todos dias os índices HU e HI apresentaram valores >35°C, o que segundo a Tabela 2 indica tardes com sensação de calor, já que neste estudo foram consideradas as temperaturas máximas diárias (encontradas nos períodos das tardes). A cidade de São Luiz Gonzaga (Gráfico 1a) apresentou nas suas 5 ocorrências de ondas de calor um total de 23 dias com sensação de Muito Calor segundo o índice HU, enquanto que, o índice HI apresentou 21 dias com sensação de Muito Calor e 2 dias com sensação de Calor. Na cidade de Santa Maria (Gráfico 1b) os resultados mostram que das 3 ocorrências de ondas de calor totalizando 16 dias, segundo o índice HU, 16 deles tiveram tardes com sensação de Muito Calor e segundo o índice HI dos 16 dias apenas 1 apresentou à tarde com sensação de Calor. Para a cidade de Porto Alegre (Gráfico 1c), das 3 ocorrências de ondas de calor, totalizando 15 dias, apenas 1 deles se mostrou com sensação de Calor segundo o índice HI, sendo os demais com sensação de Muito Calor segundo os dois índices utilizados.



(a)



(b)



(c)

Gráfico 1: Variação dos índices HU e HI para as cidades de São Luiz Gonzaga (a), Santa Maria (b) e Porto Alegre (c) para os casos selecionados de ondas de calor mais intensos.

### **Conclusão**

Observou-se que das 11 ondas de calor selecionadas (54 dias), 92,5% das tardes apresentaram sensação de Muito Calor e 7,4% apresentaram sensação de Calor. Porém, segundo o índice HU, todas as tardes se apresentaram desconfortáveis com sensação de Muito Calor e de acordo com o HI, 4 tardes apresentaram sensação de desconforto por Calor. Sendo assim, conclui-se que grande parte das ondas de calor aqui apresentadas se mostraram desconfortáveis durante o período da tarde.

### **Referências**

Araújo L C (1930) Memórias sobre o Clima do Rio Grande do Sul: Tipografia do Serviço de Informações do Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro

Fanger P O (1970) Thermal comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill Book Company.

Laaidi K, Zegnoun A, Dousset B, Bretin, P, Vandentoren S, Giraudet E, Eaudeau P (2012). The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 heat wave. Environmental Health Perspectives, v. 120, n. 2, p. 254-259

Lawrence M G (2005) The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air: A Simple Conversion and Applications. American Meteorological Society 86:225-233.

Masterton J M, Richardson F A (1979) Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Environment Canada, CLI 1-79. Ontario, Downsview: Atmospheric Environment Service, 1979.

Mcgeehin M A, Mirabelli M (2001) The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. Environmental Health Perspectives. 109: Suppl 2 185-189

Nascimento A L, Conrado H, Jacondino, W D (2016) 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

Nick L M, Nedel A S (2016) Análise de um índice de conforto térmico adaptável ao verão para a cidade de pelotas. In: xxv Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas 22., 2016. Pelotas. **Anais...** Pelotas: CIC, 2016.

Steadman R G (1979) The assessment of sultriness. Part I: A temperature humidity index based on human physiology and clothing science. Journal of Applied Meteorology. v. 18, n. 7, p. 861-873, 1979