

**VII Congresso Brasileiro de Biometeorologia,
Ambiência, Comportamento e Bem-Estar Animal**
“Responsabilidade Ambiental e Inovação”
**VII Brazilian Congress of Biometeorology, Ambience,
Behaviour and Animal Welfare**
“Environmental Responsibility and Innovation”

Conforto térmico no Rio Grande do Sul durante o verão 2016/2017

Lucas Alberto Fumagalli Coelho¹, Müller Jr. Martins dos Santos², Anderson Spohr Nedel³

¹Aluno de graduação em meteorologia, Fac. de meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: lucasfumagalli@gmail.com

²Aluno de graduação em meteorologia, Fac. de meteorologia Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mllersantosl@hotmail.com

³Professor, Fac. de meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: asnedel@gmail.com

Resumo: O conforto térmico (CT) é atingido quando todo o calor produzido, ou ganho pelo corpo humano, for igual à quantidade de calor perdido ao meio exterior, mantendo o balanço de energia. Essa pesquisa avaliou o conforto térmico no estado do Rio Grande do Sul (RS), durante o verão 2016/2017 através de dois índices biometeorológicos: os índices Temperatura Efetiva com Vento (Tev) e Índice de Calor (IC) são alguns dos métodos capazes de calcular as variáveis meteorológicas e relacioná-las com o CT. Foram utilizados dados meteorológicos do tipo horário-instantâneo de 35 estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), entre 00:00 UTC do dia 21/12/2016 até 00:00 UTC do dia 16/03/2017. Posteriormente, foram gerados mapas interpretativos das sensações térmicas, utilizando-se as classes de Temperatura Equivalente Percebida no software *Surfer - Surface Mapping System*. Os resultados indicaram influência determinante do relevo e da latitude, para ocorrência de desconforto térmico no RS. A maior parte do território apresentou em média CT por *Neutralidade*. Nos horários das 09:00 UTC e 17:00 UTC, foi predominante o desconforto térmico por *Pouco Frio* e *Pouco Calor*, respectivamente. Algumas horas de intenso desconforto com a sensação de *Muito Frio* foram verificadas nas estações mais elevadas do Estado, enquanto que na região metropolitana de Porto Alegre houve desconforto por *Muito Calor*.

Palavras-Chaves: Conforto térmico, Índice biometeorológico, Sensação térmica.

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.5181229

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

Introdução

Os principais fatores que governam o conforto e desconforto térmico eram familiares aos antigos, e Hipócrates (400 aC) deixou uma descrição do clima fisiológico em termos de temperatura, umidade, vento e radiação que ainda é qualitativamente válida. Contudo, medir as variáveis físicas com precisão apropriada, combiná-las em um único índice climático, manejável e determinar valores para seres humanos que vivem sob condições especificadas é uma tarefa de elevado grau de complexibilidade. (WEBB, 1959).

O conforto térmico é atingido quando todo o calor produzido, ou ganho pelo corpo humano, for igual à quantidade de calor perdido ao meio exterior, mantendo o balanço de energia. As sensações de conforto, no entanto, variam de pessoa para pessoa, pois cada indivíduo reage de maneira diferente em relação ao estado do tempo e do clima. (NEDEL, 2008). Métodos capazes de medir variáveis e relacioná-las com o conforto térmico - CT, começaram a ser desenvolvidos no século XX e podem considerar, além da temperatura e umidade, outros fatores ambientais e pessoais. (MONTEIRO, ALUCCI, 2007).

O índice Temperatura Efetiva com Vento (Tev), proposto por Suping et al. (1992), é uma adaptação da equação de Temperatura Efetiva (TE) de Missenard (1937), onde o vento é adicionado as variáveis temperatura e umidade relativa do ar. Gobo (2012), argumenta que o Tev não é um índice adequado para ser utilizado em situações de verão e primavera, uma vez que este não representa adequadamente as reais condições de conforto e desconforto térmico ocasionadas por excesso de calor. Para uma análise mais concreta a respeito das atuais condições de CT, é necessário a introdução de um Índice específico (adaptável) para os meses mais quentes do ano, contendo apenas os atributos temperatura e umidade relativa do ar, uma vez que a velocidade do vento é desprezível a partir de elevados valores de temperatura, pois mascara os resultados do conforto. (GOBO, 2012). Como alternativa ao Tev, utilizou-se o Índice de Calor (IC), um refinamento do modelo de Steadman (1979), publicado por Routhfusz (1990), no National Weather Services Technical Attachment (SR 90-24), o que é utilizado pela NOAA, agência National Oceanic & Atmospheric Administration. Trata-se de uma relação entre temperatura e umidade relativa do ar do ambiente com algumas variáveis pessoais, como com a resistência da pele quanto a transferência de calor e umidade, válido para temperatura superior a 26°C.

Assim, a pesquisa avaliou o verão 2016/2017 no estado do Rio Grande do Sul (RS) através do Índice de Calor (IC) e Temperatura Efetiva com Vento (Tev) objetivando estabelecer áreas de ocorrência ou não de CT.

Material e Método

Para a realização desta pesquisa foram utilizados dados meteorológicos do tipo horário-instantâneo, de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s), de 35 estações meteorológicas automáticas no estado do Rio Grande do Sul, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (figura 1), entre 00:00 do dia 21/12/2016 até 00:00 do dia 16/03/2017. Dados horários de temperatura instantânea superior a 26,0°C foram submetidos ao cálculo do IC (ao invés de Tev) com o uso da equação: $-42,379+(2,04901523*T)+(10,14333127*UR)-(0,22475541*T*UR)-[(6,83783*10EXP-3)*(T^2)]-[(5,481717*102)*(UR^2)]+[(1,22874*10EXP-3)*(T^2)*(UR)]+(8,5282*10EXP-4)*T*(UR^2)-[(1,99*10EXP-6)*(T^2)*(UR^2)]$, onde T é a temperatura do ar (°C) e UR a umidade relativa do ar (%). Os demais foram processados conforme o Tev, cuja equação é: $37 - \{(37 - T) / [0,68 - 0,0014 UR + 1/(1,76+1,4 V 0,75)]\} - 0,29*T(1- UR/100)$, onde T é a temperatura do ar (°C), UR a umidade relativa (%) e V velocidade do vento (m/s).

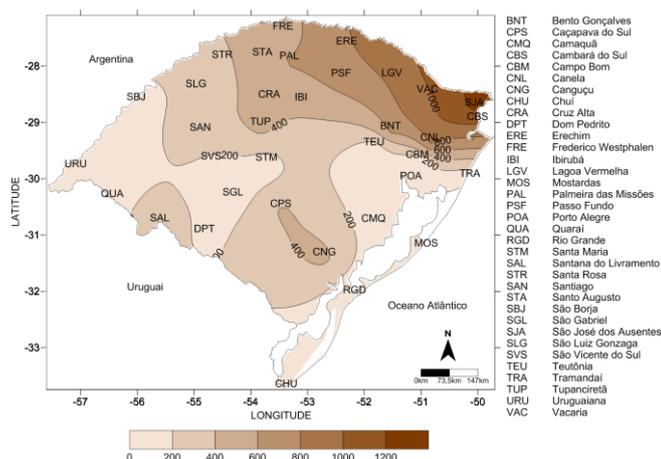


Figura 1. Rede de estações meteorológicas automáticas no RS do INMET utilizadas no trabalho e altitude do relevo.

Após o processamento de dados, foram gerados mapas interpretativos no software *Surfer - Surface Mapping System* - e por fim utilizou-se as faixas interpretativas par o CT, (classes de Temperatura Equivalente Percebida), propostas por MONTEIRO e ALUCCI (2009) (Tabela 1).

Para uma análise mais detalhada, foram calculadas médias do CT para as 6Z e 16:00 e condições de *Muito Frio* e *Muito Calor* foram separados por horas.

Tabela 1. Classes de conforto térmico percebido (faixas interpretativas).

| Faixa Interpretativa | Sensação |
|----------------------|--------------|
| >42,4 | Muito Calor |
| 34,9 - 42,3 | 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 e Alucci (2009)

Org: GOBO, J.P.A. (2012)

Resultados e Discussões

O verão 2016/2017 foi marcado por *Neutralidade* térmica na maior parte do território do RS (Figura 2), exceto nas áreas de elevadas altitudes, regiões Nordeste e Sudeste, onde a média derivada do cálculo de IC e Tev, foi inferior a 19,6°C.

Entre as latitudes de 30°S e 28°S, os dados das estações meteorológicas com altitude de 650 metros acima do nível do mar, ou mais, indicaram o predomínio de desconforto por *Pouco Frio*. Estão, dentro deste recorte espacial as cidades de Passo Fundo (681m) com média de 19,4°C; Lagoa Vermelha (834m) com média de 19,0°C; Canela (831m) com 17,3°C; Vacaria (970m) com 16,6°C; e Cambará do Sul (1017m) com 16,4°C. A altitude do relevo foi determinante para aumento do estresse térmico, ao passo que, a estação de São José dos Ausentes, a 1229m, obteve média de 11,9°C, sendo predominante desconforto por *Frio*.

O desconforto térmico por *Pouco Frio* predominou a Sul da latitude de 30°S, nas estações meteorológicas localizadas a altitudes superiores aos 400 metros acima do nível do mar. Tais característica foram observadas nas estações de Canguçu (447m) e Caçapava do Sul (421m), que resultaram médias de 17,8°C e 19,2°C, respectivamente.

As demais estações meteorológicas do Rio Grande do Sul apresentaram predomínio de CT marcado por *Neutralidade*, sendo as estações da Região Metropolitana de Porto Alegre, as mais quentes, tendo Campo Bom (23m) a maior média de sensação térmica – ST, 27,0°C, seguida de Porto Alegre (41m) com 26,3°C e Teutônia (80m) com média de 26,0°C.

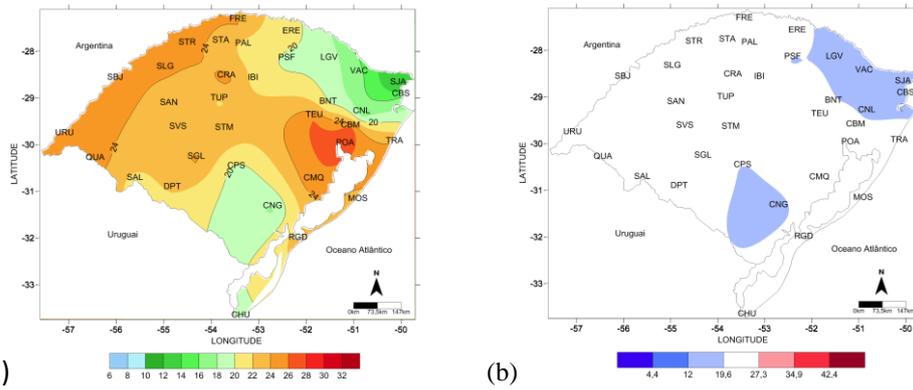


Figura 2. Valores médios de sensação térmica e classes de conforto predominantes durante o verão 2016/2017.

Durante a estação, ocorreram horas de stress por *Muito Frio* nas estações de São José dos Ausentes (140 horas), Cambará do Sul (14 horas) e Vacaria (10 horas) (Figura 3a). Na direção oposta, Campo Bom foi o local onde mais ocorreram horas de stress térmico por *Muito Calor*, 26 horas, seguido de Porto Alegre com 4 horas (figura 3b).

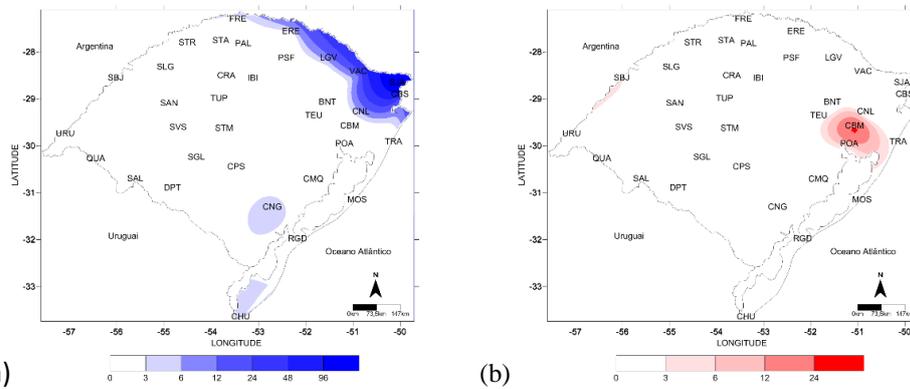
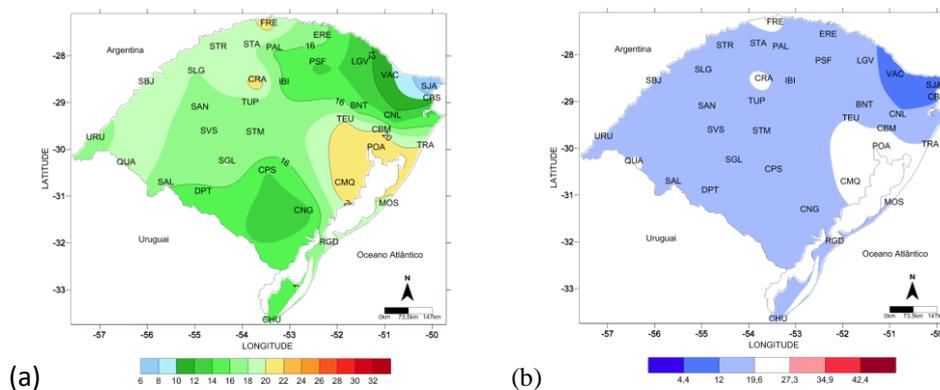


Figura 3 (a-b). Total de horas por Muito Frio (a) e por Muito Calor (b) no Rio Grande do Sul durante o verão 2016/2017.

As 09:00 UTC, horário de menor ST no Rio Grande do Sul, 71,4% das estações meteorológicas mostraram desconforto por *Pouco Frio* (12,0°C a 19,5°C), 22,9% acusaram *Neutralidade* (19,6°C a 27,2°C) e 5,7% indicaram desconforto por *Frio* (4,4°C a 11,9°C). Os extremos foram verificados nas estações de São José dos Ausentes e Camaquã, com ST média de 6,7°C e 21,8°C, respectivamente (Figura 4a-b). As 17:00 UTC, horário de maior ST, 2,9% das estações mostraram desconforto na faixa por *Pouco Frio*, 31,4% permaneceram na condição de *Neutralidade* e 65,7% obtiveram desconforto por *Pouco Calor*. Os extremos ocorreram em São José dos Ausentes e Campo Bom, com ST média de 18,8°C e 34,7°C (Figura 4c-d).



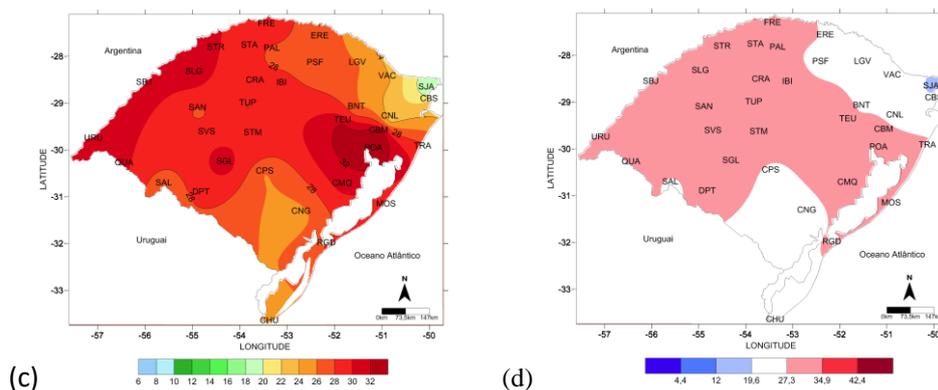


Figura 4 (a-d). Valores médios de sensação térmica (a) e classes de conforto (b) predominantes às 09:00 UTC, e sensação térmica (c) e classes de conforto (d) às 17:00 UTC, durante o verão 2016/2017 no Rio Grande do Sul.

Conclusões

Os resultados obtidos são preliminares, mas indicam influência determinante do relevo e da latitude, para ocorrência de desconforto térmico no RS, durante o verão 2016/2017. Em média a maior parte do território teve uma estação marcada por *Neutralidade*, mas nos horários das 09:00 UTC e 17:00 UTC, predominou desconforto por *Pouco Frio* e *Pouco Calor*, respectivamente. Algumas horas de intenso desconforto por *Muito Frio* foram obtidas das estações mais elevadas, como São José dos Ausentes e Cambará do Sul. O oposto ocorreu na Região Metropolitana de Porto Alegre, onde a população sofreu por *Muito Calor*. Não se pode descartar a importância do vento, como causador de desconforto térmico, nesta pesquisa utilizado no índice *Tev*, sendo este foco de uma investigação complementar.

Referências

- GOBO, João Paulo Assis. Aplicação do índice de Temperatura Efetiva com Vento (*Tev*) nos estudos de conforto térmico para o estado do Rio Grande do Sul. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.403 – 413, 2012.
- MONTEIRO, L.M; ALUCCI, M.P. Índices de conforto térmico em espaços abertos: Revisão histórica. ENCAC. 2005.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-58, jul./set. 2007.
- NEDEL, A. Condições Meteorológicas Favoráveis à Ocorrência de Doenças Respiratórias em Crianças da Cidade de São Paulo. Tese (doutorado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo), São Paulo, 2008.
- ROTHFUSZ, L. P. The Heat Index “Equation” (or more than you ever wanted to know about heat index). Western Region Technical Attachment N. 90-24, jul/1990.
- STEADMAN, R.G. The assessment of sultriness. Part 1. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. J. Meteor. 18, p. 861-873. 1979.
- WEBB, C.G. An analysis of some observations of thermal comfort in an equatorial climate. British Journal of Industrial Medicine, n°16, 1959, p.297-310.