



AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO NO VERÃO DO RIO GRANDE DO SUL

JOÃO PAULO ASSIS GOBO¹
EMERSON GALVANI²

Resumo: A presente pesquisa avaliou as condições de conforto térmico em escala regional no estado do Rio Grande do Sul, a partir de um zoneamento do conforto térmico humano para os verões de anos-padrão de mais chuvoso, menos chuvoso e habitual. Para tal, utilizou-se da base de dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para um período de 30 anos, no qual foi atribuído o índice de Temperatura Resultante (TR) para todos os verões da série histórica, bem como das faixas de sensação térmica, as quais foram definidas a partir das classes elaboradas por Fanger (1972) e adaptadas para São Paulo, SP por Maia; Gonçalves (2002). Após digitalização dos dados, verificou-se que o conforto térmico humano no verão do Rio Grande do Sul apresentou-se influenciado pelos controles geográficos, tais como altitude, continentalidade e maritimidade.

Palavras-chave: conforto térmico humano; zoneamento; anos-padrão.

Abstract: This study concerns in evaluate the thermal comfort conditions at a regional scale in the state of Rio Grande do Sul, South Brazil, from a zoning of human thermal comfort for the summers of pattern-years of Rainier, less rainy and habitual atmosphere circulation. To reach the general objective, it was used the climatic database of the National Institute of Meteorology (INMET) for a period of 30 years, which was assigned the index Resulting Temperature (RT) for all summers in the timeline series, as well as wind-chill tracks, which were defined from the classes developed by Fanger (1972) and adapted to Sao Paulo, SP, Brazil, by Maia; Gonçalves (2002). After scanning the data, it was found that the human thermal comfort in summer of Rio Grande do Sul was presented more influenced by the geographic controls, such as altitude, continentality and maritimidade.

Key-words: human thermal comfort; zoning; pattern-years.

1 – Introdução

O calor extremo, bem como o frio extremo, podem ter um impacto maior sobre a saúde humana do que qualquer outro tempo extremo, especialmente entre os idosos (GOLDEN *et al.*, 2008).

Temperaturas altas e muito baixas podem aumentar o risco de morbidade e mortalidade, principalmente em ambientes onde a faixa de conforto térmico não apresenta

¹ Mestre em Geografia Física, Universidade de São Paulo, USP. E-mail: jpgobo@usp.br

² Doutor em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. E-mail: egalvani@usp.br



boa abrangência climática, caracterizando menor tolerância da população a estas adversidades biometeorológicas (CHANGNON, *et al.*, 2000).

De acordo com Monteiro e Alucci (2007) a sensação de conforto térmico está associada com o ritmo de troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente. Neste sentido, o desempenho durante qualquer atividade deve ser otimizado, desde que o ambiente propicie condições de conforto e que sejam evitadas sensações desagradáveis. Estas sensações são funções não só das condições ambientais, mas também da capacidade de aclimatização ao meio ambiente, dos hábitos alimentares, das atividades, da altura, do peso, do tipo de roupa de cada indivíduo, e até mesmo da idade e sexo (GOLDEN *et al.*, 2008).

Percebe-se, portanto, que o bem-estar de um indivíduo, do ponto de vista climático, está diretamente ligado às características ambientais em que este está inserido. Sendo assim, fatores geográficos como a altitude, a latitude, uso do solo, a continentalidade e a maritimidade determinam o clima de um determinado local e conseqüentemente a existência, ou não, de conforto térmico neste ambiente.

O presente trabalho verificou os padrões de conforto térmico no estado do Rio Grande do Sul por meio de um zoneamento do conforto térmico humano para os verões de anos-padrão representativos de mais chuvoso, menos chuvosos e habitual, a fim de se identificar as áreas de maior e menor estresse térmico nesta estação do ano.

2 – Metodologia

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados dados de 23 estações meteorológicas da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à temperatura do ar e umidade relativa do ar, para uma série de tempo de 30 anos, entre 1981 e 2010.

Foram consultados os dados de pluviometria mensal e anual, do período entre janeiro de 1981 a dezembro de 2010, totalizando 30 anos de dados analisados para se selecionarem os anos classificados como habitual, mais chuvoso e menos chuvoso do ponto de vista da circulação atmosférica regional (MONTEIRO, 1971; SARTORI, 1993).

A escolha de anos-padrão é um procedimento adotado no emprego da análise rítmica, técnica proposta por Monteiro (1969, 1971, 2000), a qual se torna subsídio metodológico e técnico na investigação geográfica dos tipos de tempo, em sua sucessão habitual e extrema, condição que configura o ritmo climático (MOURA; ZANELLA, 2012).



Assim, segundo o conceito de clima proposto por Sorre (1951), com a noção de ritmo climático, a chuva é o elemento climático de maior variação interanual, refletindo de maneira mais adequada a noção de ritmo, em que há “o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno dos mesmos estados” (MONTEIRO, 1976: p.30).

Sartori (1993) explica que para o Rio Grande do Sul não se pode falar em ano seco, pois as chuvas são distribuídas regularmente ao longo do ano, e, mesmo quando há uma baixa significativa dos totais pluviométricos, não se pode considerar como ano-padrão seco, visto que o volume total das chuvas ainda é superior ao índice que caracteriza aridez climática, recebendo, portanto, o nome de ano-padrão menos chuvoso (NIMER, 1977).

Seguindo esse preceito, e de posse dos dados pluviométricos mensais do período, foi calculada a média de precipitação para o Rio Grande do Sul para a série de 30 anos de dados e foram caracterizado como ano-padrão habitual para o Rio Grande do Sul os anos nos quais os totais pluviométricos registrados encontravam-se no intervalo de 1300 mm a 1800 mm anuais, os mais chuvosos com índices superiores a 1800mm e os anos-padrão menos chuvosos aqueles de totais anuais de precipitação inferiores a 1300mm (RUOSO, *et al.*, 2006).

Assim, o ano representativo como habitual entre a série histórica citada foi o de 2007, com total pluviométrico de 1749,6 mm, registrando praticamente o mesmo valor apresentado pela média da série de 30 anos, que foi de 1758,1mm. O ano mais chuvoso selecionado foi o de 2002, sendo um ano caracterizado pela influência do fenômeno El Niño e o mais chuvoso da série de 30 anos, registrando 2591,1mm. Como ano-padrão menos chuvoso destacou-se o ano de 2004, com totais pluviométricos de 1064,5mm, caracterizando-se como o ano menos chuvoso da série analisada.

Para o cálculo dos índices de conforto térmico, foram organizadas tabelas com o auxílio do Software *Microsoft Office Excel 2007*, nas quais calculou-se o conforto térmico para cada um dos três anos-padrão selecionados (2002, 2004 e 2007) através do Índice de Temperatura Resultante TR (C°) (MISSENARD, 1948), para os meses representativos de verão, com o uso da seguinte fórmula:

$$TR = Ts - 0,4 (Ts - 10) (1 - UR / 100) \quad \text{Equação 1:}$$

Onde:

TR é a temperatura resultante (°C);

Ts é a temperatura do ar (bulbo seco) (°C);

UR é a umidade relativa do ar (%).



Pelo fato de o Rio Grande do Sul não possuir uma classificação das zonas de conforto térmico adequadas aos padrões climáticos do Estado, a presente pesquisa utilizou-se da Classificação Térmica desenvolvida por Maia e Gonçalves (2002) para espaços urbanos abertos na cidade de São Paulo, com base nas condições de conforto térmico estabelecido por Fanger (1972).

Os referidos autores da pesquisa propuseram uma comparação entre diferentes índices de conforto térmico e a partir daí, com uma distribuição da frequência dos tipos de tempo durante o ano de 1999 em São Paulo, estabeleceram as zonas de conforto propostas a seguir, no Quadro 1, as quais foram utilizadas no zoneamento do conforto térmico para o Rio Grande do Sul.

Tev (C°)	Sensação Térmica	Grau de Estresse Fisiológico
<13	Muito Frio	Extremo Estresse ao Frio
13 - 16	Frio	Tiritar
16 - 19	Frio Moderado	Ligeiro Resfriamento do Corpo
19 - 22	Ligeiramente Frio	Vasoconstrição
22 - 25	Confortável	Neutralidade Térmica
25 - 28	Ligeiramente Quente	Ligeiro Suor e Vasodilatação
28 - 31	Quente Moderado	Suando
31 - 34	Quente	Suor em Profusão
>34	Muito Quente	Falha na Termorregulação

Quadro 01 - Classes de conforto térmico adaptadas à pesquisa

Fonte: Maia e Gonçalves (2002).

Org.: GOBO, J. P. A. (2014).

Na etapa seguinte, os arquivos foram exportados para o software ARCGIS 3.2, em que se atribuíram as classes Interpretativas para a Sensação Térmica e fez-se a edição final de todos os mapas dos três anos-padrão (2002, 2004 e 2007).

3 – Resultados

✓ Verão (Janeiro) Ano-Padrão Mais Chuvoso (2002)

No zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão mais chuvoso (Figura 1A) assim como no zoneamento da primavera também se verificam três faixas de sensação térmica classificadas, que são "Frio Moderado", "Ligeiramente Frio" e "Confortável".

O zoneamento do verão é o único que apresenta a faixa de sensação térmica "Confortável" classificada dentre as demais estações do ano de 2002 zoneadas. A faixa em questão, com índice TR médio entre 22°C e 25°C, compreende todo o vale do rio Uruguai, desde o norte do Estado até o oeste, na região da tríplice fronteira (Brasil, Uruguai e



Argentina). Também se verifica a faixa de sensação térmica "Confortável" em parte da região central do Estado, na região metropolitana de Porto Alegre e no litoral médio.

Esse padrão de distribuição da zona de conforto térmico no território do estado esta fortemente associado a atributos climáticos tais como a continentalidade, a maritimidade e a altitude destas regiões de abrangência da faixa de sensação térmica em questão.

A faixa de sensação térmica "Frio Moderado", com índice TR médio entre 16°C e 19°C, restringe-se à região da serra de nordeste e a parte do planalto, sendo essas regiões as mais altas do estado, o que de certa forma auxilia a manutenção das temperaturas médias amenas, devido a maior cobertura de nuvens nesta época.

Wollmann e Sartori (2009), já ressaltavam para uma maior atuação dos sistemas de origem extratropical durante o verão de um ano-padrão mais chuvoso no estado. Esta atuação de sistemas extratropicais é que deram à estação elevados totais pluviométricos.

A maior parcela do Rio Grande do Sul, no entanto, corresponde à faixa de sensação térmica "Ligeiramente Frio", representada por índice TR médio entre 19°C e 22°C. Essa faixa abrange toda a metade sul do Estado bem como partes da região central, da serra do nordeste e do planalto.

Na tabela 01 é possível verificar o percentual das áreas ocupadas por cada faixa de sensação térmica classificada no zoneamento para o verão de 2002, no território do Rio Grande do Sul.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	13,0
19 - 22	Ligeiramente Frio	47,8
22 - 25	Confortável	39,2
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Tabela 01 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2002.

Org.: GOBO, J. P. A. (2014).

✓ **Verão (Janeiro) Ano-Padrão Menos Chuvoso (2004)**

No zoneamento do verão do ano-padrão menos chuvoso (Figura 1B), notam-se zonas de faixa de sensação térmica "Confortável" mais reduzida em relação ao verão do ano-padrão mais chuvoso (2002).



O zoneamento dessa estação para o ano menos chuvoso apresenta, ainda, faixas de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" e "Frio Moderado" classificadas no território do Rio Grande do Sul, sendo a faixa de "Ligeiramente Frio" a predominante, com índice TR médio oscilando entre 19°C e 22°C, enquanto a faixa de "Frio Moderado", com índice TR médio entre 16°C e 19°C, restrita às regiões mais elevadas da serra de nordeste.

A faixa de sensação térmica "Confortável", com índice TR médio variando entre 22°C e 25°C, abrange parte da região metropolitana de Porto Alegre e todo o vale do rio Uruguai, no oeste do Estado, sendo essas regiões caracterizadas por altitudes que variam entre 0m e 200m, onde é forte a influência da maritimidade e da continentalidade, como pode ser observado por meio das setas na figura.

A pouca cobertura de nuvens em um ano tido como menos chuvoso é causada, segundo Wollmann e Sartori (2009), pela participação das massas de ar de origem polar descaracterizadas que dominam praticamente durante toda a estação.

Na tabela 02, é possível verificar o percentual das áreas ocupadas por cada faixa de sensação térmica classificada no zoneamento para o verão do ano-padrão menos chuvoso (2004), no território do Rio Grande do Sul.

A inclusão do conforto térmico no estado dentro das faixas de "Frio Moderado", "Ligeiramente Frio" e "Confortável" em plena estação mais quente do ano, deve-se, em parte, a predominância dos sistemas atmosféricos extratropicais sobre os de origem intertropical no Rio Grande do Sul, mesmo durante o verão (WOLLMANN; SARTORI, 2009).

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	17,4
19 - 22	Ligeiramente Frio	47,8
22 - 25	Confortável	34,8
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Tabela 02 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2004.

Org.: GOBO, J. P. A. (2014).

✓ Verão (Janeiro) Ano-Padrão Habitual (2007)

Observando-se o mapa do zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão habitual (Figura 01C), pode-se constatar um domínio mais abrangente das faixas



mais quentes de sensação térmica, em relação aos demais verões observados anteriormente.

De fato, das três faixas de sensação térmica classificadas, a faixa "Confortável", com índice TR entre 22°C e 25°C, é a que predomina no território do Rio Grande do Sul nesse zoneamento. Ela ocupa boa parte do planalto, a região oeste do Estado, a região central, do litoral e da metade sul do Rio Grande do Sul. As setas na figura demonstram a influência da continentalidade no oeste do estado e da maritimidade próximo ao litoral, determinando a amenização da situação de conforto térmico no estado, associado a baixa altitude dessas regiões.

As demais faixas de sensação térmica classificadas foram a de "Ligeiramente Frio" e "Frio Moderado", com índices TR variando entre 19°C e 22°C, e 16°C e 19°C, respectivamente. Destas, a faixa de "Ligeiramente Frio" foi classificada no extremo sul do Rio Grande do Sul, na região da campanha, próxima à fronteira com o Uruguai, em um núcleo na serra de sudeste (escudo cristalino), e em parte do litoral norte e da serra de nordeste.

A faixa de "Frio Moderado" ficou restrita a um pequeno núcleo na região dos campos de cima da serra, na serra de nordeste próximo à divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

A tabela 03 apresenta o percentual de áreas ocupadas por cada uma das três faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão habitual no Rio Grande do Sul.

Diferentemente do ano mais chuvoso e menos chuvoso, o ano habitual apresenta a maior parte do território do estado dentro da faixa de sensação térmica de confortável, o que, segundo Wollmann e Sartori (2009), pode ser interpretado pelo fato de que o que diferencia o verão das demais estações do ano no Rio Grande do Sul é a descaracterização mais rápida dos sistemas atmosféricos polares que dominam no Estado.

Os autores chamam atenção para o fato de que em anos-padrão habitual, diferentemente de anos mais ou menos chuvosos no estado, os sistemas atmosféricos de origem intertropical Massa Tropical Continental e Massa Tropical Atlântica (MTC e MTA) são mais frequentes no verão, exercendo maior controle na dinâmica atmosférica regional em anos-padrão habituais (WOLLMANN; SARTORI, 2009).

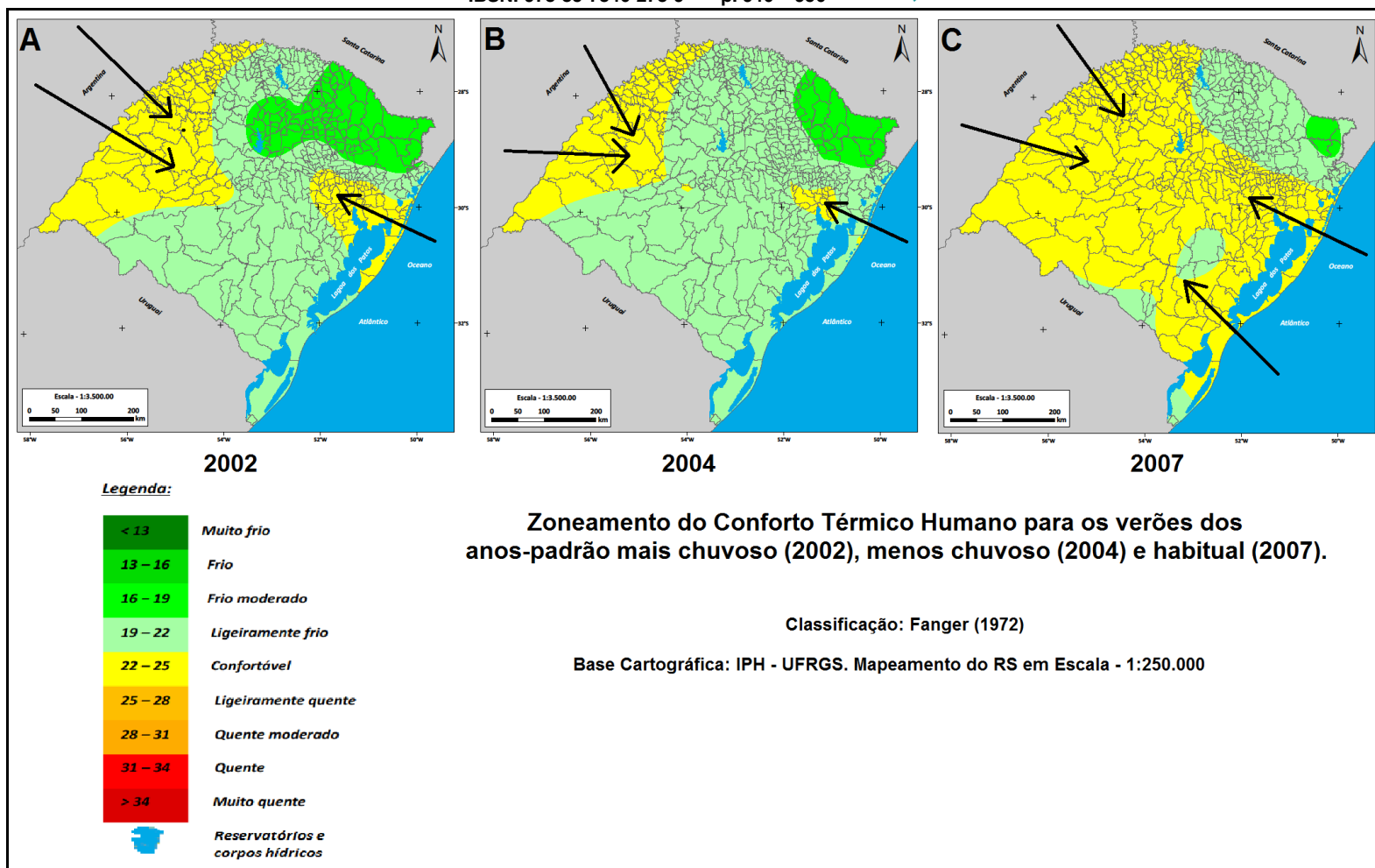


Figura 01: Mapas do Zoneamento do Conforto Térmico para os verões dos anos-padrão 2002, 2004 e 2007.
Org.: GOBO, J. P. A. (2014).



Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	0
19 - 22	Ligeiramente Frio	34,8
22 - 25	Confortável	65,2
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Tabela 03 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2007.

Org.: GOBO, J. P. A. (2014).

4 – Conclusões

O estudo do conforto térmico humano em escala regional é uma temática pouco investigada, uma vez que os trabalhos, em sua maioria, são voltados para análises microclimáticas, topoclimáticas e condições de ambiente construído "*in door*", ainda pouco estudadas pela Climatologia Geográfica..

No que se refere ao zoneamento do conforto térmico para os verões dos anos-padrão estabelecidos como habitual (2007), mais chuvoso (2002) e menos chuvoso (2004), observou-se que estes foram fortemente influenciadas pelos fatores geográficos, tais como o relevo (altitude), a continentalidade e a maritimidade. Esses fatores determinaram a disposição das zonas classificadas de maneira semelhante nas respectivas estações climáticas de cada ano analisado.

Porém, analisando-se os resultados a partir de um ponto de vista da participação dos sistemas atmosféricos e suas características nessa época do ano, é possível relacionar a maior participação de sistemas intertropicais em anos-padrão habitual, com a maior parcela do território do estado incluída dentro da faixa de sensação térmica "Confortável". Esse padrão não se observa nos anos-padrão mais e menos chuvoso, devido, possivelmente, a participação maior de sistemas atmosféricos extratropicais.

Em relação ao ano-padrão mais chuvoso, este se mostrou mais frio do ponto de vista do zoneamento do verão, o que reflete a maior cobertura de nuvens no sistema, diminuindo a incidência de radiação solar.

O ano-padrão menos chuvoso mostrou, assim como o ano mais chuvoso, uma amenização nos valores do conforto térmico, enquanto o ano-padrão habitual mostrou-se o



mais quente dos três, tendo o verão apresentado, em sua maioria, o predomínio de zonas mais quentes, no território do Rio Grande do Sul.

Por fim, notou-se a necessidade do estabelecimento de uma classificação das faixas de conforto térmico adequadas aos padrões climatológicos do estado, bem como de sua população, para que os valores observados no zoneamento do conforto térmico respondam de maneira mais compatível com a realidade bioclimática regional.

5 - Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo de mestrado.

6 - Referências Bibliográficas

CHANGNON, S. A.; PIELKE JUNIOR, R. A.; CHANGNON, D.; SYLVES, R. T.; PULWARTY R.; *Human Factors Explain the Increased Losses from Weather and Climate Extremes. Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 81, nr. 3, 437-442, 2000.

FANGER, P.O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. New York: McGraw Hill, 1972.

GOLDEN, J. S.; HARTZ, D.; BRAZEL, A.; LUBER, G.; PHELAN, P.; *A biometeorology study of climate and heat-related morbidity in Phoenix from 2001 to 2006. International Journal of Biometeorology*, nr. 52, 471-480, 2008.

MAIA, J. A.; GONÇALVES, F. L. T. *Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo – parte 1. Anais: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, p. 305-314, Foz de Iguaçu, 2002.

MISSENARD, H. **Equivalence Thermique des Ambience. Chaleur et Industrie**, 24; p.159-183. 1948.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 181p. (Série Teses e Monografias, 25). 1976.

MONTEIRO, C. A. F. *Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Revista IGUSP*. São Paulo. [s./v.], [s./n.], p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. Rio Claro: UNESP- IGCE, 2000. CD-ROM.



MONTEIRO, C. A. F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil.)** Série Teses e Monografias, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. *Questões teóricas de conforto térmico em Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos...* **Ambiente Construído**, v. 7, p. 43-58, 2007.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M. E., *Escolha de “anos- padrão” para o estudo do conforto térmico em Fortaleza, CE: verificação de critérios.* **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.547 – 560, 2012.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ; 421 p. 1977.

RUOSO, D.; SARTORI, M. G. B.; WOLLMANN, C. A.; COSTA, E. R. *Respostas locais à circulação regional em Santa Maria e Santa Cruz do Sul: Uma análise de normais climatológicas de temperatura e precipitação.* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7. Rondonópolis: UFMT, 2006. 20-25 ago. **Anais...** 1CD-ROM.

SARTORI, M. G. B., *As variações pluviométricas e o regime das chuvas na região central do Rio Grande do Sul.* Rio Claro, **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, p. 72-80, 1993.

WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M. G. B., *Frequência mensal e sazonal da participação de sistemas atmosféricos no verão do Rio Grande do Sul: análise sobre três casos típicos (1986/1987, 1997/1998 e 2004/2005).* **Ciência e Natura**, UFSM, 31 (1): 141 - 161, 2009.