

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

**REVISTA DE GEOGRAFIA
(RECIFE)**

<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia>

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

REFERENCIAL TÉCNICO E TEÓRICO- METODOLÓGICO APLICADO A ESTUDOS DE CONFORTO HUMANO EM AMBIENTES EXTERNOS

João Paulo Assis Gobo¹, Emerson Galvani²

1 - Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. Mestre em Geografia Física pela Universidade de São Paulo-USP. Doutorando em Geografia Física pela Universidade de São Paulo-USP. E-mail: jpgobo@usp.br

2 - Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP. Mestre em Agrometeorologia pela ESALQ/USP. Professor Doutor do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo-USP. E-mail: egalvani@usp.br

Artigo convite - 40 anos do lançamento da obra Teoria e Clima Urbano do Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar os referenciais técnicos e teórico-metodológicos que sustentam, subsidiam e normatizam os estudos de conforto térmico humano em condições de ambiente externo, assim como, apresentar resultados da aplicação dessa metodologia ao estudo de caso de Santa Maria, RS baseados em coleta de dados primários em estação meteorológica móvel e aplicação de questionários de percepção da população. Baseou-se em coleta de dados climatológicos com estação móvel instalada no centro da cidade, assim como a coleta de dados de avaliação sensitiva da população às condições de conforto ou desconforto humano com aplicação de questionários. Esta avaliação concluiu ainda há uma necessidade óbvia de padronização das técnicas e métodos empregados para dar orientação na realização de pesquisas de campo em ambientes ao ar livre. Em face dos dados coletados em campo e em função da situação atmosférica anômala observada durante o trabalho de campo em agosto de 2015, verificou-se uma influência negativa do Vento Norte na sensação térmica da maioria dos indivíduos entrevistados. Foi possível observar que as sensações de conforto e desconforto térmico durante os dias de estudo não se limitaram apenas às variáveis microclimáticas e foram fortemente influenciadas pelas variáveis condicionadas pela circulação atmosférica associada ao clima regional.

Palavras-Chave: Vento Norte, circulação atmosférica regional, microclima urbano.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL PERSPECTIVES APPLIED TO HUMAN THERMAL COMFORT STUDIES IN EXTERNAL ENVIRONMENT

ABSTRACT

The aim of this article is to present the technical references and theoretical and methodological basis, which subsidize and standardize the human thermal comfort studies in external environmental conditions, as well as present the results of applying this methodology to the case study of Santa Maria, RS based on primary data collection mobile weather station and implementation of perception questionnaires in population. It was based on collecting climatological data with mobile station installed in the city center, as well as the collection of sensory evaluation data of the population to comfort conditions or human discomfort in questionnaires. This review concluded there is still an obvious need for standardization of the techniques and methods used to provide guidance in conducting field research in outdoor environments. Considering the data collected in the field and on the basis of anomalous atmospheric situation observed during the field work in August 2015, there was a negative influence of the North Wind in the thermal sensation of most individuals interviewed. It was observed that the sensations of comfort and thermal discomfort during the

days of study not limited only to the microclimate variables and were strongly influenced by variables conditioned by atmospheric circulation associated with regional climate.

Keywords: North Wind, regional atmospheric circulation, urban

INTRODUÇÃO

Os espaços livres são importantes para as cidades, pois acomodam o tráfego de pedestres, contribuem para a boa habitabilidade urbana, proporcionam uma experiência agradável de conforto térmico para a população, bem como, melhoram a qualidade de vida urbana.

Porém, a influência de conforto térmico em atividades ao ar livre é uma questão complexa que compreende aspectos climáticos e comportamentais. No entanto, grande maioria dos trabalhos de conforto térmico são destinados a avaliar espaços internos, já que em ambientes externos a complexidade das avaliações aumenta devido à menor possibilidade de controle das variáveis climáticas e à grande modificação destas ao longo do dia.

Os ganhos de radiação de ondas curta e longa, a atuação do vento, bem como as variações higrométricas diárias e a diversidade de sensações e percepções térmicas dos indivíduos são algumas das variáveis que tornam o estudo de conforto em espaços abertos ainda mais complexo.

Alguns estudos e índices de conforto vêm sendo desenvolvidos para a determinação do conforto térmico em espaços abertos, com condições térmicas não controladas. Os índices de conforto térmico como o PMV (Predicted Mean Vote), o PET (Physiological Equivalent Temperature), o SET (Standart Effetive Temperature), o OUT_SET (Out_Standard Effetive Temperature) e o UTCI (Universal Thermal Comfort Index) são alguns dos mais utilizados para avaliação do conforto em espaços abertos.

Geralmente as normas de conforto térmico, tais como ASHRAE/ANSI 55 (2004), sugerem sete pontos na escala de conforto térmico: -3, -2, -1, 0, 1, 2 e 3, onde -3 e 3 estão em extremidades opostas e o “0” representa o conforto.

Em função do conceito de conforto térmico estar intimamente relacionada com o stress térmico, muitos pesquisadores têm explorado formas de prever a sensação térmica de pessoas em seu ambiente com base nas variáveis pessoais, ambientais e fisiológicas que influenciam o conforto térmico. Como resultado, os vários modelos matemáticos que simulam resposta térmica dos ocupantes em seu meio ambiente externo têm sido

desenvolvidos usando sete ou nove pontos na escala de sensação térmica, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Escala de sensação térmica Proposta pela ASHRAE/ANSI 55 (2004).

Escala ASHRAE	Escala Bedford	Sete Pontos	Nove pontos				
Muito Quente	3	Muito, Muito Quente	-3	Muito Frio	1	Muito Frio	-4
Quente	2	Muito Quente	-2	Bastante Frio	2	Frio	-3
Ligeiramente Quente	1	Quente	-1	Frio	3	Fresco	-2
Neutralidade	0	Confortável	0	Conforto	4	Ligeiramente Frio	-1
Ligeiramente Frio	-1	Frio	1	Quente	5	Neutro	0
Frio	-2	Muito Frio	2	Bastante Quente	6	Ligeiramente Quente	1
Muito Frio	-3	Muito, Muito Frio	3	Muito Quente	7	Calor	2
						Quente	3
						Muito Quente	4

Fonte: Nasira, et al. (2012).

Há uma série de normas internacionais, orientações e manuais relacionados com medidas de variáveis meteorológicas, questionários e cálculo de índices de conforto térmico (ISO 10551, 1995; ISO 7726, 1998; ASHRAE, 2001; ISO 8996, 2004; ISO 7730, 2005; ISO 9920, 2007; VDI 3787, 2008; ASHRAE 55, 2010).

Dentre estas normas, a normativa da ASHRAE Handbook of Fundamentals (ASHRAE, 2001) é uma das mais completas, fornecendo a determinação dos tipos de instrumentos a serem usados para as medições, determinação da temperatura radiante média, os níveis de taxa metabólica, o isolamento das roupas, os índices de conforto térmico adequados, etc.

Instrumentos meteorológicos adequados para medições em áreas abertas são apresentadas na OMM-No. 8 (2008). A ISO 7726 (1998) e ASHRAE Handbook of Fundamentals (ASHRAE, 2001) descrevem instrumentos para medidas de conforto térmico em ambientes fechados e abertos. As alturas recomendadas dos sensores, de acordo com a norma ISO 7726 (1998), são de 0,6m e 1,1m para que estes estejam na altura aproximada da que representa o centro de gravidade do corpo humano.

Quanto à temperatura e umidade do ar, os sensores podem ser expostos a radiação direta ou de superfícies, porém devem conter abrigo adequado para minimizar o exagero radioativo entre o instrumento e seus arredores (ISO 7726, 1998; OMM-No 8, 2008).

A direção e velocidade do vento apresenta variação espacial e temporal ao ar livre, e especialmente em áreas urbanas, assim, devem ser consideradas de preferência três medições dimensionais (medição horizontal, bem como a velocidade do vento verticais) que devem ser realizada uma vez que a direção do vento é muito irregular. Os instrumentos precisam ter um tempo de resposta rápido e precisão suficiente (ISO 7726, 1998) e o intervalo de medição deve ser suficientemente grande para ser capaz de medir ambas as velocidades baixas e altas.

A temperatura radiante média (TRM) é uma das variáveis mais importantes na avaliação do conforto térmico, especialmente durante condições meteorológicas de tempo quente e ensolarado e é definida segundo ASHRAE (2004) como a temperatura de superfície uniforme de um invólucro imaginário preto ou cinza em que um ocupante trocaria a mesma quantidade de calor radiante, como no espaço real não uniforme e resume a exposição do corpo humano a todos os fluxos de radiação curta e longa (direta, difusa, refletida e emitida) em um determinado ambiente (THORSSON *et al.*, 2007).

A ISO 7726 (1998) e a ASHRAE Handbook of Fundamentals (ASHRAE, 2001) recomendam um globo de cor cinza médio, em vez de preto, quando o sensor está exposto à radiação solar direta para melhor concordar com a superfície exterior de pessoas vestidas. O termômetro de globo cinza de 40mm, tem sido utilizado em vários estudos ao ar livre como os desenvolvidos por Thorsson *et al.*, (2007) e Yahia e Johansson (2013) e estes autores descobriram que este termômetro de globo cinza dá resultados precisos embora ligeiramente superestima a TRM durante condições de sombra e a subestima levemente durante condições de sol.

Para ser capaz de registrar as variações bruscas em TRM com um termômetro de globo, o sensor precisa ter um tempo de resposta suficientemente curto e para alcançar este objetivo, o globo deve ser de tamanho pequeno e ter uma baixa capacidade de calor. Assim, se um globo de metal é usado, o material tem de ser fino (NIKOLOPOULOU *et al.*, 1999). Para reduzir a sensibilidade às variações de velocidade do vento, a velocidade do vento média ao longo de um período suficientemente longo (pelo menos 5min) deve ser considerada no cálculo da TRM (THORSSON *et al.*, 2007).

A fórmula para calcular TRM (Equação 1) deve ser determinada através de medições de calibração com radiação em cada localização geográfica ou, pelo menos, para uma zona de clima semelhante e latitude a qual se está estudando.

$$trm = \{(tg+273)^4 + [(0,25*108)/tg] * (|tg-tar|/D)^{1/4} * (tg-tar)\}^{1/4} - 273 \text{ Equação 1}$$

Onde: trm = temperatura radiante média (°C); tg = temperatura de globo (°C); D = diâmetro do globo (m); var = velocidade do ar (m/s).

Contudo, uma outra maneira para estimar o TRM é usando modelos, tais como RayMan (MATZARAKIS *et al.*, 2007), SOLWEIG (LINDBERG *et al.*, 2008) e ENVI-met (BRUSE, 2011). Nestes casos, os dados meteorológicos são usados como entrada e a morfologia urbana, tais como edifícios, árvores etc., têm de ser modelados.

Quanto à atividade física e a roupa do corpo, estas afetam fortemente a percepção térmica e diversas normas, diretrizes e manuais incluem informações sobre as taxas metabólicas para tarefas típicas e a resistência térmica dos vestuários.

A norma ISO 8996 (2004), por exemplo, especifica métodos para determinar as taxas metabólicas para ambientes de trabalho e inclui as taxas metabólicas para uma série de tarefas diferentes.

A norma ISO 9920 (2007) especifica métodos para a estimativa das características térmicas para diversos tipos de vestuários com base nos valores para vestuários conhecidos e inclui a influência do movimento do corpo, a penetração do ar na roupa e a resistência ao vapor de água.

Em relação aos questionários, ou entrevistas, estes são usados para coletar dados da população quanto às informações gerais e pessoais, tais como idade, sexo, roupas, a percepção térmica, preferências, aceitação, etc.

Quanto à percepção subjetiva do ambiente térmico a ISO 10551 (1995), que se destina principalmente a ambientes de trabalho, sugere cinco escalas de julgamento subjetivo para descrever o estado térmico de uma pessoa, ou seja, a percepção térmica, conforto térmico, preferência térmica, aceitação pessoal e tolerância pessoal. Já a ASHRAE 55 (2010), que se destina a aplicações interiores, inclui escalas para percepção térmica e aceitabilidade térmica.

Tanto a atividade física quanto o isolamento das roupas interferem fortemente na percepção térmica e diversas normas, diretrizes e manuais incluem informações sobre as taxas metabólicas para tarefas típicas e a resistência térmica de vestuários. A norma ISO

8996 (2004) especifica métodos para determinar as taxas metabólicas para ambientes de trabalho e inclui as taxas metabólicas para uma série de tarefas diferentes. A norma ISO 9920 (2007) especifica métodos para a estimativa das características térmicas para vestuários com base nos valores para vestuários conhecidos e inclui a influência do movimento do corpo, a penetração de ar e resistência vapor de água.

Alguns mecanismos psicológicos envolvidos na avaliação do conforto térmico ao ar livre (NIKOLOPOULOU; STEEMERS, 2003; NIKOLOPOULOU; LYKOUDIS, 2006; KNEZ *et al.*, 2009), incluem conhecimento/experiência, atitude/expectativas, crenças/preferências, controle percebido e história térmica do indivíduo. Além disso, estudos demonstram que a cultura (regras, normas e valores) também influenciam a percepção térmica ao ar livre (KNEZ; THORSSON, 2006; 2008). No ambiente ao ar livre mecanismos psicológicos podem contribuir para até 50% da variância entre avaliação objetiva e subjetiva do conforto térmico (NIKOLOPOULOU; STEEMERS, 2003), contudo, não há indicações quanto ao padrão de perguntas sobre estes aspectos.

Já os Índices de conforto térmico podem ser divididos em índices racionais e empíricos (MCINTYRE, 1980) e são baseadas em uma análise da física de transferência de calor, ou seja, com base na equação do balanço de calor do corpo humano.

Embora muitos dos índices foram desenvolvidos para condições interiores, índices empíricos são derivados de estimativas subjetivas (MCINTYRE, 1980) por meio da correlação entre a percepção térmica subjetiva e as variáveis meteorológicas medidas, determinadas por meio de análise de regressão múltipla (GIVONI *et al.*, 2003; METJE *et al.*, 2008; KRUGER; ROSSI, 2011). Tais previsões de percepção térmica podem, contudo, ser limitada a uma zona geográfica ou tipo de clima, onde a pesquisa de campo foi realizada.

A ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010), que foram projetados para ambientes internos, sugerem o uso do PMV, enquanto que as diretrizes da engenharia alemã VDI 3787 (2008), que foram desenvolvidas para ambientes externos, sugere a utilização de PMV, PT e PET.

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar os referenciais técnicos e teórico-metodológicos que sustentam, subsidiam e normatizam os estudos de conforto térmico humano em condições de ambiente externo, assim como, apresentar resultados da aplicação dessa metodologia ao estudo de caso de Santa Maria, RS, baseados em coleta de dados primários em estação meteorológica móvel e aplicação de questionários de percepção da população.

MATERIAL E MÉTODOS

Para executar a proposta de avaliação do conforto térmico humano ao ar livre por meio da correlação entre os aspectos climatológicos da área de estudo e as variáveis subjetivas dos usuários, com a finalidade de estabelecer o grau de adequação térmica da população, fez-se uso do método indutivo experimental, calcado no levantamento de dados climatológicos primários em campo e de variáveis individuais e subjetivas para uma população adaptada à condição climática em que se encontra.

Para tanto, a presente pesquisa apoiou-se principalmente, nos métodos e resultados dos trabalhos de Monteiro (2008), Monteiro e Alucci (2007 e 2010), Cheng, et al. (2010), Rossi, et al. (2012), Xi, et al. (2012), Pantavou, et al. (2013), Lai, et al. (2014) e Błażejczyk, et al. (2014), desenvolvidos em âmbito nacional e internacional.

Foi estabelecida como base para coleta de dados para o presente estudo a cidade Santa Maria, pelo fato deste município estar localizado no centro geográfico do estado (Figura 1) e, segundo Sartori (1980), pela posição privilegiada para os estudos climáticos no estado, uma vez que, estando no centro deste, tem condições de refletir as características da circulação atmosférica regional.

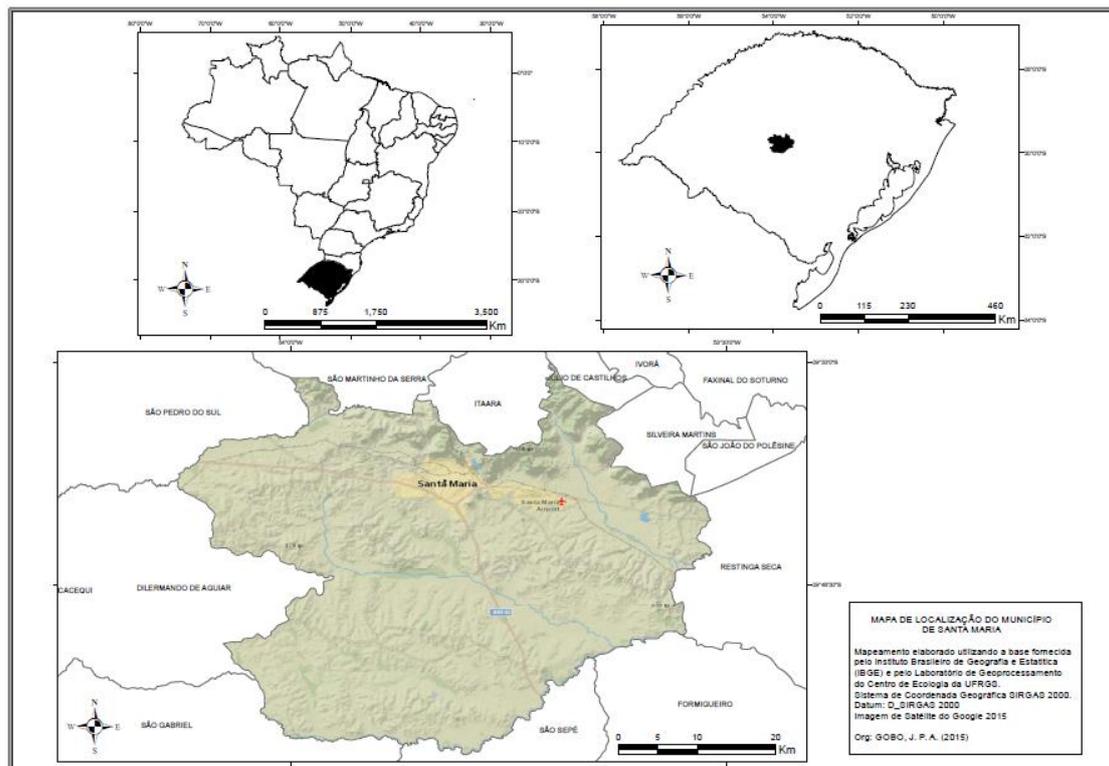


Figura 1 - Localização da área de estudo. Org: Gobo e Galvani (2016).

Aspectos Instrumentais

No decorrer da elaboração das premissas fundamentais que deram partida ao desenvolvimento desta pesquisa, optou-se pelo uso de dados primários e, para tanto, fez-se uso de uma estação meteorológica móvel que possibilitou a coleta desses dados na área de estudo.

Assim, foi utilizada uma estação meteorológica de marca Campbell CR-1000 com altura máxima de 2,0m em tripé móvel de alumínio (Figura 2 A e B), contendo os seguintes sensores: Datalogger; Pluviômetro de Bâscula; Sensor de Radiação Global; Sensor de Temperatura e Umidade do Ar; Sensor de Velocidade e Direção do Vento; Termômetro de Globo Cinza.

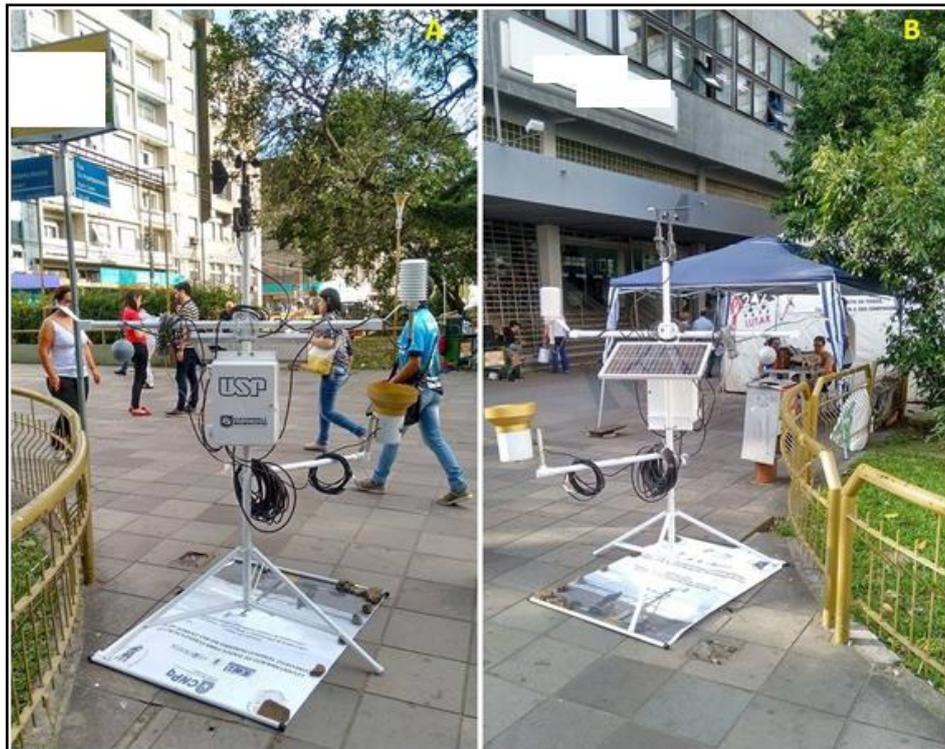


Figura 2 - Estação meteorológica Campbell CR-1000. Org: Gobo e Galvani (2016).

Foram coletados dados primários de temperatura do ar (máxima, mínima e média), radiação de globo cinza – uma vez que a estação ficou estabelecida em área aberta com incidência de radiação solar direta (ISO 7726, 1998) – umidade relativa do ar (máxima, mínima e média), velocidade do vento, rajada do vento, radiação solar global e precipitação.

Os sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar estavam posicionados a uma altura de 1,5m do solo, enquanto o sensor de velocidade e direção do

vento foi adaptado a 2,0m de altura no topo da estrutura. No entanto, devido a impossibilidade de reestruturação da estação meteorológica para a pesquisa, esta não estava de acordo com a norma ISO 7726 (1998), que recomenda uma altura média ente 0,6m e 1,1m, próxima ao centro de gravidade do corpo humano.

Coleta dos Dados Meteorológicos e Aplicação dos Questionários

A estação meteorológica foi instalada em uma área pavimentada da Praça Saldanha Marinho no centro da cidade de Santa Maria, onde transita intenso fluxo de pessoas (Figura 2), e os dados eram registrados a cada 10 (dez) minutos.

O período de coletas em campo foi entre os dias 03 de agosto a 07 de agosto de 2015, sendo feitas coletas de dados meteorológicos e entrevistas com a população local entre às 09:00h e 17:00h em cada um dos referidos dias da pesquisa.

Foram entrevistadas 6 (seis) pessoas a cada 10 (dez) minutos (em conformidade com o período de registro dos dados meteorológicos pela estação), totalizando 36 pessoas entrevistadas a cada hora, 288 (duzentos e oitenta e oito) pessoas entrevistadas nas 8 (oito) horas de coleta de dados para cada dia e 1440 (mil quatrocentos e quarenta) pessoas entrevistadas ao final dos 5 (cinco) dias de trabalho de campo.

Definiu-se que seriam abordadas apenas pessoas residentes no município a mais de 1 (um) ano, em função do histórico térmico dos indivíduos e da memória ambiental dos mesmos, como foi alertado na pesquisa de Nikolopoulou *et al.* (2001).

Também foram limitadas as entrevistas a pessoas com idade entre 20 e 60 anos, que não aparentavam sobrepeso e/ou subpeso, com padrão de área de corpo coberta estabelecido entre 0,5 e 1,0 clo, o que correspondem, respectivamente, a um indivíduo de calça jeans e camiseta e um indivíduo de terno (ISO 9920, 2007), com um padrão de atividade física de 300W para cada indivíduo entrevistado, uma vez que só foram entrevistadas pessoas em movimento (caminhando) (ISO 8996, 2004).

Quanto ao questionário aplicado, utilizou-se o modelo estabelecido pela norma ISO 10551 (1995):

Dados do entrevistado: idade (___); Sexo ()M ()F; ()4,0 clo
Peso (___); Altura (___). Com relação a vestimenta 1. Neste exato momento, eu estou sentindo:
do indivíduo ele esta vestindo: () muito frio -3
()0,4 clo ()frio -2
()0,5 clo () um pouco de frio-1
()1,0 clo () nem frio nem calor 0

- () *um pouco de calor 1*
() *calor 2*
() *muito calor 3*
2. Neste exato momento, com relação às condições climáticas, eu estou:
() *confortável 0*
() *um pouco desconfortável 1*
() *desconfortável 2*
() *muito desconfortável 3*
3. Neste exato momento, eu preferiria estar sentindo:
() *muito mais frio -3*
() *Mais frio -2*
() *um pouco mais de frio -1*
() *Sem mudanças 0*
() *um pouco mais de calor 1*
() *mais calor 2*
() *muito mais calor 3*
4. Neste exato momento, com relação às condições climáticas, na minha opinião estar neste local é:
() *Perfeitamente tolerável 0*
() *Facilmente tolerável 1*
() *Difícilmente tolerável 2*
() *Intolerável 3*
5. Com relação à temperatura do ar, eu preferiria que esta estivesse: () *mais baixa -1* () *como está 0* () *mais alta 1* () *não sei dizer X*
6. Com relação à umidade do ar, eu preferiria que o ar estivesse: () *mais seco -1* () *como está 0* () *mais úmido 1* () *não sei dizer X*
7. Com relação ao vento, eu preferiria que este estivesse: () *mais fraco -1* () *como está 0* () *mais forte 1* () *não sei dizer X*
8. Com relação à radiação solar, eu preferiria que esta estivesse: () *mais branda -1* () *como está 0* () *mais intensa 1* () *não sei dizer X*
- .

Após o fim dos cinco dias de coleta de dados meteorológicos e aplicação dos questionários no centro da cidade de Santa Maria, efetuou-se o levantamento dos dados da Estação Meteorológica de Santa Maria, de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com a finalidade de obter os registros representativos do clima regional.

Os dados obtidos foram os de temperatura do ar (máxima, mínima e média), umidade relativa do ar (máxima, mínima e média), radiação solar global, velocidade e direção do vento, rajada do vento, pressão atmosférica (máxima, mínima e média) e precipitação.

Procedimentos para a Análise dos Dados

O paradigma da Climatologia Geográfica, o Ritmo Climático (MONTEIRO, 1971; 1976), serviu como base para a investigação da interferência da dinâmica atmosférica regional (escala regional) nos padrões locais e microclimáticos (escala local e microclimática) e na determinação do grau de adequação térmica da população tanto ao microclima quanto ao clima regional.

De posse dos dados climáticos da EMA-INMET de Santa Maria, foi construído o gráfico de Análise Rítmica, com o auxílio do software RITMOANÁLISE (BORSATO, BORSATO, SOUSA, 2004), para o diagnóstico da situação atmosférica regional durante o período de coleta.

Atenta-se para o fato de que foram realizadas investigações apenas em relação aos sistemas atmosféricos (massas de ar e sistemas produtores de chuva) envolvidos, identificando-os com o auxílio de cartas sinóticas e imagens de satélite dos dias de coleta obtidos através do banco de dados do CPTEC/INPE.

Com os dados da EMA-Movel, instalada no centro da cidade, fez-se a interpretação dos dados através de gráficos elaborados no software Microsoft Office Excel 2007.

Ao final do tratamento dos dados meteorológicos realizou-se a interpretação das diferentes situações de tempo atmosférico que influenciaram nos dias dos trabalhos de campo em Santa Maria.

Após a interpretação do tempo atmosférico para os dias da pesquisa, os dados meteorológicos da EMA-Móvel foram introduzidos na plataforma do modelo *Bioklima 2.6* (BLAZEJCZYK, 2010), juntamente com os dados subjetivos da população entrevistada, onde as diferentes respostas subjetivas do questionário receberam um valor numérico de acordo com a escala da ASHRAE/ANSI 55 (2004) que varia entre -3, -2, -1, 0, 1, 2 e 3 referentes às respostas preditivas de: Muito Frio -3; Frio -2; Um Pouco De Frio -1; Nem Frio Nem Calor 0; Um Pouco De Calor 1; Calor 2; Muito Calor 3.

Em seguida o modelo apresentou os resultados para os índices de Temperatura Efetiva (TE) de Houghten e Yagloglou (1923), Temperatura Efetiva com Vento (TEv) de Suping *et al.* (1992), Temperatura Equivalente (TEK) de Bedford (1951), Temperatura Radiativa Efetiva (TER) de Błażejczyk (2004), o Índice Windchill (WCI) de Siple e Passel (1945), Índice Humidex (HU) de Masterton e Richardson (1979), Temperatura de globo e de bulbo úmido (WBGT) de Yaglou (1957) e Índice de estresse térmico por calor (HSI) de Belding e Hatch (1955).

A partir do cálculo dos índices, obteve-se a correlação entre estes e as respostas de sensação térmica da população de Santa Maria, bem como a comparação entre as classes dos respectivos índices e a porcentagem dos votos de sensação térmica da população para a escala da ASHRAE/ANSI 55 (2004), identificando os índices com as melhores correlações com a sensação térmica real da população observada.

Por fim, fez-se a comparação para a área rural e urbana entre a temperatura efetiva (TE) e a temperatura efetiva com vento (TEv) para a área rural (EMA-INMET/SM) e urbana (EMA-Móvel) do município calculadas a partir dos dados meteorológicos levantados em campo, da Estação Meteorológica de Santa Maria e o voto de sensação térmica da população.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Análise da dinâmica atmosférica regional para os dias da pesquisa

No dia 03 de agosto de 2015, dia em que se iniciaram as coletas de dados em campo em Santa Maria, observava-se uma frente fria atuando desde o noroeste da Argentina, parte central do Uruguai e estendendo-se pelo oceano Atlântico adjacente até uma área de baixa pressão relativa de 1008 hPa no oceano e uma frente oclusa com centro de baixa pressão de 996 hPa (Figura 3A). Sobre o Rio Grande do Sul observa-se a atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) ou Massa Tropical Atlântica (MTA) com valor de pressão em seu núcleo de valor de 1024 hPa, caracterizando condição de vento do quadrante norte-nordeste para o estado e uma condição pré-frontal bem definida com pressão atmosférica reduzida, de 997 hPa.

No decorrer do dia 03 de agosto a o sistema frontal avançou sobre o Rio Grande do Sul e na análise da carta sinótica de superfície das 12Z do dia 03, observa-se a frente fria atuando desde o noroeste da Argentina, passando pelo RS e se estendendo pelo oceano com um pulso de alta pressão de 1016 hPa na retaguarda da frente. Na imagem do satélite GOES12 para às 00:00h do dia 03 de agosto, no entanto, não é possível observar ainda a frente sobre o Rio Grande do Sul (Figura 3B).

No dia seguinte, 04 de agosto de 2015, observa-se uma frente estacionária atuando desde o noroeste da Argentina, norte do Uruguai e estendendo-se como frente fria pelo centro do RS e oceano Atlântico adjacente, até uma área de baixa pressão relativa de 996 hPa. A MPA, com valores de pressão em torno de 1024 hPa, já se encontra deslocada para o nordeste do estado, o registro de chuva fraca de aproximadamente 3,0 mm para Santa Maria no início e no fim do dia.

É perceptível nos gráficos de temperatura máxima e mínima, uma redução expressiva da temperatura, registrando-se um decréscimo de aproximadamente 10°C entre o dia anterior e o dia 04 de agosto (Figura 4 A e B).

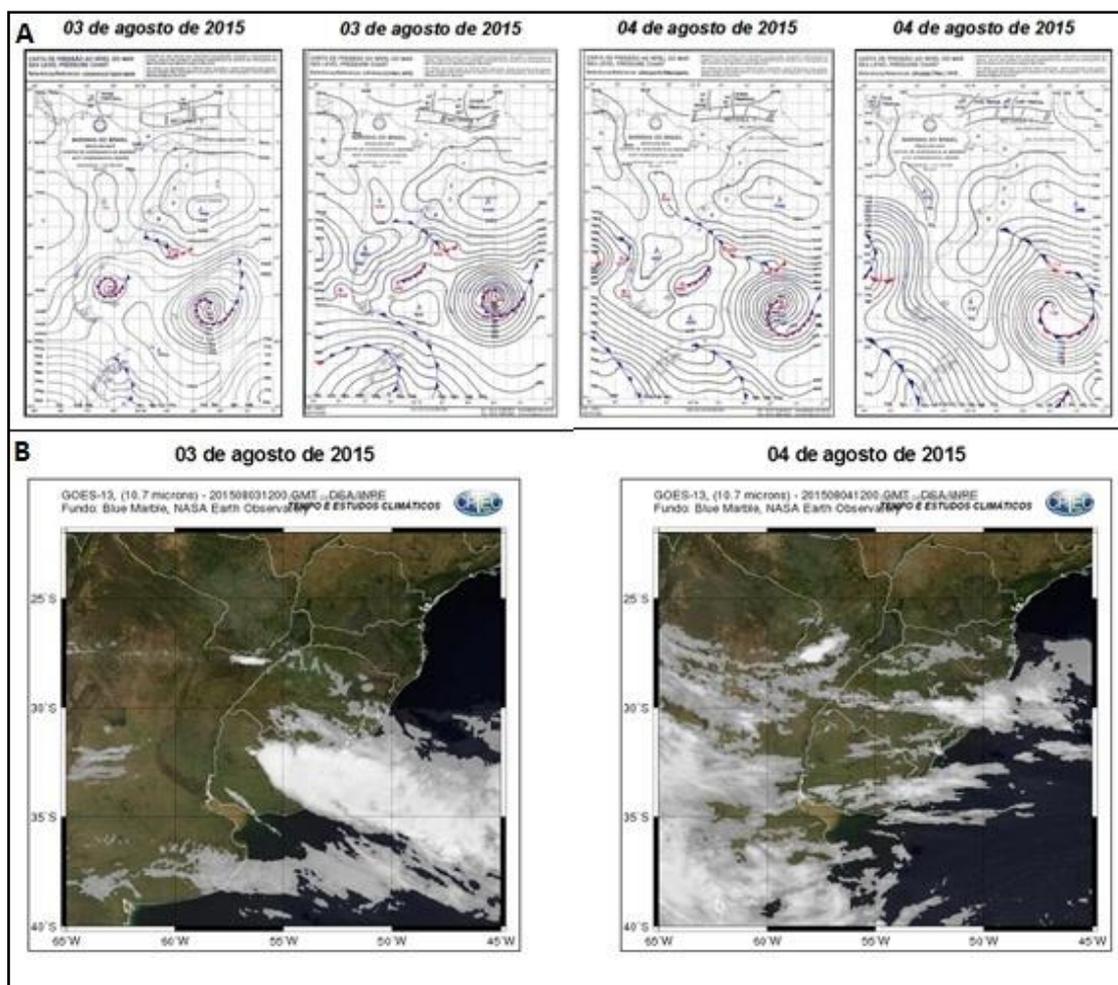


Figura 3 - A – Cartas sinóticas de superfície dos dias 3 e 4 de agosto de 2015. B – Imagens do satélite Goes12 para os dias 3 e 4 de agosto de 2015. Fonte: A - Marinha do Brasil (2015). B – CPTEC/INPE (2015).

Quanto aos padrões de velocidade e direção do vento é possível observar uma diminuição na velocidade média do vento no decorrer do dia 04 em relação ao dia 03, e uma mudança significativa na direção que passa do setor norte no dia 03, para sudoeste no dia 04 (Figura 4 E e F).

No dia 05 de agosto, é possível observar um cavado ao sul do Paraguai e sobre o estado do Rio Grande do Sul, o que configura baixas pressões em altos níveis da atmosfera e, conseqüentemente, precipitação (Figura 5 A). Observa-se muita nebulosidade sobre o Rio Grande do Sul e também duas frentes frias, sendo uma localizada em aproximadamente 48°S e 78°W com centro de baixa pressão relativa de 988 hPa, e outra em 38°S e 75°W com área de baixa pressão relativa de 1000 hPa, já em aproximação com o Sul do Brasil (Figura 5 A e B).

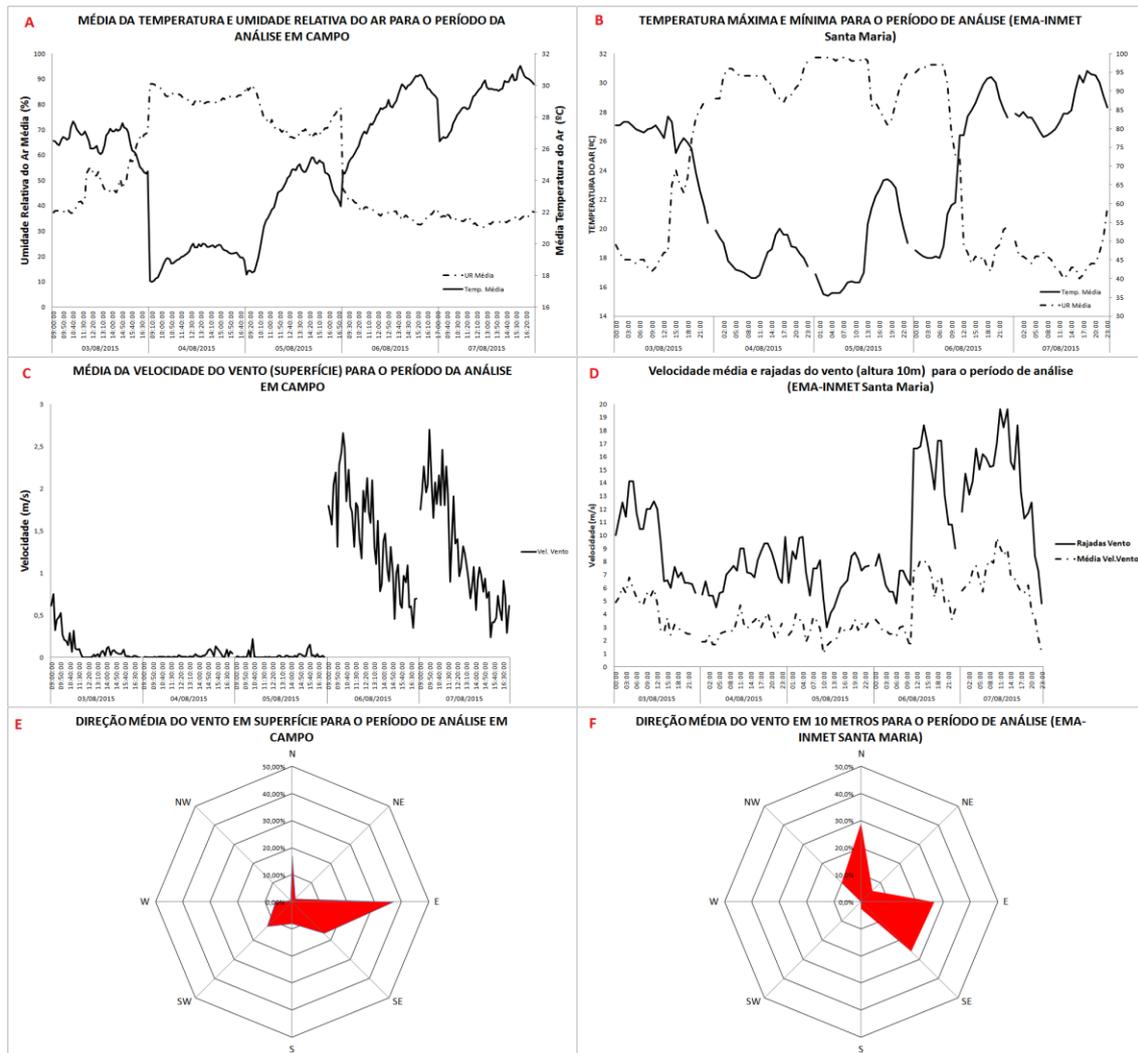


Figura 4 - Interpretação dos atributos climáticos para o período de trabalho de campo em Santa Maria-RS. Fonte: Gobo e Galvani (2015); EMA-INMET Santa Maria (2015).

Na análise do dia 06 e 07 de agosto, observam-se situações sinóticas semelhantes com a presença de uma frente fria a leste de $30^{\circ}W$, entre os paralelos de $20^{\circ}S$ e $30^{\circ}S$ (Figura 5A) e uma área de baixa pressão relativa a 1004 hPa localizada em aproximadamente $36^{\circ}S$ e $72^{\circ}W$, configurando novamente ao Rio Grande do Sul uma situação de tempo pré-frontal que se estende durante os dias 06 e 07 de agosto caracterizada pela elevação das temperaturas máximas e mínimas (Figura 4B), diminuição da pressão atmosférica e da umidade relativa do ar (Figura 4A), bem como a mudança nos padrões de vento que agora configuram-se com velocidades elevadas e provenientes do quadrante leste e norte (Figura 4C,D,E e F), movidos pelo gradiente de pressão formado entre as baixas pressões localizadas na Argentina e as altas pressões da MTA do sudeste do Brasil.

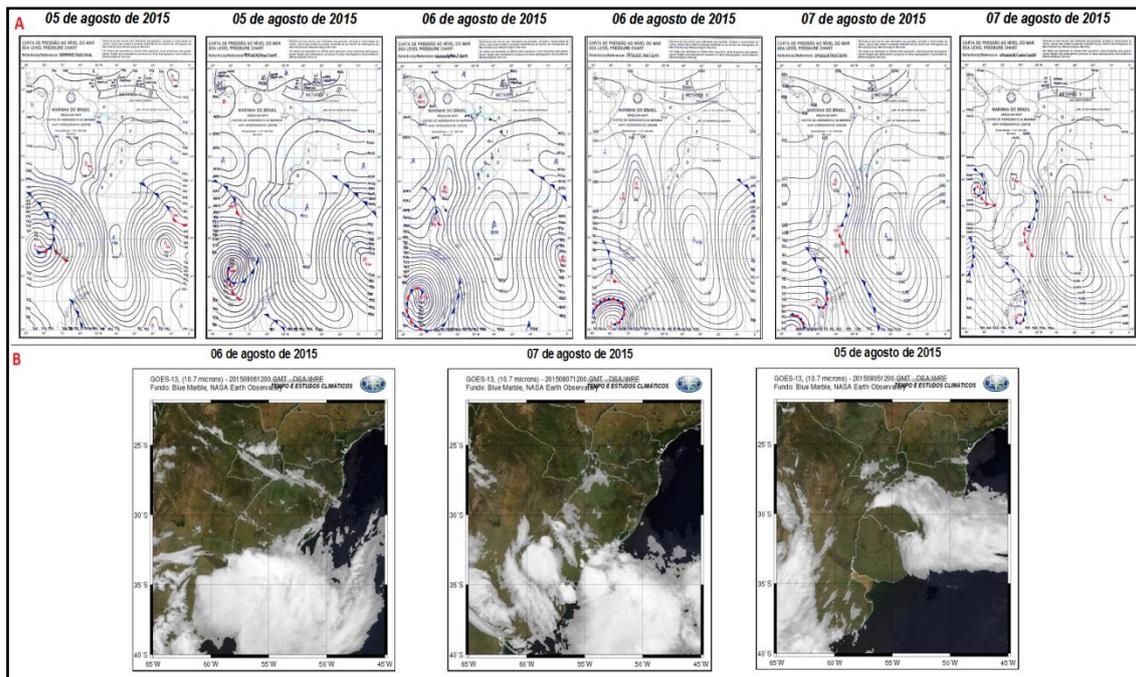


Figura 5 - A – Cartas sinóticas de superfície dos dias 5, 6 e 7 de agosto de 2015. B – Imagens do satélite Goes12 para os dias 5, 6 e 7 de agosto de 2015. Fonte: A – CPTEC/INPE (2015). B – Marinha do Brasil (2015).

Foram nesses dias (06 e 07 de agosto) onde se observou com maior preponderância o episódio de Vento Norte. A partir do gráfico da velocidade média e das rajadas do vento na figura 4C, é possível observar rajadas de até 20m/s nas primeiras horas dos dias observados, com diminuição da velocidade média e, conseqüentemente, das rajadas à medida que decorre o dia e há o aquecimento radiativo da superfície, o que é característico de um vento catabático como o vento norte (SARTORI, 2000; DALLA FAVERA, et al., 2012; MILLER, 1968; PERETTI; SARTORI, 2001; GOBO, et. Al., 2008).

Enquanto no segundo e no terceiro dia o tempo atmosférico foi caracterizado pelo domínio da Frente Polar (FP) e da Massa Polar Modificada (MPM) respectivamente, com características de umidade relativa do ar elevada e temperaturas em declínio, com vento do quadrante sul e sudoeste, nos dois últimos dias retorna o domínio de uma situação pré-frontal sobre o Rio Grande do Sul, caracterizando elevação nas temperaturas, diminuição da pressão atmosférica e da umidade relativa do ar, bem como mudança na direção e velocidade do vento.

Estes padrões climatológicos observados configuram uma situação de tempo anômala em relação aos padrões típicos para o mês de agosto em pleno inverno na região,

com temperaturas muito acima da normal climatológica (1961-1990) de Santa Maria (Figura 6).

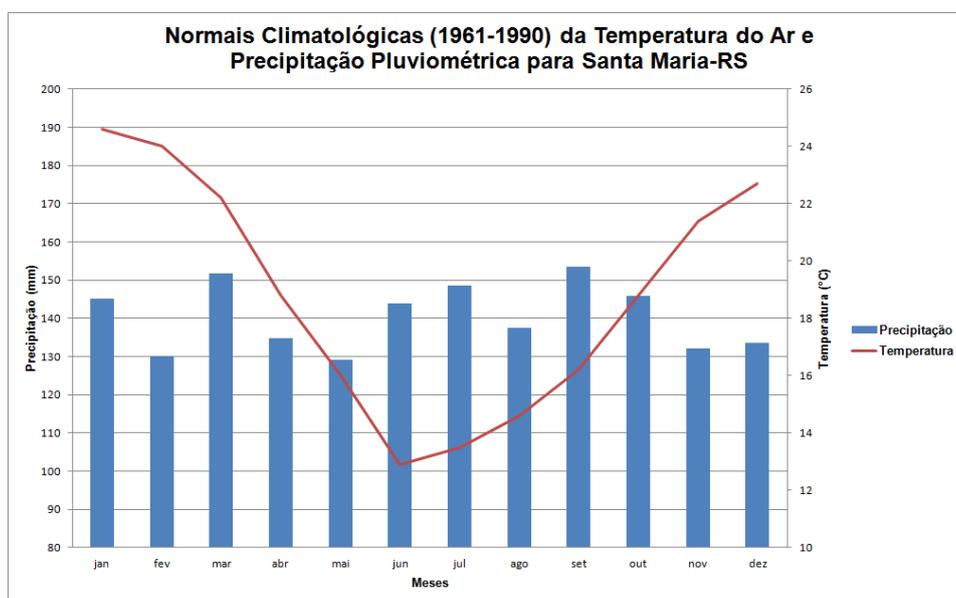


Figura 6 - Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Santa Maria - RS. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2016).

Avaliação do conforto térmico humano e da sensação térmica para a população de Santa Maria – análise rural e urbana

A presente pesquisa partiu de uma abordagem transversal, tal qual o trabalho de Ng e Cheng (2012), quando pessoas diversas são entrevistadas sem que essas entrevistas se repitam com os mesmos indivíduos. Este método tem a vantagem de observar o maior número e mais diversos votos de predições individuais possíveis, fornecendo uma maior confiabilidade aos resultados devido ao tamanho da amostragem, porém é um método que requer um número relativamente grande de indivíduos abordados.

A tabela 2 apresenta alguns dados qualitativos com relação ao perfil médio da população entrevistada durante os 5 dias de análise.

Para uma melhor visualização e interpretação dos resultados, a tabela 3 apresenta os valores médios de temperatura média, máxima e mínima diária, bem como os valores médios de umidade relativa do ar média máxima e mínima diária. Também é apresentado na tabela 3 os valores de velocidade média diária e velocidade máxima diária do vento para o período de análise.

Tabela 2: Características médias da população entrevistada

	Masculino			Feminino		
	total absoluto: 702			total absoluto: 725		
	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo
Idade (anos)	33	60	18	32	60	18
altura (m)	1,75	1,99	1,55	1,63	1,82	1,48
peso (kg)	78	125	62	63	98	40

Fonte: Gobo e Galvani (2015).

Tabela 3 - Atributos climáticos coletados em campo pela estação meteorológica móvel durante o período de análise

Dias de Campo	Temp. Máx.	Temp. Mín.	Temp. Méd.	UR Máx.	UR Méd.	UR Mín.	Vel. Méd. do Vento	Vel. Máx. do Vento
03/08/2015	27,8	24,4	26,4	69,4	48,9	36,3	0,1	3,0
04/08/2015	20,1	17,5	19,2	88,9	83,1	79,4	0,0	1,0
05/08/2015	25,7	18,0	22,9	88,2	73,1	65,0	0,0	1,1
06/08/2015	30,7	24,4	28,4	47,2	37,6	32,0	1,4	8,8
07/08/2015	31,4	26,4	29,3	38,2	34,4	30,9	1,3	8,3

Fonte: Gobo e Galvani (2015).

Os resultados observados ao fim do levantamento mostraram que, para a escala da ASHRAE/ANSI 55 (2013), nos três primeiros dias de entrevistas (03, 04 e 05 de agosto), a maior parte dos indivíduos não estava sentindo nem frio nem calor, enquanto nos dois últimos dias (06 e 07 de agosto) a maioria das pessoas entrevistadas estava sentindo calor (Tabela 4).

Na escolha dos índices a serem utilizados, foi feita a correlação entre as classes dos índices de Temperatura Efetiva (TE), Temperatura Efetiva com Vento (TEv), Temperatura Equivalente (TEK), Temperatura Radiativa Efetiva (TER), Índice Windchill (WCI), Índice Humidex (HU), Temperatura de globo e de bulbo úmido (WBGT) e Índice de estresse térmico por calor (HSI) e a classe da ASHRAE/ANSI 55 (2004) para a sensação térmica da população de Santa Maria, a partir do modelo Bioklima 2.6.

O resultado da correlação apontou os índices de TE e TEv com os maiores valores de correlação entre suas devidas classes e o voto de percepção da população de Santa

Maria (Figura 7, F e G), com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,94 e 0,92, respectivamente.

Tabela 4 - Sensação térmica da população de Santa Maria para os dias de trabalho de campo

DIAS	Escala ASHRAE/ANSI 55 (2004)						Total geral	Número Máximo de Ocorrência	Valor Máximo preferido na Escala ASHRAE/ANSI 55	
	3	-2	-1	0	1	2				3
03/08/2015	1	1	3	99	87	81	16	288	99	0
04/08/2015		5	55	155	54	14		283	155	0
05/08/2015		2	8	127	76	69	6	288	127	0
06/08/2015			2	79	84	97	20	282	97	2
07/08/2015				71	59	135	23	288	135	2
Total geral	1	8	68	531	360	396	65	1429		

Fonte: Gobo e Galvani (2015)

Utilizando-se das classes dos índices TE e TE_v, obteve-se a relação entre os votos de sensação térmica da população de Santa Maria e os valores dos referidos índices para a área rural e urbana do município, sendo os dados da área rural obtidos a partir da Estação Meteorológica de Santa Maria-INMET, e os dados da área urbana obtidos a partir da Estação Meteorológica móvel instalada no centro da cidade.

O gráfico da figura 8 apresenta a sensação térmica diária e horária da população de Santa Maria para o período estudado, com ampla diferença dos dois últimos dias de análise em relação aos três primeiros dias. Essa diferença também pode ser observada na tabela 3, onde os valores médios dos atributos climáticos coletados pela estação meteorológica móvel são apresentados.

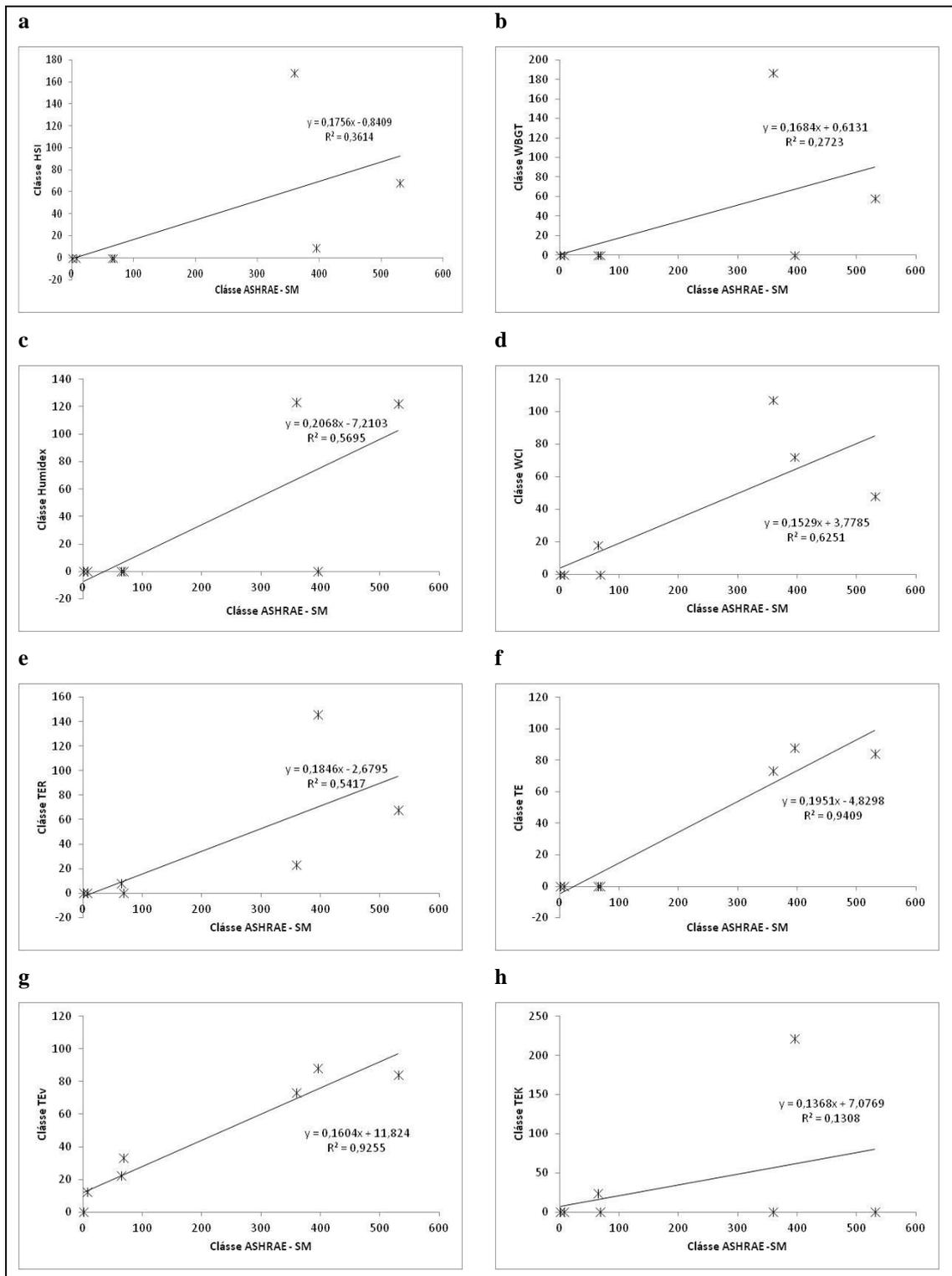


Figura 7 - Gráficos de dispersão e correlação entre as classes dos índices HSI, WBGT, Humidex, WCI, TER, TE, TEv e TEK, e a classe ASHRAE/ANSI 55 (2004) para os votos de sensação térmica da população entrevistada. Fonte: Gobo e Galvani (2016).

No dia 03 de agosto, 99 de 288 indivíduos, não estavam sentindo nem frio nem calor, frente à situação atmosférica pré-frontal para o dia, com temperatura média de 26,4°C (Tabela 3), o que corresponde a 34,3% do total (Figura 8), enquanto no dia 04 de

agosto, durante a passagem do sistema frontal, o número de pessoas satisfeitas era de 155 de 283 (Tabela 4), o que corresponde a 54,7% do total de entrevistados (Figura 8). Neste dia, a temperatura do ar média foi de 19,2°C e mínima de 17,5°C. Diferentemente do dia 03, no dia 04 a maioria dos entrevistados estavam satisfeitos

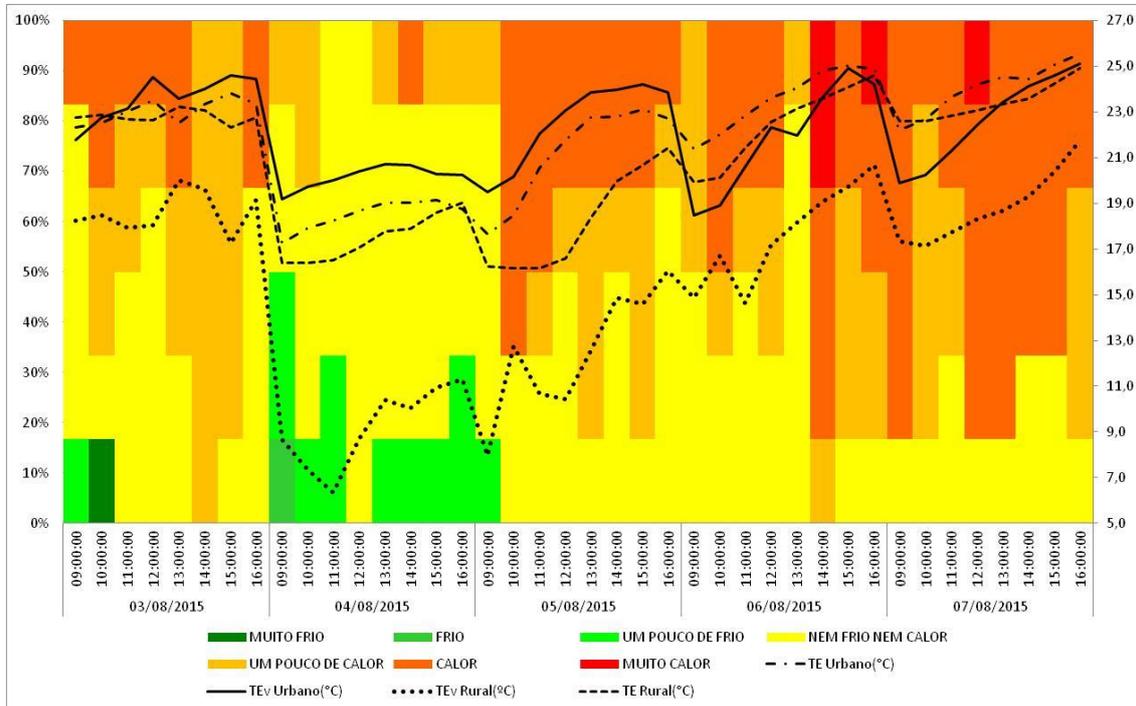


Figura 8 - Gráfico da porcentagem diária e horária da sensação térmica dos indivíduos entrevistados em campo em comparação com os Índices TE e TEv da área rural e urbana do município. Fonte: Gobo e Galvani (2016).

No dia 05 de agosto 127 pessoas relataram não estar sentindo nem frio nem calor, de um total de 288 (Tabela 4). Esses indivíduos satisfeitos correspondem a 44% do total de entrevistados (Figura 8), o que demonstra, assim como no dia 03, que apesar da frequência de indivíduos satisfeitos neste dia ser maior, eles não eram a maioria absoluta, assim como no dia 04. Neste dia a temperatura média do ar no centro da cidade era de 22,9°C.

O dia 06 de agosto apresentou um número mais igualitário de pessoas não sentindo nem frio nem calor, um pouco de calor e calor, porém a maior frequência de votos preditivos foi para a sensação de calor, com 97 votos de um total de 282, o que corresponde a 34,3% do total de entrevistados. Neste dia a situação atmosférica era novamente caracterizada por uma situação pré-frontal, com domínio da MPM e com temperatura média diária de 28,°C e episódio de vento norte bem definido durante o período da coleta dos dados no centro de Santa Maria, com velocidade máxima registrada

de 8,8 m/s. Deve-se ressaltar que as aferições realizadas pela estação meteorológica móvel foram realizadas em intervalos de 10 minutos, o que não caracteriza os dados instantâneos, subestimando, neste caso, os valores de rajada do vento.

No dia 07 de agosto, novamente a maior frequência do voto predito não correspondeu à maioria absoluta, porém a porcentagem foi mais significativa do que no dia anterior com 135 pessoas de 288 afirmando estar sentindo calor, o que corresponde a 48% do total (Figura 8). Neste dia a temperatura média do ar era de 29,3°C e o tempo caracterizava-se pelo predomínio da MTA, com episódio de vento norte bem definido e velocidade máxima do vento registrada de 8,3 m/s.

Pode ser observado no mesmo gráfico da figura 8, o comportamento dos índices TE e TEv para a área urbana e rural do município, representativos de clima local e regional, respectivamente.

É notório a influência da área urbana nas condições de TE e TEv mais elevadas em relação ao TE e TEv da área rural, sendo o TEv rural ainda mais frio (com mínima de 7°C às 10:00h da manhã do dia 4) devido ao vento mais intenso registrado a 10m de altura, enquanto para o TEv urbano este era obtido a 2m.

No entanto, o que nota-se de mais proeminente é o padrão linear entre os índices observados, tanto na área urbana quanto na área rural, dando um caráter climático absolutamente regido pelo clima regional, apesar da diferença em amplitude entre os valores dos índices, esta condicionada pelas características do meio urbano e rural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica apontou um aumento acentuado no número de estudos em ambientes ao ar livre nos últimos anos e esta é uma evidência de uma maior preocupação aos espaços públicos abertos. No entanto, são poucos os estudos de aplicação de avaliação térmica e percepção climática destinados a análise do conforto térmico em ambientes abertos no Brasil, principalmente dentro da climatologia geográfica brasileira.

Outra dificuldade encontrada é a capacidade de definir limites de conforto térmico ao ar livre ou para comparar os limites de conforto térmico entre diferentes ambientes baseando-se na padronização dos métodos e técnicas de medição.

Esta avaliação concluiu que há uma necessidade óbvia de padronização das técnicas e métodos empregados para dar orientação sobre como realizar pesquisas de campo em ambientes ao ar livre.

Em face dos dados coletados em campo e em função da situação atmosférica anômala observada durante o trabalho de campo em agosto de 2015, verificou-se uma influência negativa do vento norte na sensação térmica da maioria dos indivíduos entrevistados nos últimos dois dias de análise.

A avaliação apontou desconforto durante os dias em que as temperaturas superaram os 25°C, o que se dá, principalmente, pela influência dos materiais urbanos do entorno, e do vento norte quente e seco que intensifica ainda mais o desconforto da população que ocupa estas áreas.

Foi possível observar que as sensações de conforto e desconforto térmico durante os dias de estudo não se limitaram apenas às variáveis microclimáticas e foram fortemente influenciadas pelas variáveis do clima regional, como visto a partir da análise dos dados da EMA-INMET.

Este estudo pode servir de base para um futuro planejamento das áreas centrais urbanas da cidade, visando uma melhora no fluxo e circulação do ar intraurbano, bem como uma maior disposição de áreas sombreadas.

REFERÊNCIAS

- ANSI/ASHRAE Standard 55.; Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and air-conditioning engineers. 2004.
- ASHRAE. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta. 2001.
- ASHRAE 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE, Atlanta, GA. 2010.
- BEDFORD, T.; WARNER, C.; The globe thermometer in studies of heating and ventilation. *Journal of Hygiene*, v.34, p.458-473, 1934.
- BELDING, H.; HATCH, T. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain. *Heating, Piping, Air Conditioning*, n. 27, p. 129-42, 1955.
- BŁAŻEJCZYK K.; Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce. IGiPZ PAN. Warszawa. *Pr. Geograf.*, 192, pp. 29, 2004.
- BLAZEJCZYK K.; BROEDE P.; FIALA D.; HAVENITH G.; HOLMÉR I.; JENDRITZKY G.; KAMPMANN B.; KUNERT A.; Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. *Miscelanea Geographica*, 14: 91-102, 2010.

- BŁAŻEJCZYK K., BARANOWSKI J., BŁAŻEJCZYK A.; Heat stress and occupational health and safety - spatial and temporal differentiation. *Miscellanea Geographica - Regional Studies on Development*, vol. 18, 1, pp. 61-67, 2014.
- BORSATO, V. A. BORSATO F. H e SOUSA E. E., Análise Rítmica e a Variabilidade Têmporo – Espacial. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Anais. Teoria e Metodologia em Climatologia. Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de pós Graduação Geográfica, Aracajú SE. Outubro 2004. Eixo 3 tema 3 - CD-ROM.
- BRUSE, M.; ENVI-met homepage. <<http://www.envi-met.com>> Retrieved 04.11.10. 2011.
- CHENG, V.; NG, E.; CHAN, C.; GIVONI, B.; Outdoor thermal comfort study in sub-tropical climate: A longitudinal study based in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*. 2010.
- DALLA FAVERA, A. C.; MARTINS, F. R.; Schuch, N. J.; PEREIRA, E. B.; LUIZ, E. W.; Potencial Eólico no Rio Grande Do Sul Distribuição Estatística dos Ventos na Região Central do Estado. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 6, p. 38-51, 2012.
- GIVONI, B., NOGUCHI, M., SAARONI, H., POTCHTER, O., YAACOV, Y., FELLER, N., BECKER, S.; Outdoor comfort research issues. *Energy Build.* 35, 77–86. 2003.
- GOBO, J. P. A.; MONTEBLANCO, F. L.; PORTES, G. S.; SARTORI, M. G. B.; O Vento Norte e os Índices de Violência Doméstica em Santa Maria-RS. In: 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Anais. Alto Caparaó. Evolução Tecnológica e Climatologia, 2008.
- HOUGHTEN, F. C.; YAGLOU, C. P.; Determining lines the equal comfort and Determination of the comfort zone. In: *ASHVE Transactions*, v.29 , 1923.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2016. São Paulo, SP, 2016. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 12 janeiro, 2016.
- ISO 10551. Ergonomics of the Thermal Environment – Assessment of the Influence of the Thermal Environment Using Subjective Judgement Scales. International Organization for Standardization, Geneva. 1995.
- ISO 7726. Ergonomics of the Thermal Environment – Instruments for Measuring Physical Quantities. International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- ISO 8996. Ergonomics of the Thermal Environment – Determination of Metabolic Rate. International Organization for Standardization, Geneva. 2004.
- ISO 9920. Ergonomics of the Thermal Environment – Estimation of Thermal Insulation and Water Vapour Resistance of a Clothing Ensemble. International Organization for Standardization, Geneva. 2007.
- KNEZ, I.; THORSSON, S.; Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International Journal of Biometeorology*. 50, 258–268. 2006.

- KNEZ, I.; THORSSON, S.; Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: cross-cultural and environmental attitude comparisons. *Build. Environ.* 43, 1483–1490. 2008.
- KNEZ, I., THORSSON, S., ELIASSON, I., LINDBERG, F.; Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model. *International Journal of Biometeorology*. 53, 101–111. 2009.
- KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; Effect of personal and microclimatic variables on observed thermal sensation from a field study in southern Brazil. *Build. Environ.* 46, 690–697. 2011.
- LAI D., GUO D.; HOU Y.; LIN C.; CHEN Q.; Studies of outdoor thermal comfort in northern China. *Building and Environment*, 77, 110-118. 2014.
- LINDBERG, F.; HOLMER, B.; THORSSON, S.; SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *International Journal of Biometeorology*, 52(7), 697–713. 2008.
- MASTERTON, J. M.; RICHARDSON, F. A.; Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Environment Canada, CLI 1-79. Ontario, Downsview: Atmospheric Environment Service, 1979.
- MATZARAKIS, A.; Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—Application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51(4), 323–334. 2007.
- MCINTYRE, D. A.; *Indoor Climate*. Applied Science Publishers, London. 1980.
- METJE, N.; STERLING, M.; BAKER, C. J.; Pedestrian comfort using clothing values and body temperatures. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 96, 412–435. 2008.
- MILLER, W.; Santa Ana Winds and Crime. In: *The Professional Geographer*. Vol. XX (1) : 23-27, Association of American Geographer, 1968.
- 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. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 181p. (Série Teses e Monografias, 25). 1976.
- MONTEIRO, L. M.; Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 2008. Tese (Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-25032010-142206/pt-br.php>>. Acesso em: 18 set. 2015.
- 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*, v. 7, n. 3, p. 43-58, 2007.

- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P.; Comparação cruzada entre pesquisas laboratoriais e de campo em conforto térmico em espaços urbanos abertos. *Ambiente Construído (Online)*, v. 10, p. 79-101, 2010.
- NASIRA, R. A.; AHMADA, S. S.; AHMEDB, A. Z.; Psychological Adaptation of Outdoor Thermal Comfort in Shaded Green Spaces in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 68. 865 – 878. 2012.
- NG, E.; CHENG, V.; Urban human thermal comfort in hot and humid Hong Kong. *Energy Build.* 55, 51–65. 2012.
- NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S.; Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Build. Environ.* 41, 1455–1470. 2006
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K.; Improvements to the globe thermometer for outdoor use. *Arch. Sci. Rev.* 42, 27– 34. 1999.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K.; Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Sol. Energy* 70, 227–235. 2001.
- PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D.; Outdoor thermal sensation in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. *Building and Environment* 66, 82-95. 2013.
- PERETTI, H. S., SARTORI, M. G. B.; Correlação entre uma variável climática e a prática de crimes contra a vida. In: IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada. Recife, Anais... Recife, 2001. p. 226-227, 2001.
- ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L; BRÖDE, P.; Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. *Ambiente Construído (Online)*, v. 12, p. 41-59, 2012.
- SARTORI, M. G. B.; *Clima e Percepção*. USP/FFLCH (Tese de Doutorado). São Paulo, 2000.
- SARTORI, M. G. B.; *Balanco Sazonário da Participação dos Sistemas Atmosféricos em 1973, na Região de Santa Maria-RS*. *Ciência e Natura*, Santa Maria, n.2, p. 41-53, 1980.
- SIPLE, P. A.; PASSEL, C. F.; Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 89 (1), p.177-199, 1945.
- SUPING, Z.; GUANGLIN, M.; YANWEN, W.; JI, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners. *International Journal of Biometeorology*, 36, 63-68, 1992.
- THORSSON, S., LINDBERG, F., ELIASSON, I., HOLMER, B.; Different methods for estimating the mean radiant temperature in na outdoor urban setting. *Int. J. Climatol.* 27, 1893–1983. 2007.
- YAGLOU, C. P.; MINARD, D.; Control of heat casualties at military training centers. *A.M.A. Archives of Industrial Health*, 16, pp. 302-316. 1957.

YAHIA, M. W.; JOHANSSON, E.; Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *International Journal of Biometeorology*. 57, 615–630. 2013.

XI, T.; LI, Q.; MOCHIDA, A.; MENG, Q.; Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas. *Build. Environ.* 52, 162–170. 2012.