

AJUSTE DO MODELO ADAPTATIVO DE VESTIMENTA CONSIDERADO NO ÍNDICE CLIMÁTICO TÉRMICO UNIVERSAL (UTCI) PARA CLIMA TROPICAL DE SAVANA¹

BORGES, V. C. A. L., Universidade Federal de Mato Grosso, email: cristina.alborges@gmail.com; CALLEJAS, I. J. A., Universidade Federal de Mato Grosso, email: ivancallejas1973@gmail.com; DURANTE, L. C., Universidade Federal de Mato Grosso, email: luciane.durante@hotmail.com

ABSTRACT

The Universal Thermal Climate Index (UTCI) was design to provide a measure of human thermal perception in all regions of the planet, despite its clothing thermal isolation model be derived considering the adaptive behavior of the European population. The adjustment model is integrated with the UTCI thermoregulation model and it relates clothing thermal insulation (I_{cl}) as function of the air temperature (T_a). This work aims to analyze the clotting thermal isolation behavior (I_{cl}) observed for the tropical climate population in relation to the one imputed in the UTCI index. 685 passers-by were interviewed in the city of Cuiabá-MT/ Brazil (tropical savanna climate – Aw) during hot-dry and hot-humid weather conditions. It was used the Loess Local Regression statistical technique to derive the clothing thermal model isolation observed in field. The results demonstrated thermal isolation required by residents was lower than the model derived for European population for the air temperatures below 25°C, which contradicted the initial hypothesis of the survey that populations being more adapted to high air temperatures would require greater clothing thermal isolation than the Europeans. Further field campaigns need to be conducted to confirm the necessity of developing specific clothing thermal model isolation for the population that resides in a tropical climate.

Keywords: Urban Thermal comfort. Outdoors thermal perception. Clothing thermal insulation.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho centra-se no conforto ambiental em espaços abertos num contexto mundial pela busca de melhoria da ambiência climática urbana (MORILLE e MUSY, 2017; YOUNSI e KHARRAT, 2016; BATTISTA, CARNIELO e VOLLARO, 2016; TSELIU e TSIROS, 2016), com fins turísticos (GEE et al., 2016; CHI et al., 2017) e para alertas precoces visando a mitigação dos efeitos de catástrofes climáticas (PAPPEMBERGER et al., 2015) entre outros. Dentro desse panorama, os modelos termofisiológicos têm sido questionados na busca de índices térmicos que traduzam mais precisamente as percepções e preferências térmicas de cada população (HUANG et al., 2016; PANTAVOU, SANTAMOURIS e ASIMAKOPOULOS, 2014; LAI et al., 2014; ROSSI, 2012). Essas percepções variam com características micrometeorológicas, contextos geo-culturais, individuais, e até subjetivos (LAM, GALLANT e TAPPER, 2016; HUANG et al., 2016; RUTTY e SCOTT, 2014; PANTAVOU, THEOHARATOS e SANTAMOURIS, 2013). O Índice Climático Térmico Universal (UTCI)

¹ BORGES, V. C. A. L. , CALLEJAS, I. J. A. , DURANTE, L. C. Ajuste do modelo adaptativo de vestimenta considerado no Índice Climático Térmico Universal (UTCI) para Clima Tropical de Savana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

especialmente desenvolvido para espaços abertos, dentro dos conceitos termorregulatórios humanos (FIALA et al., 2011), considera também a aclimação e adaptações quanto ao uso de vestimentas como importante parâmetro de resistência térmica (MATZARAKIS, MARTINELLI e KETTERER, 2016; KETTERER e MATZARAKIS, 2014). Mesmo assim discrepâncias têm sido encontradas entre os dados preditos e os levantamentos de campo, com evidências de que o cálculo da resistência do vestuário seja um dos responsáveis. Assim, este trabalho objetiva analisar o comportamento do isolamento térmico (I_{cl}) da população de clima tropical continental (Aw-Köppen-Geiger) em relação ao imputado na formulação original do UTCI produzido a partir de clima temperado europeu.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O Município de Cuiabá (15°35'56" S, 56°06'01" W), Mato Grosso, Brasil, tem área de 3.538,17km² e população estimada em 580.489 habitantes (IBGE, 2015).

O clima é o Tropical Continental semi-úmido (Aw de Köppen), com médias anuais de 22 a 25°C (Brasil, 1997) com inverno seco (maio a setembro) e verão úmido (outubro a março) (ALVES, 2009). A precipitação anual média é de 1.372,2mm sendo 89% de outubro a abril, e restantes 11% no período seco (maio a setembro), com umidade relativa média de 74,3% (CHIARANDA et al. 2012 apud MACHADO et al., 2015).

2.2 Materiais

Os dados das variáveis ambientais foram coletados por meio de estação meteorológica da Marca OnsetComp conforme Figura 1.

Figura 1 – Estação HOBO completa



Fonte: Os autores

Os dados meteorológicos foram registrados na estação por meio dos sensores indicados na Tabela 1. Os instrumentos utilizados seguem as recomendações da Norma ISO 7726 (1998).

Tabela 1 – Parâmetros dos sensores utilizados na pesquisa

Variável ambiental	Modelo do sensor	Alcance	Precisão
Radiação solar	Modelo S-LIB	0 - 1280Wm ⁻²	±10Wm ⁻²
Temperatura do ar	S – THB - M008	-40 - 75°C	±0,2°C entre 0°C a 50°C

Umidade Relativa do ar	S – THB - M008	0 – 100%	± 2,5% entre 10 e 90%
Temperatura de globo	S – TMB – M002	-40° - 100°C	±0.2°C entre 0°C a 50°C
Velocidade do ar	S – WSA/ WCA	0 – 45m/s	1,1 m/s ou± 4%

Fonte: Os autores

2.3 Método

O método adotado foi o experimental e levantou variáveis microclimáticas e individuais (sexo, idade, altura e vestimentas).

2.4 Etapas Metodológicas

As etapas da pesquisa em campo podem ser observadas por meio da Figura 2. Foram realizadas 13 campanhas com 685 dados válidos entre março de 2016 a março de 2017.

Figura 2 – Fluxograma geral da pesquisa



Fonte: Os autores

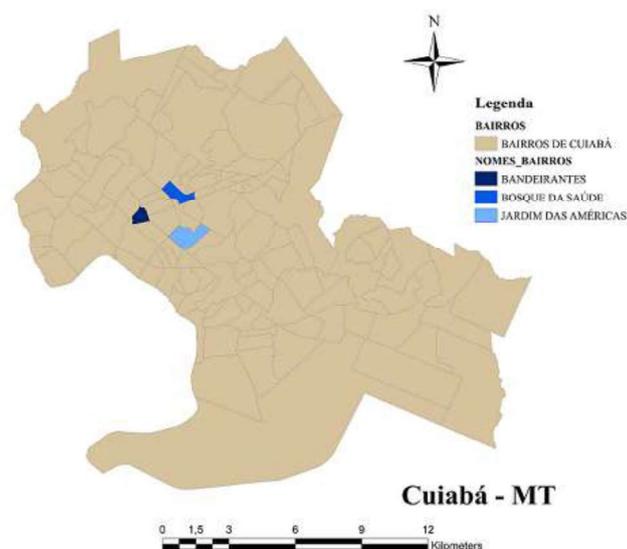
2.5 Levantamentos dos dados pessoais

Os questionários seguiram a norma internacional ISO 10551 (1995).

2.6 Escolha dos locais e dias de coleta

A escolha objetivou variabilidade de condições climáticas e existência de fluxo de circulação de pedestres em caminhada (Figura 3).

Figura 3 – Mapa de Bairros de Cuiabá com local das campanhas



Fonte: Os autores

2.7 Procedimentos para avaliação do modelo de vestimenta intrínseco utilizado pelo UTCI em relação ao comportamento observado em campo

Para relacionar o comportamento do isolamento térmico da roupa observado em função da temperatura do ar, aplicou-se a técnica estatística de Regressão Local Loess (BONAT, 2007), método não paramétrico que estima curvas e superfícies pela suavização (smoothing). Também foram geradas curvas por gênero.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Análise Descritiva dos dados pessoais

A análise descritiva dos dados pessoais constam da Tabela 2.

Tabela 2 – Análise descritiva dos dados pessoais

Estatística	Idade (anos)	Altura (m)	Peso (kg)	IMC (kg/m²)	clo (ASHRAE, 2009)
Média	38	1,66	70,28	25,41	0,48
Mediana	34	1,66	69,5	24,80	0,47
Desvio Padrão.	16,74	0,1	14,51	4,87	0,17
Mínimo	7	1,15	28	13,96	0,12
Máximo	86	1,94	122	44,00	1,47

Fonte: Os autores

Nota-se grande variabilidade quanto ao isolamento de vestimenta (0,12 para calor extremo a 1,47clo para inverno) e homogeneidade em relação aos gêneros, com 54,6% de mulheres e 45,4% de homens.

3.2 Análise descritiva das variáveis meteorológicas coletadas

O resumo das variáveis ambientais coletadas podem ser consultadas na Tabela 3, onde nota que a temperatura do ar média foi de 27,20°C, a mínima de 13,93°C (frio) e a máxima de 37,54°C (calor extremo).

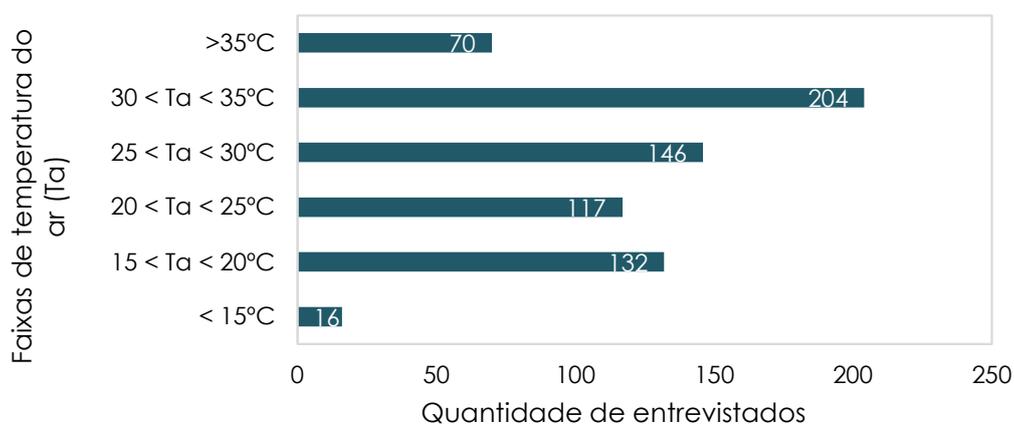
Tabela 3 – Análise descritiva dos dados meteorológicos

Variável ambiental	Ta (°C)	Ur (%)	Va à 10m (m/s)	Trm (°C)
Média	27,20	66,15	0,312	31,97
Mediana	29,62	67,80	0,000	30,56
Desvio Pd.	6,43	11,20	0,47	9,87
Mínimo	13,93	41,7	0	13,91
Máximo	37,54	88,4	2,95	53,75

Fonte: Os autores

Pela análise da Figura 4 é possível perceber que a distribuição da quantidade de entrevistados por faixa de temperatura do ar ficou concentrada entre 30 e 35°C (29,78%).

Figura 4 – Quantidade de entrevistados por faixas de temperatura do ar



Fonte: Os autores

3.3 Avaliação do modelo de vestimenta intrínseco utilizado pelo UTCI em relação ao comportamento observado nos levantamentos de campo

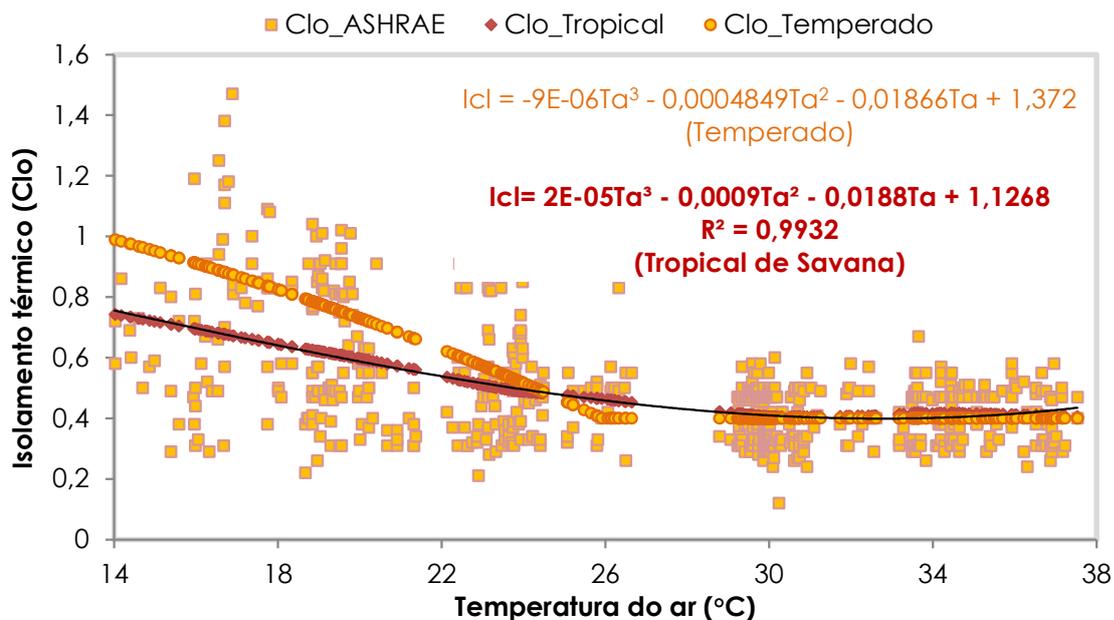
O isolamento térmico proporcionado pela vestimenta (clo) foi pesquisado junto à população residente em clima tropical, por meio de análise de Regressão Local Loess, e comparado ao da população de clima temperado já intrinsecamente imputado no UTCI.

Notou-se que o modelo de vestimenta (Icl) derivado a partir dos dados de campo para o clima tropical continental (Figura 5) é menor do que o da população de clima temperado para temperaturas do ar inferiores a 25°C.

Ao compará-los à temperatura de 13°C, a população de clima tropical

apresentou isolamento de 0,75 clo enquanto o modelo sugerido para a população europeia forneceu nível de isolamento de 1,0clo. Percebe-se ainda uma pequena diferenciação entre 25°C a 30°C, onde se observa comparativamente, o isolamento menor para a população. Acima de 30°C, ambas curvas se estabilizam e se sobrepõem, indicando isolamento mínimo de aproximadamente 0,4 clo.

Figura 5 – Regressão Loess para comparação de comportamento do isolamento por vestimenta (clo) para clima temperado e tropical



Fonte: Os autores

O comportamento da população de clima tropical foi inesperado contrariando a previsão de que usariam roupas mais pesadas a temperaturas mais baixas. Uma possível causa observada pelos entrevistadores foi a carência de roupas adequadas para frio, com sobreposição de vestimentas leves, ressaltando ainda ser pequena a frequência relativa de dias com baixas temperaturas do ar. O frio é resultado da entrada de frentes frias na região denominadas de friagens que ocorrem apenas durante o período do inverno, com raras exceções. Há ainda o fato observado de que a população recebe os primeiros dias frios com certa expectativa (LAM, GALLANT e TAPPER, 2016) e como forma de alívio ao calor constante e extremo observado na região de Cuiabá.

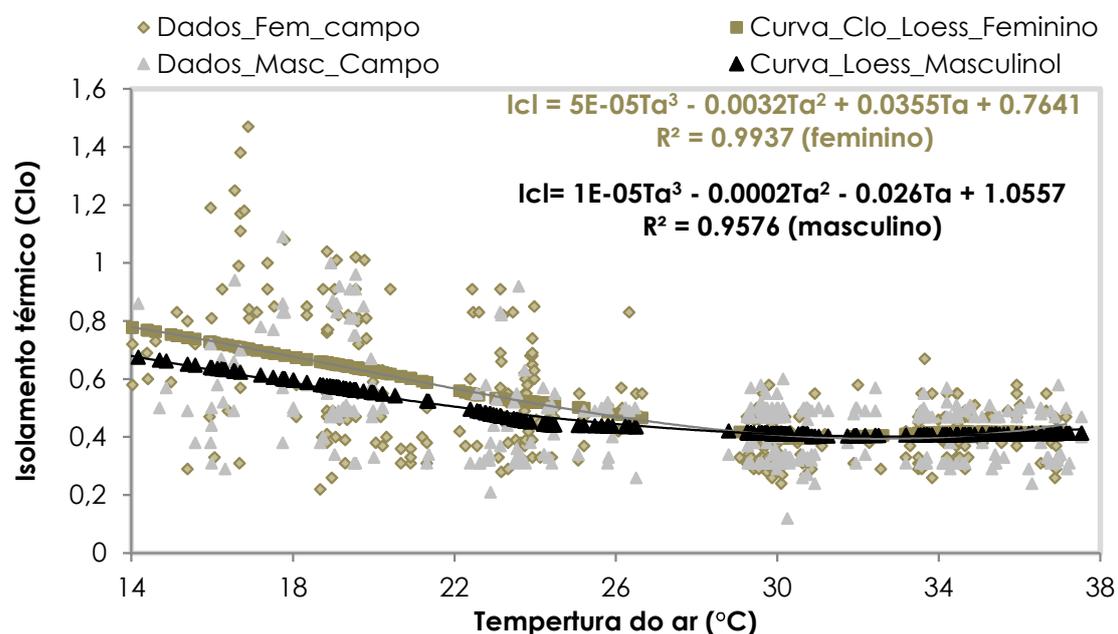
3.4 Avaliação do modelo de vestimenta em relação aos gêneros

Quanto aos gêneros, a Regressão Loess revelou que a população feminina com T_a abaixo de 29°C necessita maior isolamento por vestimentas do que a população masculina (Figura 6). Enquanto a curva de suavização das mulheres indicou um isolamento de 0,8 clo com T_a de 14°C, o grupo masculino se contentou com 0,7 clo. Acima dessa temperatura, as curvas apresentam sempre a feminina preferindo mais isolamento que a masculina,

até se encontrarem à temperatura de 29°C, e com valor constante aproximado de 0,4 clo acima dela, revelando que os homens são mais resilientes ao frio, necessitando menos isolamento térmico por vestimenta.

Notou-se grande dispersão dos dados, principalmente na população feminina em relação ao isolamento térmico da vestimenta à medida que T_a diminui, com níveis de isolamento baixos de 0,3 clo e altos com 1,5 clo para temperaturas abaixo de 18°C. Por outro lado, a população masculina apresentou menor dispersão dos dados, provavelmente devido a menor variedade de vestuário quando comparada à feminina. Houve similaridade do isolamento térmico de ambos a partir de 29°C (Figura 6).

Figura 6 – Regressão Loess para comparação de comportamento do isolamento por vestimenta (clo) para clima tropical por gênero



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

A pesquisa sobre percepção térmica em espaços abertos cresce em importância num panorama mundial de mudanças climáticas, abarcando conceitos complexos como o comportamento de uso de vestimenta de cada população, fornecendo os dados de resistência térmica para os modelos termofisiológicos dos índices térmicos.

O isolamento térmico pela vestimenta (clo) comparado entre as populações de clima tropical continental e temperado, surpreendentemente demonstrou-se menor na população de clima tropical, para temperaturas do ar abaixo de 25°C, provavelmente por não possuírem vestimentas adequadas para o frio (maior isolamento térmico), além da expectativa da população pesquisada por dias frios como alívio do calor constante e extremado. A população feminina apresentou mais isolamento por vestimentas do que a população masculina.

O estudo conclui pela necessidade de realização de mais pesquisas de campo visando comprovar a necessidade de se derivar um modelo vestimenta de isolamento térmico para o índice UTCI para o clima tropical do tipo savana.

Para maior precisão dos levantamentos futuros, recomenda-se que seja dada opção para aos entrevistados de escolha de seu vestuário visando comprovar se estes estão ou não satisfeitos com o isolamento proporcionado pelas suas roupas nos dias de frio, com as campanhas iniciando após três dias da entrada das frentes frias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro a esta pesquisa, e aos colaboradores voluntários do LATECA (LABORATÓRIO DE CONFORTO TÉRMICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO).

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. M. Clima da Região Centro-Oeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 235–241.
- BATTISTA, G.; CARNIELO, E.; VOLLARO, R. D. L. Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome. **Energy and Buildings**, v.133, p.446-454, 2016.
- BONAT, W. H. **Regressão Local (LOESS)**. 2007. Disponível: <<https://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/projetos:saudavel:loess.pdf>>. Acesso em: 22 Abr. 2017.
- CHI, X.; et al. The thermal comfort and its changes in the 31 provincial capital cities of mainland China in the past 30 years. **Theor Appl Climato**, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/315896524_The_thermal_comfort_and_its_changes_in_the_31_provincial_capital_cities_of_mainland_China_in_the_past_30_years>. Acesso em: 22 Abr. 2017.
- FIALA, D.; et al. UTCI- Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. **Int J Biometeorol**. v.56, n.3, p.429-441, 2012.
- GE, Q.; et al. **Application of UTCI in China from tourism perspective**. *Theor Appl Climatol*. v.128, Issue 3-4, p.551-561, 2016.
- HUANG, J.; et al. Outdoor thermal environments and activities in open space: An experiment study in humid subtropical climates. **Building and Environment**, v.103, p.238-249, 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do Censo 2015**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo2015>>. Acesso em: 20 Jun. 2016.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 10551**. Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the Influence of the Thermal Environment using Subjective Judgement Scales. Geneva: 1995.

KETTERER, C.; MATZARAKIS, A. Human-biometeorological assessment of the urban heat island in a city with complex topography – The case of Stuttgart, Germany. **Urban Climate**, v.10, p. 573-584, 2014.

LAI, D.; et al. Studies of outdoor thermal comfort in northern China. **Building and Environment**, v.77, p.110-118, 2014.

LAM, C. K.C.; GALLANT, A. J. E.; TAPPER, N. J. Perceptions of thermal comfort in heatwave and non- heatwave conditions in Melbourne, Australia. **Urban Climate**, 2016.

MACHADO, N. G.; et al. **Seasonal and Interannual Pattern of Meteorological Variables in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil**. *Revista Brasileira de Geofísica*. Sociedade Brasileira de Geofísica, 2015.

MATZARAKIS, A.; MARTINELLI, L.; KETTERER, C. **Relevance of Thermal Indices for the Assessment of the Urban Heat Island**. Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario. F. Musco, 2016.

MORILLE, B.; MUSY, M. Comparison of the impact of three climate adaptation strategies on summer thermal comfort – Cases study in Lyon, France. **Procedia Environmental Sciences**, v.38, p.619-626, 2017.

PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; SANTAMOURIS, M. Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. **Building Environ**, v.66, p.82 – 95, 2013.

PANTAVOU, K.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, G. T. Empirical calibration of thermal index in a urban outdoor Mediterranean environment. **Building and Environment**, v.80, p. 283-292, 2014.

PAPPENBERGER, F.; et al. Global forecasting of thermal health hazards: the skill of probabilistic predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI). **Int J Biometeorol**. v.59, n.3, p.311-23, 2015.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 2012. 190 fl. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

RUTTY, M.; SCOTT, D. Bioclimatic comfort and the thermal perceptions and preferences of beach tourists. **Int J Biometeorol**, v.59, Issue 1, 2014.

TSELIIOU, A.; TSIROS, I. X. Modelling urban microclimate to ameliorate thermal sensation in outdoor areas in Athens (Greece). **Build Simul**, v. 9, Issue 3, p.251-267, 2016.

YOUNSI, S. A.; KHARRAT, F. Outdoor thermal comfort: Impact of the geometry of an urban street canyon in a Mediterranean subtropical climate – Case study Tunis, Tunisia. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v.216, p.689-700, 2016.