

## COMPARAÇÃO ENTRE A SENSACÃO TÉRMICA REAL DE USUÁRIOS DE ESPAÇOS ABERTOS DE CURITIBA E O MODELO ASV

**Eduardo Krüger (1); Francine Aidie Rossi (2)**

(1) Professor Doutor, PPGTE/UTFPR, [ekruger@utfpr.edu.br](mailto:ekruger@utfpr.edu.br)

(2) Professora Doutora, DEGRAF/UFPR, [francinea.rossi@hotmail.com](mailto:francinea.rossi@hotmail.com)

### **Resumo**

*A compreensão das características microclimáticas em espaços abertos pode auxiliar no projeto e desenho dos espaços urbanos, tornando-os mais atrativos para seus usuários. Neste contexto, o projeto RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) coordenado pelo Centre for Renewable Energy Sources - CRES, Grécia, analisou a influência de microclimas urbanos nos níveis de conforto e nos graus de satisfação de pedestres em diferentes cidades da Europa. Foram analisados espaços públicos: em Atenas e Tessalônica, na Grécia; em Milão, Itália; em Fribourg na Suíça; em Cambridge e Sheffield, na Inglaterra; e em Kassel, Alemanha, e desenvolvidos modelos de conforto térmico (ASV – ‘Actual Sensation Vote’) para cada cidade, como ferramentas de análise do desenho urbano no microclima. O objetivo deste artigo é comparar as respostas de Sensação Térmica Real (STR) de pedestres em Curitiba (25°31'0"S, 49°11'0"W) com as respostas previstas pelo ASV para Tessalônica (40°38'25"N, 22°56'38"E), Fribourg (46° 30' 38.85"N, 6° 50' 56.82"E), Sheffield (53°22'0"N, 1°30'0"W) e Kassel (51°19'0"N, 9°30'0"E), comparando-se adicionalmente os resultados STR com o modelo ASV combinado para a Europa. A seleção dos modelos gerados para tais cidades especificamente partiu de uma análise de consistência das equações publicadas do âmbito do projeto RUROS e apenas dos modelos cujo coeficiente de correlação reportado era próximo a 0,5. Os dados de campo para Curitiba são resultantes de 15 levantamentos in loco, compreendendo 14 dias no período entre janeiro e agosto de 2009 e um dia em junho de 2010, totalizando 28 situações urbanas distintas. As campanhas ocorreram entre 10h00 e 15h00 em dias de semana, tendo sido, em cada ocasião, monitorados dados climáticos e levantados dados pessoais, com o uso de questionários. Os locais de estudo são ruas de pedestres da Rua XV de Novembro e cercanias. A metodologia utilizada compreendeu o cálculo do ASV, utilizando os modelos propostos para cada cidade europeia citada, a partir dos dados climáticos monitorados em Curitiba. Para a comparação das respostas de Sensação Térmica Real (STR) foram consideradas três categorias de sensação: desconforto para o frio, conforto e desconforto para o calor. Os resultados mostram que a classificação das respostas de sensação térmica é diferente para cada um dos cinco modelos, sendo que o modelo que mais se aproximou dos dados STR foi aquele gerado para Kassel, Alemanha.*

**Palavras-chave:** conforto térmico em espaços abertos, índices de conforto, desenho urbano, planejamento urbano, ASV.

### **Abstract**

*The understanding microclimatic characteristics in open spaces can assist the design of urban spaces, making them more attractive to street users. In this context, the RUROS project (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), which was coordinated by the Centre for Renewable Energy Sources - CRES, Greece, evaluated the influence of urban microclimate in comfort levels and degrees of pedestrian satisfaction in different cities of Europe. The cities and public spaces evaluated were: Athens and Thessaloniki, Greece; Milan, Italy; Fribourg, Switzerland; Cambridge and Sheffield, England, and Kassel, Germany. Thermal comfort models for estimating Actual Sensation Votes (ASV) were developed for each city as possible tools for urban design. The aim of this paper is to compare the responses of the actual thermal sensation of pedestrians in Curitiba (25 ° 31'0 "S, 49 ° 11'0 " W) to predictions from the ASV models for Thessaloniki (40 ° 38'25 "N, 22 ° 56'38 "E), Fribourg (46 ° 30 '38.85" N, 6 ° 50' 56.82 "E), Sheffield (53 ° 22'0" N, 1 ° 30'0 "W) and Kassel (51 ° 19'0 "N, 9 ° 30'0" E), also comparing the results with the combined ASV model for Europe. The selection of such models*

*was based on a consistency check of the relevant equations published within the scope of RUROS, thus only the models with a correlation coefficient greater than 0.5 were chosen. Data from Curitiba resulted from 15 field surveys (14 days between January and August 2009 and one day in June 2010), encompassing a total of 28 different urban situations. The campaigns took place between 10 am and 3 pm on weekdays, during which weather data as well as thermal sensation votes and individual data were collected. The area of study comprises of pedestrian streets in and adjacent to Rua XV de Novembro. The methodology includes the calculation of the ASV, the application of the models proposed for each European city to the climatic data monitored in Curitiba. The comparisons took into account three basic thermal sensation categories: thermal discomfort due to cold, thermal comfort and thermal discomfort due to heat. Results show that the classification of thermal sensation is different for each ASV model. The model which is more applicable to field data was found to be the one for Kassel.*

**Keywords:** *thermal comfort in open spaces, comfort indices, urban design, urban planning, ASV.*

## 1. INTRODUÇÃO

O planejamento e o desenho urbano podem minimizar ou maximizar o impacto ambiental nos centros urbanos. Fatores como os usos e a ocupação do solo, o zoneamento urbano, o direcionamento e a largura das vias, a altura das edificações, dentre outros, podem ser utilizados de forma a influenciar a alteração climática nas cidades. As mudanças das condições térmicas urbanas exercem grande influência nos seres humanos, afetando o homem em diversos fatores, como a saúde, o conforto, a fisiologia, as emoções, o comportamento e o desempenho nas atividades diárias, devendo-se enfatizar que a influência climática pode ser tanto positiva como negativa (AYOADE, 2003).

A alteração do clima a partir da urbanização pode ser percebida pela formação de microclimas diferenciados em diferentes regiões das cidades e, como consequência, essas alterações climáticas geram variações nos graus de conforto e desconforto térmico, tanto em espaços abertos quanto internos. A análise dos parâmetros urbanos relacionados ao clima pode servir de subsídio para o planejamento urbano. Variáveis como taxa de permeabilidade do solo, recuos entre edificações, densidade e altura das edificações podem ser melhor definidas com base em estudos de sensação térmica, tendo como reflexo um melhor nível de conforto e redução de consumo energético para climatização ou iluminação artificial de edificações.

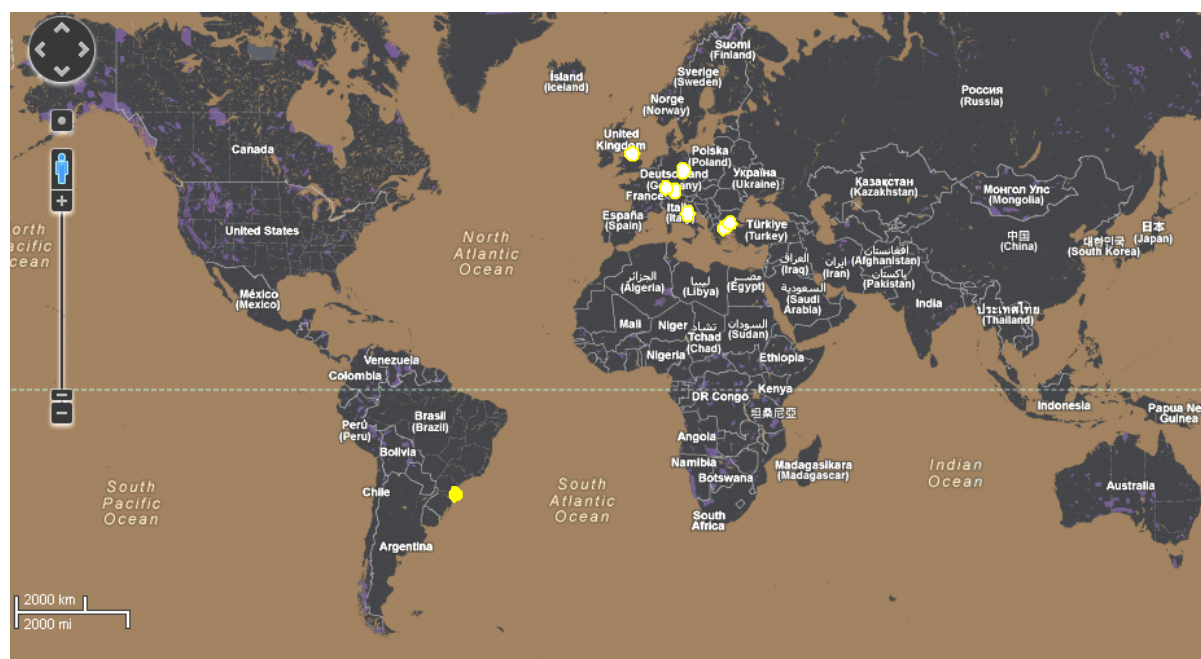
Na literatura, há diversos índices de conforto que foram desenvolvidos para analisar a relação entre sensação térmica humana e condições ambientais, sendo que a maior parte desses índices foi elaborada para verificar a sensação térmica em espaços internos. Entretanto, uma maior gama de variáveis atua na sensação térmica em ambientes abertos, tornando-os mais complexos. Os estudos de conforto térmico em espaços abertos podem ser classificados em dois tipos: estudos sobre a relação entre o microclima e a morfologia urbana e estudos acerca da relação entre o microclima e a sensação térmica.

Um dos mais recentes índices desenvolvidos em países europeus é resultado do projeto RUROS (NIKOLOPOULOU, 2004). O projeto RUROS (*Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*), desenvolvido no período entre 2001 e 2004, teve como objetivo a análise dos espaços urbanos abertos em função dos princípios bioclimáticos. Este projeto foi desenvolvido em sete cidades de cinco países europeus: Atenas e Tessalônica, na Grécia; Milão, na Itália; Fribourg, na Suíça; Cambridge e Sheffield, na Inglaterra; e Kassel, na Alemanha. Em cada uma destas cidades foram selecionadas duas áreas de estudo com diferentes tipologias e usos. Desenvolveu-se uma metodologia padrão para ser aplicada em cada cidade e, no total, foram coletados mais de 10.000 dados (ambientais e pessoais). Para cada local foi obtido um índice de sensação térmica, obtido a partir de regressão múltipla,

para a predição do Voto de Sensação Real (ASV – *Actual Sensation Vote*). Além disso, aplicando o mesmo método, foi obtido um índice combinado para a Europa. Esses índices têm como variável independente a sensação térmica, e, como variáveis dependentes, a temperatura do ar ( $T_a$ ), a umidade relativa (UR), a radiação solar (RS) e a velocidade do ar ( $V_a$ ).

A pesquisa de Rossi (2012) teve por objetivo avaliar a sensação térmica de pedestres em espaços abertos em Curitiba: foram realizados 15 levantamentos de campo no trecho de pedestres da Rua XV de Novembro e arredores, sendo 14 dias no período entre janeiro e agosto de 2009 e um dia em junho de 2010 (necessário para complementação dos dados), em dois pontos, totalizando 28 situações urbanas distintas. Os levantamentos ocorreram entre 10h00 e 15h00 em dias de semana, tendo sido monitorados dados climáticos e levantados dados pessoais e percepção térmica com o uso de questionários. As respostas de sensação térmica foram agrupadas em 3 categorias (desconforto para o frio, conforto e desconforto para o calor) e as variáveis monitoradas foram: a temperatura do ar ( $T_a$ ), a umidade relativa (UR), a radiação solar (RS) e a velocidade do ar ( $V_a$ ). Com o objetivo de avaliar a aplicação de modelos de sensação térmica desenvolvidos no âmbito do projeto RUROS para a situação observada em Curitiba, utilizou-se o índice ASV (*Actual Sensation Vote*) desenvolvido para Tessalônica, Fribourg, Sheffield e Kassel procedendo-se à comparação com os dados obtidos para Curitiba. A Figura 1 mostra a localização das cidades no continente europeu e a posição geográfica de Curitiba (Figura 1).

Figura 1 - Localidades analisadas – no continente europeu (círculos brancos) e em Curitiba (círculo amarelo)



## 2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é comparar as respostas reais de sensação térmica de pedestres em Curitiba ( $25^{\circ}31'0''S$ ,  $49^{\circ}11'0''W$ ) com as respostas previstas pelo ASV para Tessalônica ( $40^{\circ}38'25''N$ ,  $22^{\circ}56'38''E$ ), Fribourg ( $46^{\circ}30'38.85''N$ ,  $6^{\circ}50'56.82''E$ ), Sheffield ( $53^{\circ}22'0''N$ ,  $1^{\circ}30'0''W$ ) e Kassel ( $51^{\circ}19'0''N$ ,  $9^{\circ}30'0''E$ ), comparando-se adicionalmente os resultados com o modelo ASV combinado para a Europa.

### 3. MÉTODO

#### 3.1. Coleta de dados

A área de estudo localiza-se no centro da cidade de Curitiba, especificamente os trechos de pedestres das ruas XV de Novembro e Saldanha Marinho (implantadas no sentido SW-NE, com azimute do eixo da rua de 22°N), da Travessa Oliveira Bello e da Rua Senador Alencar Guimarães, paralelas à Rua XV (orientação axial NO-SE), e da Praça Generoso Marques.

Foram realizadas medições das condições microclimáticas para pares de pontos com características urbanas diferentes, isto é, medições em cânions largos, cânions estreitos, praças e cruzamentos. Concomitantemente às medições objetivas, foram aplicados questionários de conforto (conforme a ISO 10551 (INTERNATIONAL..., 1995)), envolvendo questões relativas à percepção térmica dos transeuntes. A Figura 2 mostra a localização dos pontos monitorados. Foram utilizadas duas estações meteorológicas da marca HOBO modelo H21-001 no monitoramento das variáveis climáticas. Cada estação estava equipada com os seguintes instrumentos:

- a) sensor de temperatura e umidade (S-THB-M002);
- b) piranômetro de silício (S-LIB-M003); e
- c) sensor de direção e velocidade do vento (S-WCA-M003).

Figura 2 - Localização dos pontos selecionados para o monitoramento das variáveis climáticas e aplicação dos questionários



As faixas de precisão desses instrumentos satisfazem as recomendações da norma ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998), que dispõe sobre os instrumentos para a medição de variáveis físicas. Os sensores de temperatura do ar e umidade relativa foram fixados na altura de 110 cm, conforme a ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998). O piranômetro foi fixado a 160 cm. O anemômetro localiza-se a 210 cm, conforme recomendado pelo manual da Campbell (1997). Para obter-se a temperatura radiante média, foram utilizados termômetros de globo de cobre, fixados na altura de 110 cm, com  $\varnothing=2''$  (emissividade aproximada do globo = 0,95), pintados na cor RAL-7001 (cinza-médio) (THORSSON et al., 2007), devido a sua absorção

de radiação de onda curta ser semelhante à de pessoas vestidas, em torno de 0,70. Os globos estavam equipados com dois sensores de temperatura do tipo sonda, 12-Bit (S-TMB-M002) e HOB0 Pro V2 logger (U23-004). Os dados foram coletados de 5 s em 5 s e depois trabalhados para compor o minuto. A  $T_{mrt}$  foi calculada pela fórmula para convecção forçada, definida pelas ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998), apresentada a seguir:

$$T_{mrt} = \left\{ (T_g + 273)^4 + \left[ \frac{(1.1 \times 10^8 \times V_a^{0.6})}{(\epsilon_g \times D^{0.4})} \right] \times (T_g - T_a) \right\}^{\frac{1}{4}} - 273 \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

$T_{mrt}$  = temperatura radiante média, em °C;

$T_g$  = temperatura de globo, em °C;

$V_a$  = velocidade do vento, em m/s;

$\epsilon_g$  = emissividade do globo (adimensional);

$D$  = diâmetro do globo, em metros; e

$T_a$  = temperatura do ar, em °C.

Foram monitorados 15 dias, 14 dias entre os meses de janeiro e agosto de 2009 e 01 dia em agosto de 2010, durante 5 h cada dia (das 10h00 às 15h00), sendo dois pontos monitorados simultaneamente em cada dia, perfazendo 28 situações urbanas diferentes. Obteve-se uma variação climática bastante considerável: em relação à temperatura, por exemplo, tem-se uma variação de 6,4 °C a 30,7 °C.

Para a obtenção das variáveis pessoais e de sensação térmica, foram aplicados questionários elaborados a partir da norma internacional ISO 10551 (INTERNATIONAL..., 1995). As variáveis pessoais levantadas foram: (1) gênero, (2) idade, (3) altura, (4) peso, (5) tempo de moradia na cidade (fator aclimatação), (6) vestimenta e (7) tempo de exposição ao ambiente externo, além das questões sobre percepção térmica. Somente moradores de Curitiba e Região Metropolitana residindo há pelo menos 6 meses foram considerados. As recomendações da ASHRAE Standard 55 (AMERICAN..., 2004) foram seguidas, e somente as pessoas que declararam estar há pelo menos 15 minutos ao ar livre foram consideradas para as análises, obtendo-se, assim, um total de 1685 questionários válidos.

Para obter os votos de sensação térmica utilizou-se a escala simétrica de sete graus e dois pólos, conforme a questão: “Como você se sente neste exato momento?”

Uma vez que o projeto RUROS define ASV como a sensação térmica real dos entrevistados a partir de uma escala de 5 pontos (-2 “*very cold*”, -1 “*cold*”, 0 “*neutral*”, +1 “*hot*”, +2 “*very hot*”), converteram-se os dados levantados em Curitiba para se adequarem a essa escala segundo um fator de 5/7 para cada voto de STR (Sensação Térmica Real).

### 3.2. Categorias de Sensação Térmica

Para comparar as respostas de Sensação Térmica Real (STR) da população de Curitiba com as respostas calculadas pela equação ASV de cada cidade européia foi utilizada a classificação proposta por Rossi (2012), mas adaptada para uma escala de 5 pontos, apresentada a seguir:

Grupo 1: desconforto para o frio, votos < 0,71 (ou -5/7);

Grupo 2: conforto,  $-0,71 \leq \text{votos} \leq 0,71$ ;

Grupo 3: desconforto para o calor, votos > 0,71.

Desta forma, os valores preditos pelas equações foram agrupados em cada uma das três categorias citadas.

### 3.3. Cálculo do ASV

As equações desenvolvidas para Tessalônica, Fribourg, Sheffield, Kassel e para a Europa são apresentadas a seguir:

$$\text{ASV Tessalônica} = 0,036 \cdot T_a + 0,0013 \cdot R_S - 0,038 \cdot V_a - 0,011 \cdot U_R - 2,197 \quad [\text{Eq. 02}]$$

$$\text{ASV Fribourg} = 0,068 \cdot T_a + 0,0006 \cdot R_S - 0,107 \cdot V_a - 0,002 \cdot U_R - 0,69 \quad [\text{Eq. 03}]$$

$$\text{ASV Sheffield} = 0,07 \cdot T_a + 0,0012 \cdot R_S - 0,057 \cdot V_a - 0,003 \cdot U_R - 0,855 \quad [\text{Eq. 04}]$$

$$\text{ASV Kassel} = 0,043 \cdot T_a + 0,0005 \cdot R_S - 0,077 \cdot V_a + 0,001 \cdot U_R - 0,876 \quad [\text{Eq. 05}]$$

$$\text{ASV Europa} = 0,049 \cdot T_a + 0,001 \cdot R_S - 0,051 \cdot V_a - 0,014 \cdot U_R - 2,079 \quad [\text{Eq. 06}]$$

Nas quais,  $T_a$  é a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $U_R$  a umidade relativa (%),  $R_S$  a irradiância solar global em plano horizontal ( $\text{W/m}^2$ ) e  $V_a$  a velocidade do ar ( $\text{m/s}$ ). Em cada uma das equações, os dados de  $T_a$ ,  $R_S$ ,  $V_a$  e  $U_R$  monitorados nos 15 levantamentos de campo em Curitiba foram inseridos e os resultados classificados nas 3 categorias de sensação térmica propostas.

### 3.4. Método de análise

Para fins de comparação com os dados de campo de Curitiba, avaliou-se inicialmente a consistência do conjunto de 7 equações apresentado no relatório do RUROS. Notaram-se incongruências nos coeficientes angulares de algumas das equações, conforme mostrado na Tabela 1. Adicionalmente, foi feita uma verificação quanto a alterações necessárias nos fatores climáticos  $R_S$ ,  $V_a$  e  $U_R$ , componentes das equações originais, de modo a haver a variação de 1 grau em  $T_a$ .

Tabela 1 - Análise de aplicabilidade das equações originais

Fatores	ASV Atenas	ASV Tessalônica	ASV Milão	ASV Fribourg	ASV Kassel	ASV Cambridge	ASV Sheffield	ASV Europa
Irradiância (RS)	340	28	-245	113	86	1130	58	49
Vento (Va)	-0.4	-0.9	8.2	-0.6	-0.6	-2.3	-1.2	-1.0
Umidade relativa (UR)	-34.0	-3.3	24.5	-34.0	43.0	-37.7	-23.3	-3.5
Correlação r (ref. RUROS)	0.27	0.51	0.44	0.68	0.48	0.57	0.58	0.78
Limite para r		>0.50		>0.50	>0.50	>0.50	>0.50	>0.50

Adotou-se a equação apenas nos casos em que a correlação  $r$  de Pearson, conforme aparece no relatório do RUROS era superior ou próxima a  $r=0,50$ . Notou-se, entretanto, que a equação para Cambridge traz uma alteração na variável  $R_S$  muito diferente das demais cidades, para que se houvesse variação de um grau em cada situação (fator de proporcionalidade na equação). Enquanto que para Tessalônica, Fribourg, Kassel e Sheffield, tal alteração é da ordem de 28-113  $\text{W/m}^2$ , em Cambridge seria necessário um ganho solar ( $R_S$ ) de 1130  $\text{W/m}^2$  para que se alterasse a temperatura ambiente ( $T_a$ ) em 1 grau, o que indica um possível erro de digitação no relatório. Da mesma forma, pode-se descartar a equação gerada para Milão, onde as relações são invertidas: para um aumento de um grau ( $T_a$ ) na equação, seria necessária uma redução de 245  $\text{W/m}^2$  no ganho solar ( $R_S$ ) e um aumento proporcional de 8,2  $\text{m/s}$  ( $V_a$ ) e 24,5% na  $U_R$ , relações que contradizem noções básicas de Climatologia. A equação obtida para Atenas foi descartada por sua baixa correlação com dados observados de sensação térmica ( $r=0,27$ ), conforme reportado em Nikolopoulou (2004).

O procedimento adotado foi então de comparar Sensação Térmica Real (STR) com sensação térmica predita via equações ASV usando como variáveis independentes os dados climáticos

de Curitiba. Após a comparação da sensação real e da sensação térmica predita pelo ASV foram analisados os coeficientes das equações de regressão múltipla ASV e os dados de temperatura média mensal (°C) para cada uma das cidades, com o objetivo de entender as diferenças/semelhanças observadas na sensação térmica. Os dados de temperatura média mensal do ar em cada cidade foram obtidos nos sites [www.worldclimate.com](http://www.worldclimate.com) (acesso em 20/05/2012) e [www.climatedata.eu](http://www.climatedata.eu) (acesso em 20/05/2012), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Temperatura média mensal para as cidades analisadas

Cidade	Fonte	Modelo	Extensão
Curitiba	<a href="http://www.worldclimate.com">www.worldclimate.com</a>	GHCN 2 Beta	1240 meses entre 1885 e 1991
Tessalônica	<a href="http://www.worldclimate.com">www.worldclimate.com</a>	GHCN 1	474 meses entre 1951 e 1990
Kassel	<a href="http://www.worldclimate.com">www.worldclimate.com</a>	GHCN 1	445 meses entre 1953 e 1990
Sheffield	<a href="http://www.worldclimate.com">www.worldclimate.com</a>	GHCN 2 Beta	1128 meses entre 1882 e 1978
Fribourg	<a href="http://www.climatedata.eu">www.climatedata.eu</a>	não informado	não informado

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados estão representados na Figura 3 e na Tabela 3. Nota-se que, de todos os modelos, os resultados da equação de ASV para Kassel são os que mais se aproximam dos percentuais de conforto e desconforto reais obtidos para Curitiba. Na tabela, a diferença média (erro médio) entre STR e ASV a partir da equação gerada para Kassel é desprezível, sendo a variação nas diferenças relativas de 6-18% a menor entre todos os modelos, além do coeficiente de correlação ( $r=0,66$ ) ser superior até mesmo aos dados originais a partir dos quais foi gerado esse modelo ASV. As equações ASV para Tessalônica e o modelo combinado para a Europa claramente não se aplicam aos dados de campo, superestimando a sensação de desconforto por frio. Os resultados das equações ASV para Fribourg e Sheffield mostram resultados semelhantes, com superestimativa dos percentuais em desconforto por calor.

Figura 3 – Sensação Térmica Real (STR) versus estimativas em ASV para Curitiba

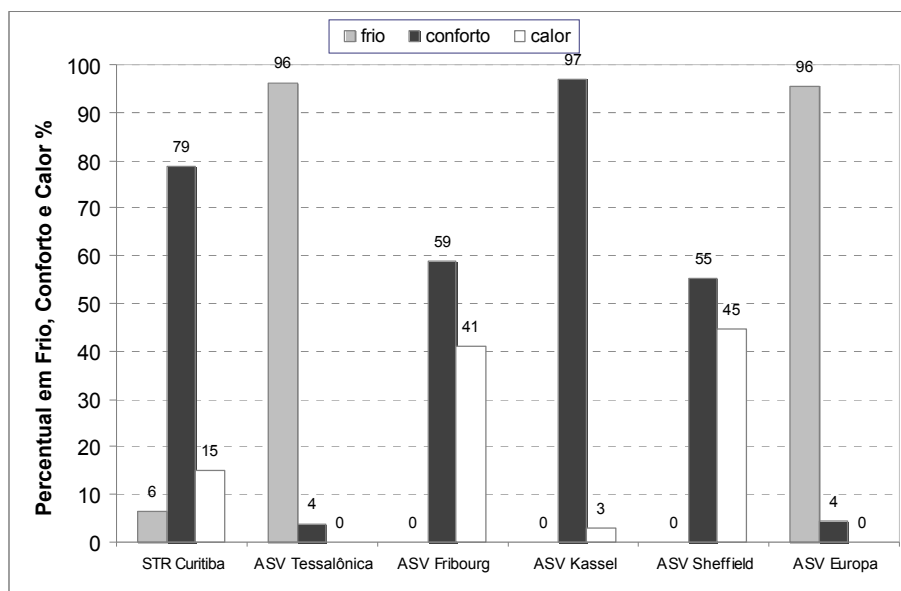




Tabela 3 – Resultados da comparação entre STR e ASV para Curitiba

	Correl.	Erro médio	Frio		Conforto		Calor		Frio	Conforto	Calor
	r-Pearson	(STR-ASV)	N	%	N	%	N	%	Dif. %	Dif. %	Dif. %
STR Curitiba	-	-	108	6	1324	79	253	15	-	-	-
ASV Tessalônica	0,51	-1,94	1621	96	64	4	0	0	90	-75	-15
ASV Fribourg	0,66	0,45	0	0	994	59	691	41	-6	-20	26
<b>ASV Kassel</b>	<b>0,66</b>	<b>-0,06</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1633</b>	<b>97</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>-6</b>	<b>18</b>	<b>-12</b>
ASV Sheffield	0,62	0,49	0	0	933	55	752	45	-6	-23	30
ASV Europa	0,57	-1,83	1612	96	73	4	0	0	89	-74	-15

Uma vez que os coeficientes de inclinação da reta de regressão (*slope*) das equações ASV para as variáveis Ta, RS, Va e UR dos modelos ASV utilizados apontam diferenças, pode-se inicialmente buscar relações entre a aplicabilidade do modelo aos dados de STR e tais diferenças. A partir das observações acima, esperava-se observar semelhanças entre os coeficientes das equações dos modelos ASV de Fribourg com Sheffield e de Tessalônica com o modelo combinado para a Europa. A Figura mostra que, apenas com relação a Ta e UR tais proporções são verificadas.

Considerando o fator aclimação, neste caso referente às populações estudadas em cada cidade, pode-se esperar que o clima médio em cada local (Figura 5) tenha influenciado a percepção térmica dos entrevistados e, em decorrência, tal fato tenha afetado a relação entre variáveis ambientais e o voto estimado para ASV em cada modelo. No caso de Fribourg, Sheffield e Kassel, as discrepâncias entre ASV e STR, notadamente na ausência de desconforto por frio e aumento na quantidade de votos em desconforto por calor, estão possivelmente relacionadas ao fato do clima ser mais frio nesses locais que em Curitiba. No caso específico de Kassel, há entretanto uma maior aproximação dos dados de verão, o que pode ter influenciado no melhor desempenho do modelo ASV para essa cidade. Os resultados obtidos para Tessalônica, por sua vez, refletem a situação de verão nessa cidade, com temperatura média significativamente superior a de Curitiba nesse período, trazendo com isto a ausência de desconforto por calor e uma concentração de votos preditos em situação de desconforto por frio (96%).

Nota-se também relativo paralelismo da curva de temperatura entre Curitiba e, por exemplo, Sheffield, refletindo os valores encontrados de amplitude térmica sazonal para cada cidade (Curitiba, com 8K, Tessalônica com 21K, Fribourg com 19K, Kassel com 17K e Sheffield com 12K).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontam para certo grau de influência do fator aclimação na aplicabilidade de um modelo de regressão múltipla gerado para a sensação térmica a partir de dados climáticos coletados por ocasião das enquetes de conforto. Tal influência é a base de modelos adaptativos de conforto (DE DEAR; BRAGER, 1998). Ao passo que em espaços internos, a adaptabilidade ao ambiente por parte dos usuários é maior (abrindo ou fechando janelas, deslocando-se de um cômodo a outro, operando elementos de sombreamento etc.), em espaços externos a atuação do usuário é mais restrita, geralmente apenas alcançada através da vestimenta, ainda que de forma restrita (NICOL et al., 2012). Considerando os três tipos de adaptação térmica conforme sugeridos pela literatura: adaptação comportamental, adaptação fisiológica e adaptação psicológica, o presente estudo pretendeu mostrar que, na ausência de mecanismos adaptativos (excetuando a vestimenta), o transeunte conta fortemente com o fator aclimação (adaptação fisiológica). Os dados mostraram alguma semelhança entre condições



térmicas de verão (proximidade das médias de temperatura) nas cidades para onde foram geradas as equações ASV mais aplicáveis com as condições de Curitiba. A grande divergência nas condições de frio possivelmente acarretou em ausência de desconforto por frio utilizando-se os mesmos modelos ASV, contrariamente ao esperado.

Figura 4 – Coeficientes angulares (slope) das equações ASV estudadas – pata Ta (a), RS (b), Va (c) e UR (d)

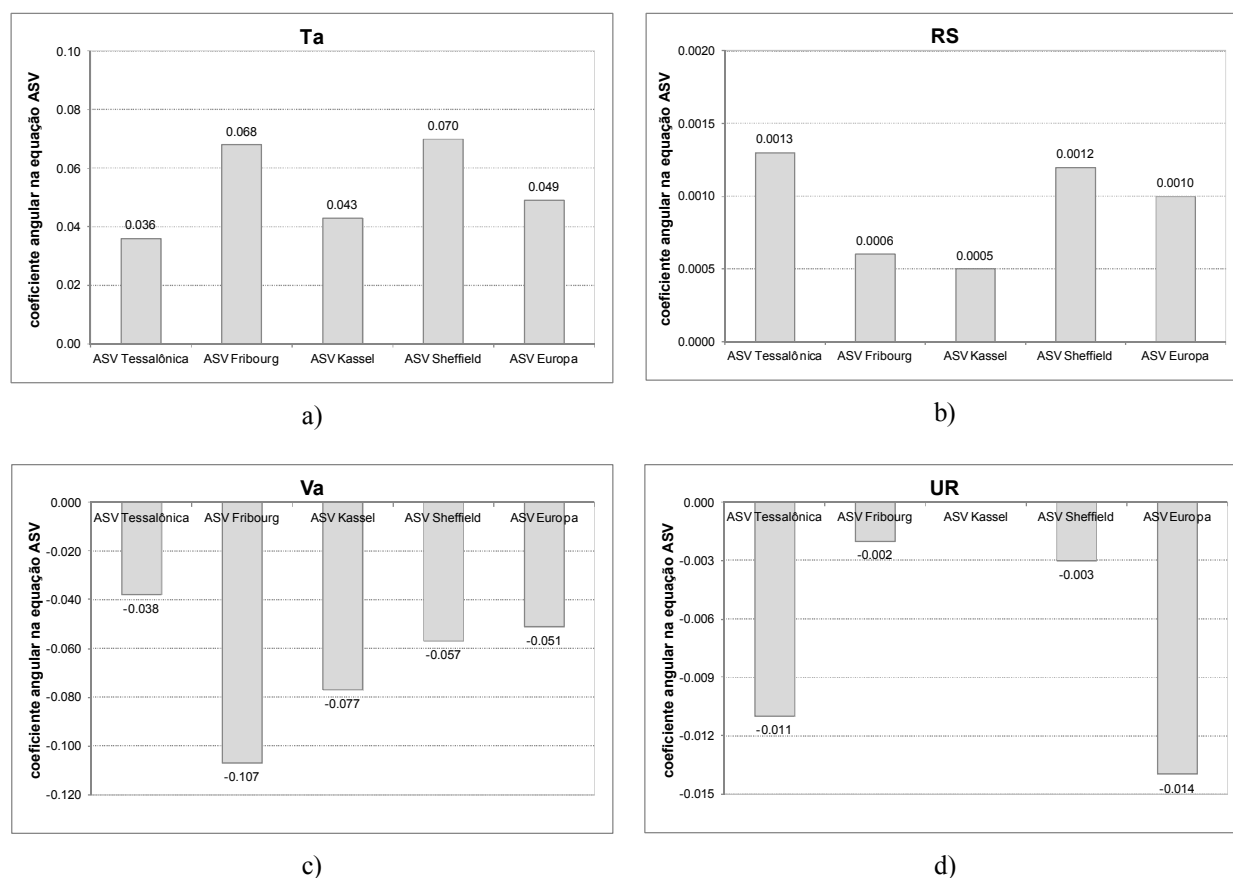
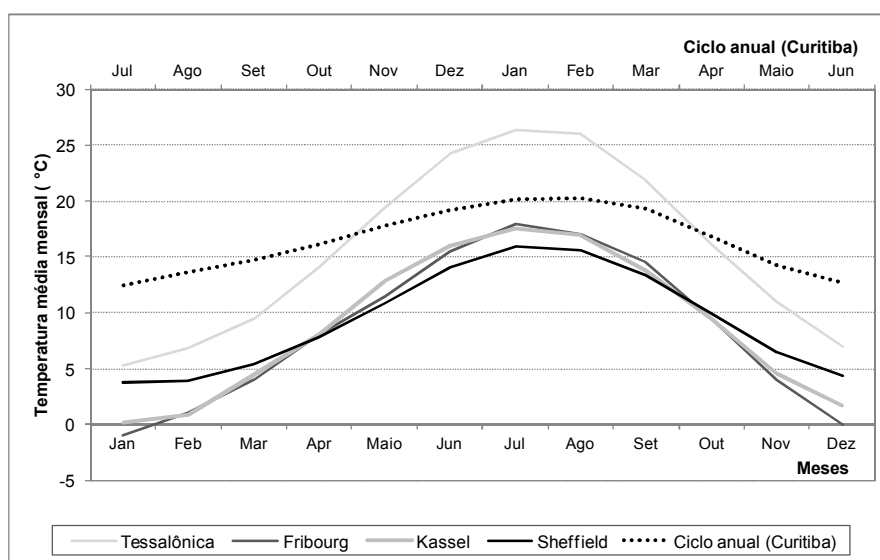


Figura 5 – Temperaturas médias mensais para as cidades em análise



Ressalta-se, por fim, que a aplicabilidade de modelos ASV, ou seja, modelos de equação de regressão múltipla entre dados climáticos e sensação térmica observada, deve ser testada com maior profundidade em pesquisas futuras, a partir de bases de dados mais abrangentes. Apenas de posse de um conjunto de dados mais significativo (com diversos períodos de medição, variabilidade climática e maior quantidade de localidades) envolvendo um método padronizado de coleta, pode-se inferir sobre a verdadeira extensão do efeito do clima local e da aclimação na sensação térmica de usuários de espaços externos.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers*. **Standard 55-2004 Thermal environmental conditions for human occupancy**. Aprovada em janeiro de 2004. Atlanta: ASHRAE, 2004.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.
- CAMPBELL, S. **Application Note: Weather Station Siting and Installation Tools**. 1997.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551**. Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genève: ISO, 1995.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**. Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.
- NIKOLOPOULOU, Marialena (ed.). **Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach**. Grécia: CRES, 2004.
- ROSSI, Francine A. Proposição de metodologia e de modelo preditivo para análise da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba. 2011. 216f. **Tese** (Doutorado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.
- THORSSON, S.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. **International Journal of Climatology**. vol.27. p.1983-1993, 2007.
- De DEAR, R.J.; BRAGER, G.S. Towards an adaptive model of thermal comfort and preference. **ASHRAE Transactions**, vol. 104 (1), p.145-167, 1998.
- NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S. **Adaptive Thermal Comfort – Principles and Practice**. 1. ed. New York: Routledge, 2012.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro (Projeto Universal 474358/2007-0, Universal 2007 Faixa B), CAPES pela concessão das bolsas de Mestrado e Doutorado e ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche, a qual proporcionou o trabalho conjunto com a professora Marialena Nikolopoulou, no departamento de Arquitetura e Engenharia Civil da Universidade de Bath. E às pessoas que nos ajudaram respondendo aos questionários.