



ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

SUBJECTIVE ANALYSIS OF THERMAL COMFORT IN THE DRY AND RAINY SEASON IN AN URBAN PARK IN CENTRAL AMAZONIA

Tiago Bentes Mandú¹, Ana Carla dos Santos Gomes², Marconio Silva dos Santos³, Eduardo Almeida da Silva⁴

Submetido em: 20/04/2021

e24239

Aprovado em: 10/05/2021

RESUMO

O Conforto Térmico (CT) é definido como a condição psicológica que expressa satisfação com o ambiente, onde não se sente sensação de calor ou de frio. Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise subjetiva da sensação térmica dos visitantes do Parque Municipal de Santarém-PA, assim como, verificar a precisão do modelo do voto médio predito nas estações seca e chuvosa. Foram aplicados 75 questionários semiestruturados em cada estação, que avaliava os parâmetros que constituem o CT humano de acordo com as normas internacionais. Esses questionários foram aplicados no Parque Municipal da cidade de Santarém-Pará. O teste de Mann-Whitney foi utilizado para comparar a percepção térmica dos visitantes do parque a fim de verificar se a sensação apresenta similaridade dentre os períodos, o modelo do Voto Médio Predito (em inglês, PMV) foi empregado para estimar a percepção térmica dos visitantes do parque. Foi possível observar que a sensação de desconforto é a de maior predominância nas duas estações. O teste de Mann-Whitney indica que, de forma geral, a sensação de conforto é a mesma durante as duas estações, e o PMV apresenta desempenho insatisfatório para todos os períodos avaliados. Espera-se que esses resultados possam colaborar no entendimento do CT de Santarém e ajudar no entendimento do microclima em cidades na região amazônica.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia. Percepção térmica. Sazonalidade.

ABSTRACT:

Thermal Comfort (TC) is defined as the psychological condition that expresses satisfaction with the environment, where there is no feeling of heat or cold. Therefore, this work aims to perform a subjective analysis of the thermal sensation of the visitors of Parque Municipal de Santarém, as well as to verify the accuracy of the model of the predicted average vote in the dry and rainy season. We applied 75 semi-structured questionnaires per station, which evaluated the parameters that constitute the human thermal comfort according to international norms, the questionnaires were applied in the Municipal Park of the city of Santarém, west of Pará. The Mann-Whitney test was used to compare the thermal perception of the park visitors in order to verify if the sensation had similarity between the periods and the model of the Predicted Mean Vote (PMV) was used to model the perception of the inhabitants to verify the accuracy of this model. From the results it was possible to observe that the sensation of discomfort is the most prevalent in both seasons and the Mann-Whitney test indicates that in general the feeling of comfort is the same during the two periods. The PMV shows unsatisfactory performance for both stations as well as for the total period evaluated. It is hoped that these results

¹ Bacharel em Ciências Atmosféricas pela Universidade Federal do Oeste do Pará, mestrando em meteorologia no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

² Doutora em Ciências Climáticas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, professora do curso de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal do Oeste do Pará.

³ Doutor em Ciências Climáticas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, professor do curso de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

⁴ Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande, mestrando em Ciências Climáticas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

can collaborate in the understanding of the thermal comfort of the municipality as well as collaborate with an understanding of thermal comfort in the Amazon region.

KEYWORDS: Amazon. Thermal perception. Seasonality.

INTRODUÇÃO

O conforto térmico (CT) é uma condição psicológica que expressa satisfação com o ambiente onde o indivíduo está inserido, ou seja, é o parâmetro que avalia o quão agradável ou desagradável é este ambiente (PARSONS, 2014). O CT é definido por seis fatores básicos, quatro elementos meteorológicos: temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa; e dois biológicos: vestuário e atividade metabólica. De acordo com Parsons (2014), o estudo do CT pode ser realizado de forma objetiva, a partir de índices empíricos baseados em variáveis meteorológicas, ou a partir de análise subjetiva, realizada a partir de questionários que avaliam os fatores climáticos e biológicos, e por isso é a metodologia indicada para estudos desta natureza. Devido a esses fatores, o CT pode apresentar variações em relação a cidade e estação do ano, sendo necessários estudos pontuais para verificar se há semelhança ou não com demais localidades já estudadas anteriormente (JOHANSSON et al., 2018).

Compreender as características do microclima urbano em espaços abertos e a qualidade do CT, que faça com que o ambiente seja agradável para os visitantes, abre novas possibilidades de desenvolvimento para o ambiente urbano em geral (ALJAWABRA e NIKOLOKOPOU, 2018). Nas últimas décadas, diversos estudos de campo foram realizados em diferentes espaços ao ar livre e em regiões com condições climáticas distintas, que permitiram compreender os efeitos das condições climáticas na sensação térmica do ser humano, bem como suas implicações e uso de forma geral de espaços ao ar livre (NG e CHENG, 2012).

Comparado com locais fechados, o ambiente térmico em ambientes externos é complexo e apresenta grandes variações temporais e espaciais. A quantificação do CT, nesses espaços, recebeu uma maior atenção nos últimos anos, pesquisas recentes mostram que a análise subjetiva é a metodologia mais adequada nesse tipo de estudo (JOHANSSON et al., 2018). Atualmente, a demanda é maior do que antes para espaços públicos ao ar livre adequados que atendam ao social e cultural com comodidade, necessidades da crescente população em áreas urbanas (ALJAWABRA e NIKOLOKOPOU, 2018). Em Santarém, o Parque Municipal é o único espaço público arborizado da cidade; Costa et al. (2013) afirmam que a vegetação atua como um agente fundamental na qualidade do microclima do município.

Pessoas que vivem em diferentes lugares com condições climáticas distintas apresentam diferentes graus de adaptação aos parâmetros térmicos e que os mesmos não são avaliados da mesma forma (KÁNTOR et al., 2012). Assim como já foi observado que uma mesma localidade pode apresentar diferença significativa entre as estações do ano (CHENG et al., 2015; MANDÚ et al.,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

2020). Barbosa et al. (2015), apontam que o conforto térmico na região amazônica apresenta variações sazonais e espaciais ao longo da bacia, ressaltando a necessidade de estudos científicos sobre a temática na região.

A utilização do modelo Voto Médio Predito (em inglês, PMV) em ambientes externos ainda apresenta lacunas em algumas regiões do planeta, inclusive na região amazônica. Ainda não se sabe com exatidão a precisão desse modelo na região, onde ele ainda se mostra suficiente em algumas regiões e insuficiente em outras (MANU et al., 2016). Partindo das seguintes questões norteadoras: Como é a percepção térmica dos visitantes do Parque Municipal da cidade de Santarém durante as estações seca e chuvosa? O modelo PMV consegue estimar com precisão essa percepção observada a partir da aplicação de questionários? A hipótese associada a essas questões é que essa sensação apresenta variações entre os indivíduos entrevistados e também entre as estações analisadas, e partindo de estudos realizados em outras regiões, o PMV possui habilidade de estimar o CT de forma satisfatória. Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo analisar de forma subjetiva a percepção térmica dos visitantes do Parque Municipal da cidade de Santarém nas estações seca e chuvosa, assim como avaliar a acurácia do modelo PMV.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Santarém (02°25'30"S e 54°42'50"W), localizado na mesorregião do Baixo Amazonas, na área de confluência dos rios Amazonas e Tapajós, com altitude média de 36 metros, possui uma população estimada em 299.419 habitantes, ocupa uma área de 22.887,08 km², com aproximadamente 77 km², em perímetro urbano (IBGE, 2019). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, atualizada por Peel et al. (2007), Santarém se enquadra no tipo climático *Am*, equatorial úmido típico de florestas tropicais, com duas estações bem definidas, uma estação chuvosa, que compreende o período de dezembro a abril, e outra de estiagem, compreendendo os meses de junho a outubro. A temperatura média anual é de 26 °C, com umidade relativa do ar superior a 85% e precipitação acumulada anual superior a 2000 mm.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

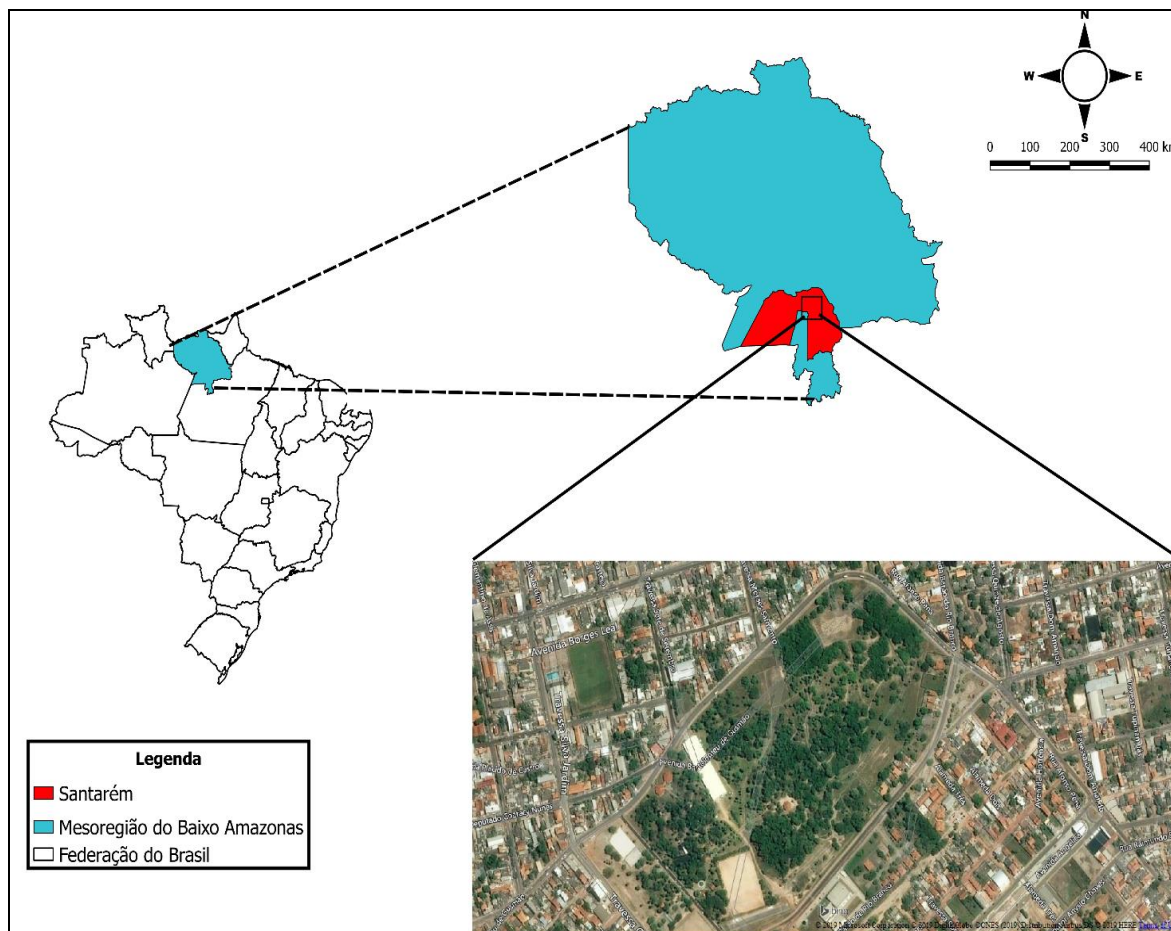


Figura 1. Área de estudo. **Fonte:** IBGE (2019) adaptado pelos autores.

A avaliação subjetiva que se trata de uma pesquisa qualitativa foi baseada nas respostas de questionários semiestruturados. A estrutura desse questionário foi fundamentada no padrão da Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (em inglês, ASHRAE) para o estudo do conforto térmico humano (ASHRAE, 2009). Esse questionário possui três seções. A primeira seção perguntava aos entrevistados a preferência e aceitabilidade térmica. A escala de sensação térmica foi a tradicional da ASHRAE com 7 escalas (frio, fresco, ligeiramente fresco, neutralidade, ligeiramente quente, calor e quente). A segunda seção possuía algumas perguntas relevantes à adaptação térmica dos entrevistados e a condição de conforto geral, ou seja, se o ambiente era confortável, aceitável ou desconfortável. A terceira e última seção abordou informações demográficas como idade, sexo, tempo de vida em Santarém, níveis de atividade física, e as vestimenta que os entrevistados utilizavam no momento do preenchimento do questionário. Destaca-se que, devido ao anonimato dos entrevistados, foi dispensada a apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Segundo o Conselho Nacional de Saúde (CNS) e a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) estudos envolvendo apenas dados onde não seja possível a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

identificação dos indivíduos da pesquisa, não é necessária a aprovação do Sistema CEP-CONEP. Os questionários foram preenchidos única e exclusivamente pelos entrevistados, a seleção dos mesmos foi realizada de forma que cada indivíduo participou uma única vez do estudo, não havendo a participação em mais de um dia ou estação do ano. O número total de 75 questionários, aplicados para cada estação, foi considerado significativo levando em consideração o objetivo do trabalho e o número de visitantes habitual do parque, as informações gerais dos questionários aplicados estão contidas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações da aplicação dos questionários no Parque da Cidade de Santarém-PA.

Estação	Horário	Dias de campanha	Total de dias	Quantidade de questionários aplicados
Seca	09:00 – 19:00	28 e 29 de outubro, 3, 7, 13, 14 e 15 de novembro.	7	75
Chuvosa	09:00 – 19:00	16, 19, 21, 23, 27 de janeiro e 4 e 6 de fevereiro.	7	75

O teste de Mann-Whitney (W) é um método estatístico não-paramétrico baseado na mediana que é utilizado para verificar se duas amostras independentes foram retiradas da mesma população, ou seja, verifica se dois conjuntos de dados são semelhantes entre si. Essa metodologia é, portanto, uma alternativa para o teste *t* de Student quando a amostra é pequena e/ou as pressuposições exigidas pelo teste *t*, estiverem seriamente comprometidas (HAPP et al., 2019). Um dos pressupostos do teste *t* de Student é que os dados tenham distribuição normal, mas estudos semelhantes a este apontam que as respostas da percepção térmica em espaços abertos não possuem essa característica (YANG et al., 2013; MIDDEL et al., 2016). O teste de Mann-Whitney será empregado para verificar se há semelhança ou divergência na percepção de conforto térmico para as duas estações do ano analisadas.

O modelo do Voto Médio Predito (em inglês, PMV) foi desenvolvido por Fanger em 1970 e está presente na norma ISO 7730 da ASHRAE. Atualmente, essa é a metodologia mais utilizada em pesquisas relacionadas ao conforto térmico (PARSONS, 2014). Baseado em um simples modelo fisiológico de estado estacionário, ele prediz as condições de conforto na escala ASHRAE de um grupo de pessoas, a partir de um valor derivado das quatro variáveis físicas: temperatura radiante, temperatura do ar, umidade e movimento de ar, junto com o isolamento da vestimenta e a taxa metabólica (ROAF et al., 2012). A temperatura radiante foi estimada pela equação apresentada por Johansson et al. (2018) e os demais parâmetros ambientais foram obtidos pela estação meteorológica automática do município de Santarém, de número N°81707 pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A taxa metabólica e as vestimentas foram obtidas por meio do questionário aplicado anteriormente mencionado, com base nos valores padrões adotados pela ASHRAE. O PMV foi calculado utilizando-se as equações contidas em Murphy e Yates (2009).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

Com o intuito de avaliar a precisão do PMV diante das respostas obtidas por meio dos questionários, foram calculados o índice de concordância de Willmott (d), Erro Quadráticos Médio (em inglês, RSME), o Erro Médio de Viés (em inglês, ME) e o Erro de Viés Absoluto (em inglês, MAE). Esses índices têm como objetivo avaliar o desempenho de modelos de conforto térmico e, assim, permitem verificar se o modelo é capaz de representar o conforto térmico na área de estudo, possibilitando avaliar a necessidade de uma calibragem ou mesmo a inclusão ou exclusão de variáveis do modelo (MANU et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo dos parâmetros pessoais presentes nos questionários aplicados está contido na Tabela 2, onde é possível observar que, para ambos os períodos, a porcentagem do gênero dos entrevistados mostra valores próximos a 50%. Yahia et al. (2017) afirmam que, devido as diferenças nas respostas fisiológicas e estrutura térmica do corpo humano entre homens e mulheres, possuir uma população amostral com proporção semelhante ajuda a compreender com maior acurácia a percepção térmica. Em relação a idade, a estatística descritiva aponta uma similaridade, que também é vista no tempo de residência, em que os indivíduos que residem em Santarém há mais de 5 anos excedem 60% do total de entrevistados em ambos os períodos. Essa homogeneidade na amostra permite realizar a comparação sazonal de forma precisa (KANTOR et al., 2016).

Tabela 2. Resumo da amostra para ambos os períodos analisados.

Características	Período	
	Seco	Chuvoso
Tamanho da amostra	75	75
Gênero	Masculino	38
	Feminino	37
Tempo de residência na cidade	Menos de um ano	3
	De um e cinco anos	9
	Mais que cinco anos	26
	Turista	0
	Nascido na cidade	37
Idade	Média	30,5
	Desvio-padrão	12,9
	Mínimo	16
	Máximo	63



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

A Figura 2 apresenta a distribuição da percepção de conforto térmico baseada na escala da ASHRAE. No período seco é observado que 44% das respostas estão do setor quente da escala e 43,5% para a estação chuvosa. Para as escalas frias são observados 28% e 17,4% no período seco e chuvoso, respectivamente. A condição de neutralidade apresenta porcentagem acima de 25% para as duas estações sendo superior na estiagem. O estudo de Yang et al. (2013) em Singapura, cidade que também possui clima equatorial quente e úmido, mostra resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, principalmente na porcentagem de neutralidade observada na estação seca.

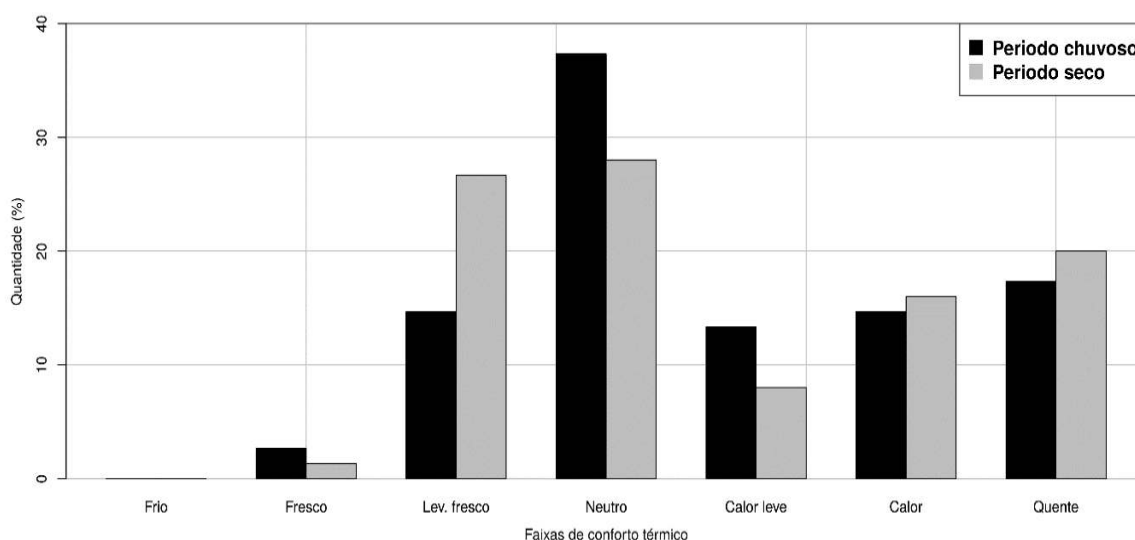


Figura 2. Faixas da percepção térmica de acordo com a ASHRAE para a estação chuvosa (barras pretas) e estação seca (barras cinza).

A proporção percentual da percepção de conforto térmico geral para o período seco e chuvoso está contida na Figura 3. Foi observado que, durante o período de estiagem, a sensação de ambiente aceitável é superior a 50% e a sensação de conforto e desconforto é de, aproximadamente, 20% cada. Na estação chuvosa verificou-se que a sensação de ambiente confortável é menor do que a observada no período seco, e a sensação de desconforto é superior, enquanto o estado de conforto é semelhante em ambos os períodos. De acordo com Johansson et al. (2018), na estação chuvosa são observadas as piores condições térmicas do ano, já que a temperatura do ar e a pressão de vapor são maiores e velocidade do vento é menor, causando condições térmicas menos favoráveis para o sistema termorregulatório do ser humano, resultado que também foi observado no presente estudo.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL
Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

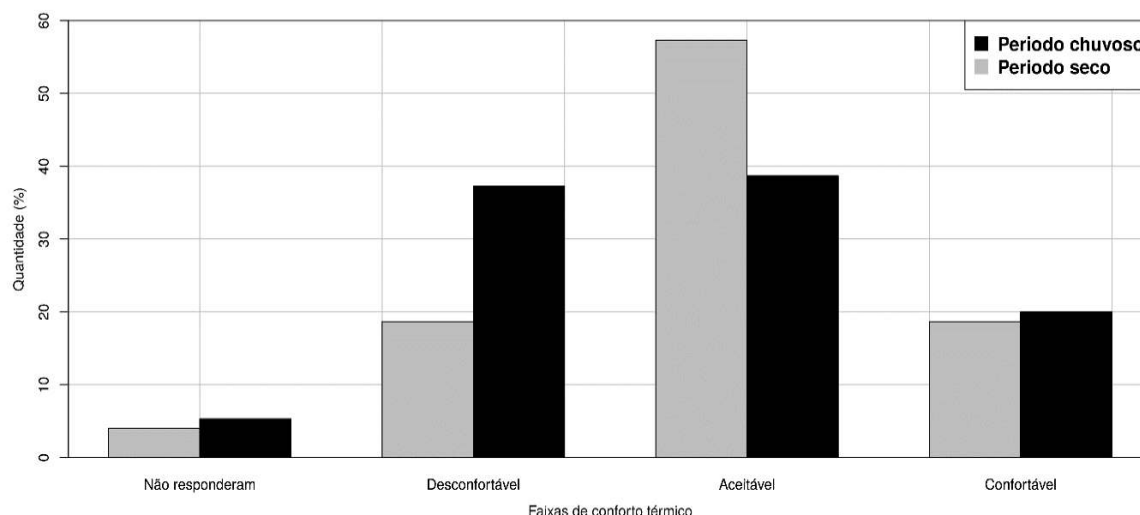


Figura 3. Percepção térmica dos entrevistados no Parque Municipal de Santarém. A barra cinza é o período seco e barra preta período chuvoso.

O resultado do teste de Mann-Whitney está contido na Tabela 3, que aponta que os dados não fornecem evidências suficientes para afirmar que a sensação de conforto térmico é estatisticamente diferente entre os períodos analisados, ou seja, mesmo com as diferentes nos fatores básicos apresentadas anteriormente, de forma geral a percepção térmica dos entrevistados no Parque municipal de Santarém é semelhante. Utilizando também o teste de Mann-Whitney, Junior et al. (2013) mostram que, em diferentes lugares de Santarém, os parâmetros meteorológicos são diferentes, influenciados principalmente pela vegetação. Isso indica que a sensação de conforto pode ser diferente em áreas distintas do município, porém em pontos específicos ela pode ser a mesma durante o ano inteiro, conforme visto no presente estudo para o Parque Municipal da cidade.

Tabela 3. Teste de Mann-Whitney (W) com os dados dos períodos das entrevistas.

W	Valor-p
2699,5	0,6636

Os fatores básicos utilizados para avaliar o conforto térmico e que são utilizados no cálculo do PMV estão contidos na Tabela 4. No período seco, observa-se que a atividade metabólica apresenta valor próximo de 2,0 met; as vestimentas mostram de média de 0,31 clo, indicando vestimentas leves. Dentre os parâmetros meteorológicos, destaca-se nesse período o valor máximo de temperatura é superior a 32 °C, com variabilidade de 66,5% na umidade relativa do ar e o valor



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL
Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

mínimo observado de $0,9 \text{ m.s}^{-1}$ na velocidade do vento. Para a estação chuvosa, a taxa metabólica e as vestimentas mostram valores médios semelhantes ao observado no período seco, com uma variabilidade menor. Nesse período, a temperatura apresenta valores menores, quando comparados com o outro período, o valor máximo é inferior ao valor médio observado na estação seca. A umidade também mostra variação expressivamente inferior quando comparada com o período de estiagem.

Tabela 5. Estatística descritiva dos parâmetros básicos que definem o conforto térmico. Onde V é a variância, S o desvio padrão, LI o limite inferior e LS o limite superior.

	Média	Mediana	V	S	LI	LS	Min.	Max.
Período seco								
Taxa metabólica (met)	2,3	1,8	1,7	1,3	1,8	2,8	1,0	8,0
Vestimentas (clo)	0,31	0,24	0,02	0,14	0,24	0,41	0,18	0,90
Temperatura do ar (°C)	30,5	31,8	6,9	2,6	30,8	31,9	24,1	32,9
Umidade relativa do ar (%)	62,1	58,0	65,5	12,9	54,0	62,0	49,0	91,0
Velocidade do vento (m.s^{-1})	1,9	1,9	0,4	0,6	1,4	2,3	0,9	2,9
Período chuvoso								
Taxa metabólica (met)	2,0	1,6	0,5	0,7	1,3	2,9	1,0	2,9
Vestimentas (clo)	0,28	0,27	0,01	0,10	0,19	0,39	0,16	0,58
Temperatura do ar (°C)	26,8	25,6	3,6	1,9	25,6	28,5	22,3	29,7
Umidade relativa do ar (%)	78,7	80,0	53,7	7,3	73,0	83,0	68,0	94,0
Velocidade do vento (m.s^{-1})	1,8	1,7	0,4	0,6	1,2	2,1	0,7	3,0

Foi observado que a atividade metabólica é maior na estação seca, indicando que as atividades físicas realizadas no parque da cidade são maiores nesse período. As vestimentas também mostraram maiores valores na estação seca, que podem ser ocasionados pela necessidade de maior proteção contra a incidência de radiação solar. Dentre os fatores meteorológicos, como esperado, a temperatura é maior na estação seca em virtude de uma menor ocorrência de dias com precipitação pluviométrica e também de menor presença de nebulosidade nesse período, sendo em média $3,7 \text{ °C}$ menor na estação chuvosa. A umidade relativa do ar mostra registro mínimo observado de 49,0%, valor considerado baixo em cidades de clima quente e úmido, já na estação chuvosa essa variabilidade é 3 vezes inferior e a média é 10% maior nesse período.

A comparação entre o conforto térmico observado e estimado pelo PMV está contida na



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

Figura 4. No período chuvoso, o PMV mostra valores acima do observado para as três escalas de calor, e para a neutralidade foi observado valores abaixo do esperado, assim como para a escala fresco e levemente fresco. Na estação chuvosa, para as condições de fresco, levemente fresco, neutro e calor, o modelo mostra valores mais próximos do esperado, entretanto, tem-se as maiores discrepâncias em relação ao modelo nas categorias frio, calor leve e quente. De modo geral, na estação seca, o PMV aponta sensação mais quente do observado, enquanto na chuvosa a dificuldade de estimativa ocorre principalmente nas categorias de extremo calor ou frio.

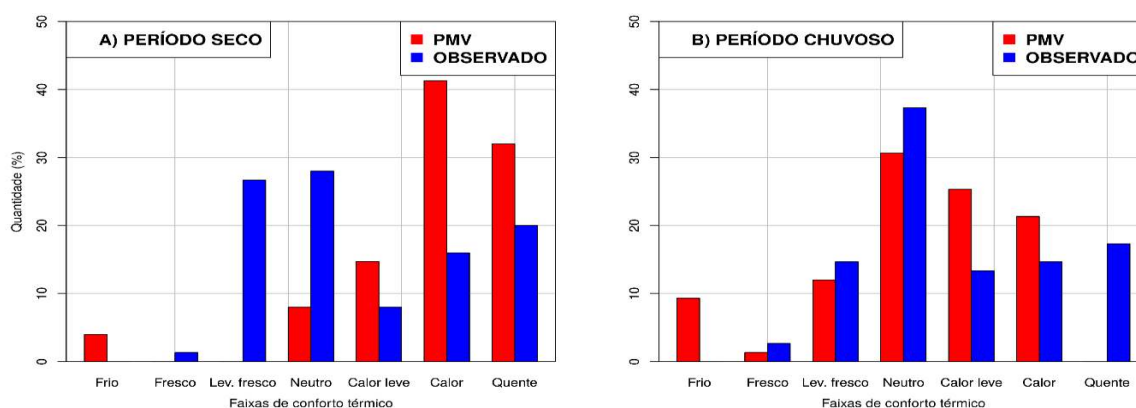


Figura 4. Comparação das faixas de conforto térmicos observados (azul) e estimados pelo modelo do PMV (vermelho) no A) período seco e B) período chuvoso.

A Figura 5 ilustra as densidades de probabilidade dos valores do conforto térmico, observados e estimados pelo PMV. Na estação seca, a densidade dos entrevistados é maior entre as categorias de levemente fresco e neutro, já a estimativa feita pelo PMV aponta máximo na categoria calor. No período seco, a densidade observada mostra-se máximo na neutralidade, enquanto o PMV mostra

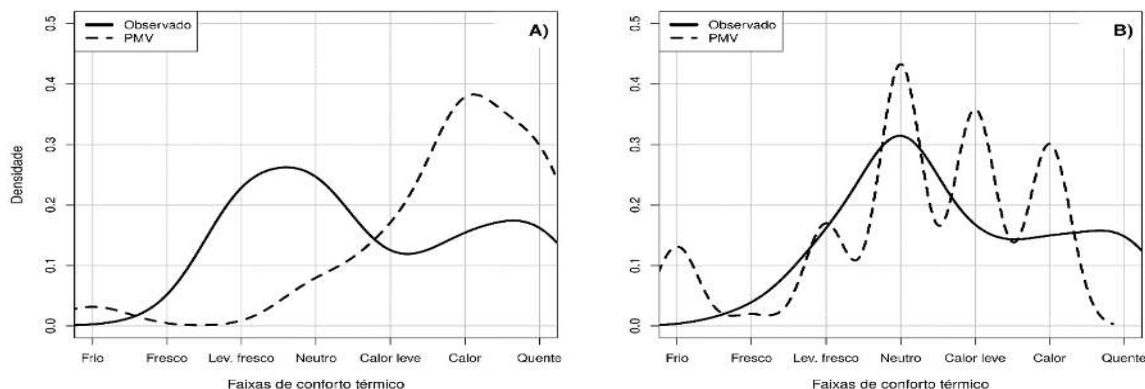


Figura 5. Densidade de probabilidade do conforto observado (linha contínua) e estimada pelo modelo do voto predito (tracejada) nos períodos seco (A) e chuvoso (B).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

comportamento com menor uniformidade. Assim sendo possível observar que, durante a estação chuvosa, o PMV apresenta maior dificuldade na estimativa da percepção térmica.

A Figura 6 mostra a densidade total para todo o período analisado. Comparado com os períodos isolados, no período total o PMV apresenta comportamento mais próximo do esperado, principalmente na categoria de fresco e quente, com o pico da estimativa deslocado uma categoria para o calor. Como o Teste de Mann-Whitney aponta que a sensação é semelhante para ambos os períodos, utilizar o PMV para o período total pode ser mais viável dependendo do objetivo do estudo, como é observado pelas densidades de probabilidade apresentadas.

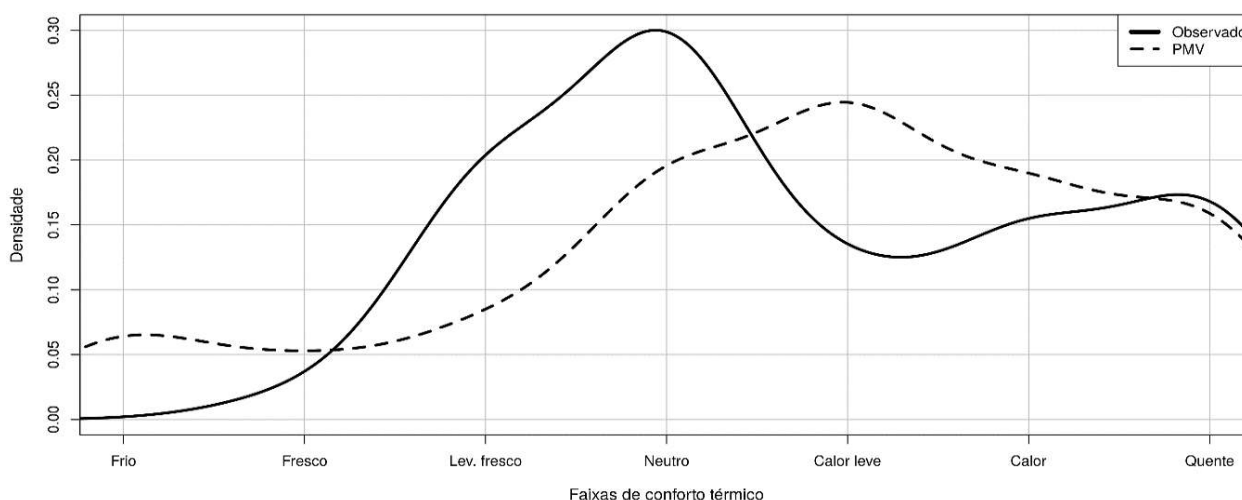


Figura 6. Densidade de probabilidade do conforto observado (linha contínua) e estimada pelo modelo do voto predito (tracejada) durante o todo o período de estudo.

Os métodos estatísticos utilizados para avaliar a acurácia do PMV estão contidos na Tabela 6. O índice de concordância de Willmott aponta que o modelo não apresenta boa precisão para a estação seca, chuvosa e período total. De acordo com o RMSE e o MAE, o menor erro é observado na estação chuvosa, seguida do período total e mostrando que para estação chuvosa o erro mostra os valores mais elevados. Para o erro médio, a precisão é maior no período total, seguida da estação chuvosa. De forma geral, esses índices refletem a dificuldade do PMV nas estimativas na estação seca, porém, ressalta que os erros observados não mostram valores elevados, e por isso, dependendo do propósito, o PMV poderia ser empregado nesse período, mas levando em consideração que seu desempenho é superior na estação chuvosa.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL
Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

Tabela 6. Coeficientes de precisão avaliados do Voto Médio Predito.

	Período seco	Período chuvoso	Período total
Índice de Willmott (d)	0,39	0,50	0,44
RMSE	2,4	1,9	2,2
ME	-1,1	0,5	-0,02
MAE	2,0	1,5	1,8

Diante dos resultados foi possível observar que, mesmo em um espaço urbanizado, alcançar o conforto térmico em regiões de clima quente e úmido é um desafio. Dentre os entrevistados a sensação de desconforto e de neutralidade são superiores a de conforto nas duas estações analisadas, resultados que corroboram com outras pesquisas realizadas em cidades de clima equatorial ao redor do mundo (YAHIA et al., 2017; PANTAVOU et al., 2018; JONANSSON et al., 2018). Os resultados ainda mostram que as escalas de calor excedem 80% do total de entrevistados, indicando que o parque urbano da cidade de Santarém apresenta de forma geral, desconforto térmico, que pode ser minimizado com aumento de áreas com sombras e uma ventilação de ar adequada, além de verificar a quantidade de calor que é armazenada pelo material utilizado nas construções e na pavimentação do solo (YAHAI et al., 2017, LIMA et al., 2019).

A análise sazonal aponta que, para ambas as estações, aproximadamente 40% dos entrevistados sentem desconforto térmico relacionado ao calor, resultado semelhante foi observado em Santarém por Mandú et al. (2020) e por Middel et al. (2016), no Arizona, onde identificou que no verão se tem as maiores porcentagens na faixa quente da escala da ASHRAE. Foi identificado que o desconforto é maior na estação chuvosa, sendo aproximadamente 20% superior ao observado no período de estiagem, resultado que corrobora com o observado por Yang et al. (2013) e Johansson et al. (2018), que afirmam que isso ocorre devido ao efeito sinérgico do aumento da temperatura e da pressão de vapor, assim como redução na velocidade do vento. Por meio do teste de Mann-Whitney, foi identificado que, de forma geral, a sensação térmica é semelhante nas duas estações, resultados que corroboram com Spagnolo e De dear (2003), Nikolopoulou e Lykoudis (2006) e Tseliou et al. (2017), que pode estar relacionado com a adaptação natural do ser humano às variações sazonais no ambiente térmico. Entretanto, a ausência de estudos subjetivos na região amazônica não permite uma melhor compreensão dessa hipótese.

A distribuição de probabilidade mostra que o PMV superestima principalmente para as escalas mais quentes da ASHRAE, principalmente na categoria de calor leve e calor que é observado para ambas as estações, assim como em relação ao período total. Resultados semelhantes foram observados por Manu et al. (2016) em ambientes fechados que teoricamente o modelo apresenta



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

desempenho superior, que podem indicar uma dualidade de modelar condições de neutralidade em ambientes mais quentes, sejam eles abertos ou fechados. Os índices utilizados para avaliar a precisão geral do PMV apresentam os erros menores para a estação chuvosa e para o período total. O índice de concordância de Willmott aponta desempenho insuficiente para todos os períodos avaliados, uma vez que, de acordo com Willmott (1981), o modelo apresenta desempenho satisfatório quando o valor é superior a 0,75, e o melhor resultado foi de 0,50 observado na estação chuvosa. Os resultados insatisfatórios obtidos pela modelagem do PMV podem estar relacionados principalmente com dois fatores. O primeiro, exposto por Nicol e Roaf (2017), salienta que o conforto térmico não é um sistema muito mais complexo do que é considerado em modelos estáticos unidimensionais como o PMV. O segundo fator é exposto por Johansson et al. (2018), que exprime a complexidade de avaliar, de forma matemática, a sensação térmica humana em ambientes abertos.

Os resultados do presente estudo apontam características importantes da sensação térmica no parque municipal da cidade de Santarém, que atualmente é o único lugar urbanizado aberto ao público nesse município, e é frequentemente visitado pelos habitantes para realização de atividades físicas, lazer e por grupos de estudo. Assim, as informações apresentadas neste estudo podem colaborar no planejamento de novos lugares ou na adaptação do parque municipal, que se mostra importante, uma vez que tem aumentado a demanda por espaços públicos ao ar livre que atendam ao social e cultural com condições térmicas adequadas, como mostrado por Aljawabra e Nikolokopou (2018). IRMAK et al. (2017) afirmam que a utilização de travertino e grama na pavimentação de parques urbanos podem melhorar as condições de conforto em cerca de 2,5 °C, que poderia ser uma medida para reduzir o elevado número de visitantes que sentem desconforto no parque. Esses autores ainda afirmam que a criação de conforto climático nas cidades é uma tarefa desafiadora para urbanistas, engenheiros civis e arquitetos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi encontrado que, durante as estações do ano analisadas, a sensação de conforto se mostra superior à de conforto e até de aceitação, mostrando que moradores que estão a muito tempo na cidade de Santarém ainda sentem os efeitos negativos do microclima do município. A cidade está em processo de expansão e os resultados obtidos nestes estudos podem colaborar de forma efetiva na tomada de decisão pelo poder público, na mitigação de medidas que propiciem ambientes abertos termicamente confortáveis, tendo em vista a importância desses espaços para a qualidade de vida da população.

Além da avaliação subjetiva, o estudo também aponta uma insuficiência do modelo do PMV no Parque Municipal, que ressalta a importância de uma calibração do modelo como já foi observado em outras regiões do Brasil, assim como a utilização de outras metodologias que consigam caracterizar de forma satisfatória a percepção térmica de habitantes de cidades com clima equatorial



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

quente e úmido. Tendo em vista que essa insipiência do PMV, também foi observada em outras cidades com essas condições climáticas. Por fim, ressalta-se que esse é um dos primeiros estudos subjetivos realizados na região oeste do Pará e, diante dos resultados obtidos, é possível observar a importância da subjetividade na caracterização do conforto térmico em espaços urbanos abertos.

REFERÊNCIAS

ALJAWABRA, F.; NIKOLOPOULOU, M. Thermal comfort in urban spaces: a cross-cultural study in the hot arid climate. *International journal of biometeorology*, Alemanha, v.62, n.10, p.1901-1909, 2018.

ASHRAE, A. H. F. *American society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, Estados Unidos, 2009.

BARBOSA, P. H. D.; DA COSTA, A. C. L.; DA CUNHA, A. C.; JUNIOR, J. D. A. S. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia. *Revista Brasileira de Climatologia*, São Paulo, v.17, n.1, p.98-118, 2015.

CHENG, Y.; LIN, Z.; FONG, A. M. Effects of temperature and supply airflow rate on thermal comfort in a stratum-ventilated room. *Building and Environment*, Indiana, v.92, n.1, p.269-277, 2015.

COSTA, A. L.; UCHOA, P. W.; SILVA, J.; CUNHA, A. C.; FEITOSA, J. R. P. Variações termohigrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium*, Ituiutaba, v.4, n.2, p. 615-632, 2013.

HAPP, M.; BATHKE, A. C.; BRUNNER, E. Optimal sample size planning for the Wilcoxon-Mann-Whitney test. *Statistics in medicine*, Estados Unidos, v.38, n.3, p.363-375, 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 de março de 2019.

IRMAK, M. A.; YILMAZ, S.; DURSUN, D. Effect of different pavements on human thermal comfort conditions. *Atmosfera*, Distrito Federal, v.30, n.4, p.355-366, 2017.

JOHANSSON, E.; YAHIA, M. W.; ARROYO, I.; BENGS, C. Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador. *International journal of biometeorology*, Alemanha, v.62, n.3, p.387-399, 2018.

JÚNIOR, J. D.; DA COSTA, A. C. L.; SANTOS, M. R. P.; VIEIRA, L. C. R.; DE OLIVEIRA, A. A. R.; DE OLIVEIRA, L. L. Influência da vegetação nos parâmetros micrometeorológicos da área urbana em uma cidade de médio porte da Amazônia. *Ciência e Natura*, Santa Maria, p.264-267, 2013.

KÁNTOR, N.; ÉGERHÁZI, L.; UNGER, J. Subjective estimation of thermal environment in recreational urban spaces—part 1: investigations in Szeged, Hungary. *International Journal of Biometeorology*, Alemanha, v.56, n.6, p.1075-1088, 2012.

LIMA, L. D. C.; LEDER, S. M.; SILVA, L. B. D.; SOUZA, E. L. D. Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate: case study in an urban park in the Atlantic Forest Biome. *Ambiente Construído*, Curitiba, v. 19, n.2, p.109-127, 2019.

MANDÚ, T. B.; GOMES, A. C. DOS S.; COUTINHO, M. D. Characterization of the thermal comfort in the Santarém – PA. *Revista Geonorte*, v.11, n.37, p.279-291, 2020.

MANU, S.; SHUKLA, Y.; RAWAL, R.; THOMAS, L. E.; DE DEAR, R. Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India Model for Adaptive Comfort (IMAC). *Building and Environment*, Indiana, v.98, n.1, p.55-70, 2016.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE SUBJETIVA DO CONFORTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA EM UM
PARQUE URBANO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Tiago Bentes Mandú, Ana Carla dos Santos Gomes, Marconio Silva dos Santos, Eduardo Almeida da Silva

MIDDEL, A.; SELOVER, N.; HAGEN, B.; CHHETRI, N. Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona. *International journal of biometeorology*, Alemanha, v.60, n.12, p.1849-1861, 2016.

MURPHY, C. N.; YATES, J. *The International Organization for Standardization (ISO): global governance through voluntary consensus*. Routledge, 2009.

NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Building and environment*, Indiana, v.41, n.11, p.1455-1470, 2006.

NG, E.; CHENG, V. Urban human thermal comfort in hot and humid Hong Kong. *Energy and Buildings*, Hong Kong, v.55, n.1, p.51-65, 2012.

PARSONS, K. *Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*. Estados Unidos: CRC press, 2014, p. 538.

PANTAVOU, K.; LYKOUDIS, S.; NIKOLOPOULOU, M.; TSIROS, I. X. Thermal sensation and climate: a comparison of UTCI and PET thresholds in different climates. *International journal of biometeorology*, Alemanha, v.62, n.9, p.1695-1708, 2018.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, Munique, v.4, n.2, p.439-473, 2007.

ROAF, S.; NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; TOUHY, P.; BOERSTRA, A. Twentieth century standards for thermal comfort: promoting high energy buildings. *Architectural Science Review*, Londres, v.53, n.1, p.65–77, 2010.

SPAGNOLO, J.; DE DEAR, R. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and environment*, Indiana, v.38, n.5, p.721-738, 2003.

TSELIU, F.; AVGEROPOULOS, A.; FALARAS, P.; PRODRMIDIS, M. I. Low dimensional Bi₂Te₃-graphene oxide hybrid film-modified electrodes for ultra-sensitive stripping voltammetric detection of Pb (II) and Cd (II). *Electrochimica Acta*, Inglaterra, v.231, n.1, p.230-237, 2017.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Estados Unidos, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.

YAHIA, M. W.; JOHANSSON, E.; THORSSON, S.; LINDBERG, F.; RASMUSSEN, M. I. Effect of urban design on microclimate and thermal comfort outdoors in warm-humid Dar es Salaam, Tanzania. *International journal of biometeorology*, Alemanha, v.62, n.3, p.373-385, 2018.

YANG, W.; WONG, N. H.; JUSUF, S. K. Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Building and Environment*, Indiana, v.59, n.2