



**Universidade Federal do Oeste do Pará  
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas  
Curso Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**SENSAÇÃO TÉRMICA HORÁRIA EM AMBIENTE ABERTO NO MUNICÍPIO DE  
SANTARÉM - PA**

**JOSEANDRA APARECIDA CAMPOS DA SILVA**

**Santarém – Pará  
2018**

**JOSEANDRA APARECIDA CAMPOS DA SILVA**

**SENSAÇÃO TÉRMICA HORÁRIA EM AMBIENTE ABERTO NO MUNICÍPIO DE  
SANTARÉM - PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará,  
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Sanitária e Ambiental.

**Área de concentração:**

Climatologia Ambiental

**Orientadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leidiane Leão de Oliveira

**Santarém – Pará**

**2018**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIGI/UFOPA**

---

S586 Silva, Joseandra Aparecida Campos da  
Sensação térmica horária em ambiente aberto no município de Santarém - PA./  
Joseandra Aparecida Campos da Silva. – Santarém, 2018.  
40 fls.: il.  
Inclui bibliografias.

Orientador: Leidiane Leão de Oliveira  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do  
Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Curso Bacharelado  
em Engenharia Sanitária e Ambiental.

1. Climatologia ambiental. 2. Conforto térmico. 3. índices bioclimáticos . I. Olivei-  
ra, Leidiane Leão de, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 551.651098115

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

**Nome do Autor: SILVA, Joseandra Aparecida Campos da**

**Título: Sensação Térmica Horária em Ambiente Aberto no Município de Santarém – PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação:

Banca examinadora:

\_\_\_\_\_ Orientadora e Presidente

Prof.a. Dra. Leidiane Leão de Oliveira

Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas/Universidade Federal do Oeste do Pará

\_\_\_\_\_ Membro Titular

Prof.a. Ma. Jessyca Ingles Nepomuceno dos Santos

Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal do Oeste do Pará

\_\_\_\_\_ Membro Titular

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida

Curso de Bacharelado em Matemática/Universidade Federal do Oeste do Pará

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, criador de todas as coisas, fonte de toda ciência e conhecimento humano, pois sem Ele nada é possível.

À Nossa Senhora Aparecida, que em momentos de fraqueza reestabeleceu a minha fé.

À minha família, em especial minha mãe Marilúcia Campos e meus irmãos Alessandra Campos e José Alexandre, pelo incentivo e apoio desde o princípio até nos momentos mais árduos da minha vida.

À minha orientadora Professora Doutora Leidiane Leão de Oliveira, por toda a dedicação, incentivo, orientação, conselho e paciência que me dedicou em todas as etapas desse trabalho.

Aos coordenadores, professores, técnicos e funcionários do Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental por toda a atenção e incentivo dedicados e que sempre se dispuseram em me ajudar.

A todos os meus colegas da turma de Engenharia Sanitária e Ambiental – 2013 e dos outros cursos da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde com suas palavras de incentivo, ânimo e alegria me motivaram a percorrer de forma mais fácil os longos anos da graduação, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a elaboração desse trabalho.

## RESUMO

SILVA, J. A. C. **Sensação Térmica Horária em Ambiente Aberto no Município de Santarém – PA**. 2018. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Climatologia Ambiental) – Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará.

A caracterização do conforto térmico em Santarém torna-se importante devido à expansão física e populacional da cidade e as variações no clima urbano e sua influência na saúde humana. O objetivo deste estudo foi avaliar de forma horária o conforto térmico, através de 4 índices, no município de Santarém – PA, como também avaliar os elementos microclimáticos e correlacioná-los com os resultados dos índices de conforto térmico. O conforto térmico foi determinado através dos cálculos do Índice de Temperatura e Umidade - ITU, Índice de Temperatura e Umidade modificado - ITUm, Índice de Temperatura Efetiva em função do vento – TEv, Índice de Calor – IC, todos os dados utilizados neste estudo pertencem a estação meteorológica de Santarém/INMET, referentes ao período setembro de 2015 a dezembro de 2017. Como principais resultados destacam-se que as maiores temperaturas e as menores umidades ocorreram no período vespertino e as menores temperaturas e maiores umidades entre as 6 e 7 h, o maior pico de radiação ocorreu entre as 13 e 14 h, conforme a velocidade do vento o horário que apresentou as maiores velocidades foi às 19 h e as menores velocidades as 10 e 12 h, o ITU registrou seu índice mais elevado (desconfortável) as 15 e 16 h e seus índices mais baixos (pouco desconfortável) as 6 e 7 h, o ITUm apresenta maiores valores entre 15 às 17 h e menores valores entre as 6 e 7 h, o TEv apresentou índices maiores entre 15 e 17 h e índices mais reduzidos as 7 h, para o Índice de Calor os maiores valores encontrados foram entre as 15 e 16 h e os menores valores as 7 h. Portanto, a compreensão acerca da sensação térmica atual em Santarém e dos horários mais críticos, servem para emitir alertas. Evidencia-se a necessidade de ilhas de frescor, tais como, a preservação dos igarapés urbanos que cortam a cidade e manutenção de praças, bosques e arborização para um equilíbrio do microclima urbano. Estas informações podem ser úteis para a gestão ambiental urbana e a sustentabilidade da cidade.

**Palavras-chave:** climatologia ambiental, conforto térmico, índices bioclimáticos.

## ABSTRACT

SILVA, J. A. C. **Thermal Sensing Hourly in Open Environment in the Municipality of Santarém - PA.** 2018. 40 f. Course Completion Work (Environmental Climatology) - Bachelor in Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of the West of Pará.

The characterization of thermal comfort in Santarém becomes important due to the physical and population expansion of the city and the variations in the urban climate and its influence on human health. The objective of this study was to evaluate the thermal comfort through four indices in the city of Santarém - PA, as well as to evaluate the microclimatic elements and correlate them with the results of thermal comfort indexes. The thermal comfort was determined by calculations of the Temperature and Humidity Index - ITU, Temperature and Humidity Index - ITUm, Effective Temperature Index as a function of wind - TE<sub>v</sub>, Heat Index - CI, all data used in this study belong to the meteorological station of Santarém / INMET, referring to the period from September 2015 to December 2017. As main results it is highlighted that the higher temperatures and the lower humidities occurred in the afternoon period and the lower temperatures and higher humidity between 6 and 7 h, the highest peak of radiation occurred between 13 and 14 h, according to the wind speed the time that presented the highest velocities was at 19 h and the lowest velocities at 10 and 12 h, the ITU registered its highest (uncomfortable) index 15 and 16 h and their lowest indices (not very uncomfortable) at 6 and 7 h, the ITUm presented higher values between 15 and 17 h and lower values between 6 and 7 h, presented higher indices between 15 and 17 h and lower indices at 7 h, for the Heat Index the highest values were between 15 and 16 h and the lowest values at 7 h. Therefore, the understanding about the current thermal sensation in Santarém and the most critical times, serve to issue alerts. There is evidence of the need for islands of freshness, such as the preservation of the urban streams that cut the city and the maintenance of squares, forests and afforestation for a balance of urban microclimate. This information can be useful for urban environmental management and the sustainability of the city.

**Key words:** environmental climatology, thermal comfort, bioclimatic indexes.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.2. JUSTIFICATIVA .....	9
1.3. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
1.3.1. <b>Clima</b> .....	9
1.3.2. <b>Conforto térmico e as variáveis ambientais e pessoais de conforto térmico</b> .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
3.1. ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE – ITU .....	13
3.2. ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE MODIFICADO – ITUM ...	14
3.3. TEMPERATURA EFETIVA EM FUNÇÃO DO VENTO – TEV .....	14
3.4. ÍNDICE DE CALOR – IC .....	16
3.5. ANÁLISE DE DADOS .....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
4.1. TEMPERATURA DO AR .....	17
4.2. UMIDADE RELATIVA DO AR .....	20
4.3. RADIAÇÃO SOLAR .....	22
4.4. VELOCIDADE DO VENTO .....	24
4.5. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL .....	26
4.6. AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO HORÁRIO .....	27
4.6.1. <b>Índice de temperatura e umidade</b> .....	27
4.6.2. <b>Índice de temperatura e umidade modificado</b> .....	29
4.6.3. <b>Índice de temperatura efetiva em função do vento</b> .....	31
4.6.4. <b>Índice de calor</b> .....	33
4.6.5. <b>Comparação entre os índice de conforto térmico</b> .....	34
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação do solo por meio de ações humanas vem ocasionando diversas e importantes modificações no meio ambiente, principalmente em seu nível térmico, gerando desconforto ambiental e resultando, de acordo com Gomes; Amorim (2003), em um ambiente desagradável para o convívio humano.

Segundo Fanger<sup>1</sup> (1970 *apud* XAVIER 2000), define-se conforto térmico como “uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Dessa forma, para que se sinta o conforto térmico é necessário que biologicamente cada indivíduo esteja em harmonia térmica, assim, o conforto térmico implica necessariamente na definição de índices em que o ser humano sinta confortabilidade em decorrência de condições térmicas agradáveis ao corpo. Desta maneira, conforme Xavier (2000).

[...] O conforto térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores ambientais e pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução, além do balanço de calor entre o corpo e o ambiente. [...]

As exigências humanas para o conforto térmico estão intimamente relacionadas ao funcionamento do seu corpo, onde, para manter o equilíbrio térmico humano, conhecido como homeotermia, o homem precisa liberar calor para manter a média da sua temperatura interna em 37 °C (FROTA; SCHIFFER, 2001), e quando essas trocas de calor ocorrem sem maior esforço com o ambiente a sensação do indivíduo é de conforto térmico.

O conforto térmico apresenta algumas variáveis climáticas principais como a temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação incidente e que guardam estreitas relações com os períodos de chuva, vegetação, topografia e outras características do ambiente que podem vir a ser modificadas pela ação do homem (FROTA; SCHIFFER, 2001). Estas variáveis tem ligação direta com o a sensação térmica do ser humano perante o ambiente em que está inserido, despertando estímulos e sensações, sendo alguns estímulos (objetivos e quantificáveis) como

---

<sup>1</sup> FANGER, P. O. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e radiação sendo os estímulos externos mais comuns de causarem perturbação ao conforto térmico, que, é uma sensação subjetiva e depende da relação da interação do ser com o meio (Duarte *et al.* 2016) tornando importante o estudo do conforto térmico. A perda de calor no organismo humano pode ser ocasionada por diversos fatores, sendo a radiação convecção e evaporação os de maior expressividade, e ocorrem através de fenômenos distintos.

Os dados do presente estudo foram obtidos na estação meteorológica que possibilitou o acesso a informações sobre o microclimática característico da região, fornecendo algumas variáveis, como radiação, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e ventos, conforme Almeida (2006), estes padrões microclimáticos são alterados devido a acentuada modificação ocasionada pela urbanização possibilitando o surgimento de microrregiões termicamente desconfortáveis denominadas ilhas de calor (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2011). Ilhas de calor são mais comumente geradas em área urbana, devido a maior absorção do calor do sol, que ocorrem principalmente pela impermeabilidade dos materiais constituintes da área urbana não favorecendo a umidade necessária para dissipar o calor do sol, e pela combinação de materiais escuros nas pavimentações e edifícios da área urbana, absorvendo e armazenando mais energia solar, e o calor produzido por atividades humanas e a poluição atmosférica também contribuem para as ilhas de calor (GARTLAND<sup>2</sup> 2008, *apud* UCHOA 2011).

Cidades de clima equatorial, como é o caso de Santarém, quando ocorre uma pequena diferença nos níveis de temperatura pode representar um aumento considerável no desconforto térmico do ambiente, segundo Costa<sup>3</sup> (1998 *apud* UCHOA, 2011), o autor destaca em suas análises maiores diferenças de temperatura do ar no período noturno (que variaram em média 4,5 °C na época seca) e nos horários diurnos apresentaram menores diferenças de temperatura para a cidade de Belém, cidade também de clima equatorial.

---

<sup>2</sup> GARTLAND, L. *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. Tradução.: Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

<sup>3</sup> COSTA, A. C. L. *Estudo de variações termo-higrométricas em cidade equatorial devido ao processo de urbanização: O caso de Belém-PA*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1998.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

Santarém é um município de médio porte e clima equatorial, localizada no Oeste do Pará, que apresenta constante crescimento no aspecto físico e populacional conforme Diniz Júnior (2012), o que representa alterações no clima urbano, sendo este crescimento o principal fator destas alterações, e com o aumento das necessidades humanas o homem altera o seu meio natural modificando também as suas sensações perante este meio se tornando muitas vezes mais desconfortáveis.

Dessa forma a caracterização do conforto térmico em Santarém torna-se importante devido a expansão da cidade e variações do microclima, especialmente pelo município possuir períodos climáticos bem distintos, como o período menos chuvoso (julho a novembro) e o período mais chuvoso (dezembro a maio) onde junho fica no intermédio entre os dois períodos, fazendo assim interessante a caracterização do conforto térmico em Santarém durante estes períodos sazonais.

## **1.3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.3.1. Clima**

O clima de uma região tem grande influência sobre as atividades humanas, assim como as atividades antrópicas contribuem para as alterações no meio ambiente (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2011) onde uma das mais acentuadas modificações provocadas pela urbanização é a alteração dos padrões climáticos. Áreas com solos impermeabilizados cada vez maiores e a construção de edificações de grande porte causam variações nas características climáticas locais, possibilitando o surgimento de microrregiões termicamente desconfortáveis denominadas ilhas de calor (MAITELLI *et al.*, 1991); onde as ilhas de calor atmosféricas resultam de alterações no uso da terra, de atividades humanas e de características do relevo em escala local e são entendidas como bolsões de ar quente que se formam sobre a superfície urbana (TEIXEIRA; AMORIM, 2017).

### 1.3.2. Conforto térmico e as variáveis ambientais e pessoais de conforto térmico

O meio físico é constituído por diversos elementos que se encontram inter-relacionados e agem diretamente sobre o corpo humano (PÉTALAS, 2015). Das variáveis ambientais relacionadas ao bem estar humano as principais são a temperatura do ar, umidade relativa do ar e a radiação solar, influenciando também o nível de atividade exercida e o vestuário do indivíduo. Conforme Cavalcante (2007), onde nosso organismo passa a experimentar diversas sensações, especialmente de conforto térmico. Essas sensações e/ou estímulos são caracterizados como objetivos ou subjetivos, sendo os objetivos representados por estímulos e os subjetivos por sensações (DUARTE; MONTEIRO, 2016), esses influenciando diretamente na (des)confortabilidade térmica (Figura 1).

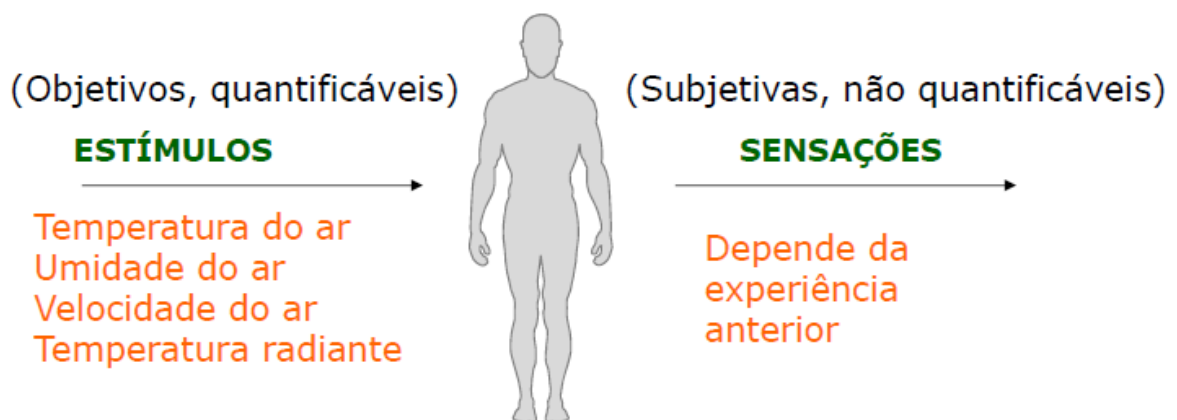


Figura 1. Estímulos e Sensações

Fonte: Duarte; Monteiro, 2016.

O calor perdido pelo ser humano depende das condições térmicas do meio, onde geralmente a temperatura do corpo é diferente da temperatura do meio, a dissipação de calor do corpo se dá principalmente pela pele e pela respiração (ANDRADE, 2003) (Figura 2).

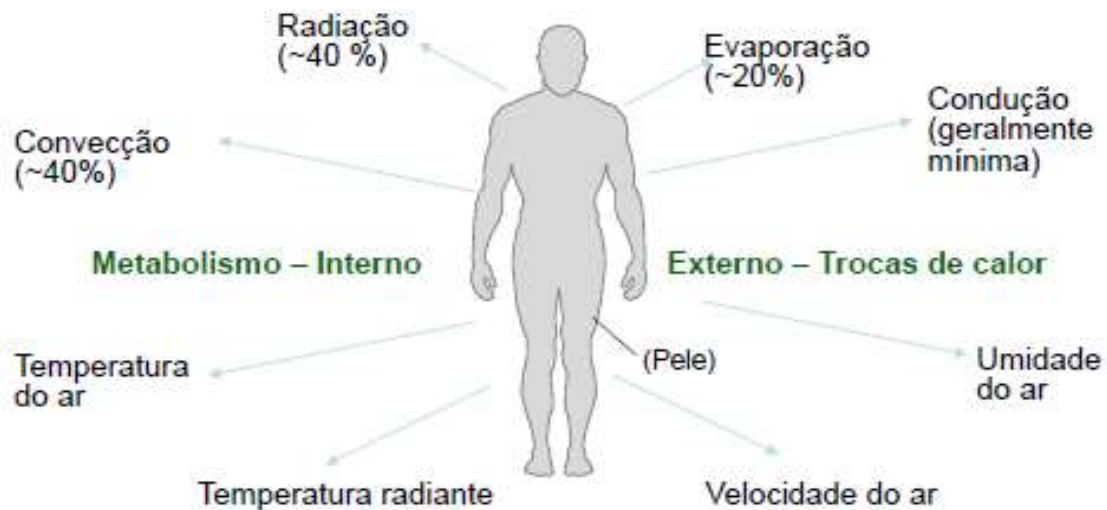


Figura 2. Perdas de calor pelo corpo humano.

Fonte: Duarte; Monteiro, 2016.

O conforto térmico, no entanto, está diretamente relacionado ao equilíbrio térmico do corpo humano, equilíbrio este influenciado pelas variáveis ambientais e pessoais supracitadas, sendo impossível se projetar um ambiente em que todos os indivíduos sintam-se termicamente confortáveis, pois, sempre haverá os que estarão insatisfeitos (DINIZ JÚNIOR, 2012). A partir disto, Gomes; Amorim (2003) conceituam que o conforto térmico é basicamente a definição de índices em que o ser humano se sinta confortável em decorrência de condições térmicas aprazíveis ao corpo, e segundo a ISO 7330 (2005), conforto térmico é a condição que o ser humano expressa conforto com o ambiente térmico, e se todas as trocas de calor que o corpo humano é submetido for nulo e a temperatura da pele estiver dentro de certos limites, diz-se que o conforto térmico está estabelecido (PEZZUTO, 2007).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar o conforto térmico horário para o período de 2015 a 2017 no município de Santarém – Pará.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Caracterização horária e mensal dos elementos meteorológicos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e precipitação no período de setembro de 2015 a dezembro de 2017;
- Calcular o conforto térmico horário através do Índice de Temperatura e Umidade - ITU, Índice de Temperatura e Umidade modificado - ITUm, Índice de Temperatura Efetiva em função do vento – TEv, Índice de Calor – IC;
- Comparar os índices de conforto térmico.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido no município de Santarém, no Oeste do estado do Pará, localizado no Norte do Brasil, com latitude 02° 26' 35" S e longitude 54° 42' 30" W, altitude de 51 metros e uma área de 24422,5 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

Os dados foram obtidos através da estação meteorológica automática de Santarém – A250 localizada a -2.502572° de latitude e -54.720279° de longitude e a 137 metros de altitude. A estação meteorológica está situada no 8º Batalhão de Engenharia e Construção de Santarém e é administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e os dados são disponibilizados no sítio eletrônico: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas..>

Para o desenvolvimento deste estudo foram necessários os dados de temperatura do ar instantânea (°C), mínima (°C) e máxima (°C), umidade relativa do ar instantânea (%), mínima (%) e máxima (%), radiação solar (kJ/m<sup>2</sup>), velocidade do vento (m/s) e precipitação pluvial (mm) durante o período de setembro de 2015 a dezembro de 2017. O conforto térmico foi determinado através dos cálculos do Índice

de Temperatura e Umidade -ITU, Índice de Temperatura e Umidade modificado - ITUm, Índice de Temperatura Efetiva em função do vento – TEv, Índice de Calor – IC, todos foram avaliados de forma horária.

### 3.1. Índice de Temperatura e Umidade – ITU

Este índice foi desenvolvido por Thom 1959 e é o mais utilizado nas regiões equatoriais e são necessários apenas os dados de temperatura e umidade relativa do ar instantâneas aplicados na equação abaixo:

$$ITU = [T_{ar} - 0,55 * (1 - 0,01 * UR) * (T_{ar} - 14,5)] \quad (1)$$

Onde: ITU = Índice de Temperatura e Umidade (°C);  $T_{ar}$  = Temperatura do ar instantânea (°C); UR= Umidade relativa do ar instantânea (%).

Depois de calculado o valor do Índice de Temperatura e Umidade - ITU é verificado a que faixa de conforto que se enquadra, admite como zona de conforto os valores definidos por Thom (1959) e adaptado por Diniz Júnior (2012) para Santarém – PA (Tabela 1):

**Tabela 1.** Sensação de conforto térmico do corpo relacionado com o Índice de Temperatura e Umidade, adaptado por Diniz Júnior (2012)

FAIXA - ITU (°C)	DESCONFORTO
29	Estresse
27 - 29	Muito desconfortável
24 - 27	Desconfortável
21 - 24	Confortável

A faixa de conforto definida por Thom (1959) e adaptada por Diniz Júnior (2012) considera como pouco desconfortável o intervalo entre 21 a 24°C. Valores acima de 29 °C correspondem a sensações estresse térmico e entre 27 a 29 °C muito desconfortável e desconfortável valores entre 24 a 27 °C. Em cada faixa de Temperatura Efetiva é possível observar as consequências sobre a população estudada

### 3.2. Índice de Temperatura e Umidade – ITU (modificado)

Este índice foi utilizado por Nóbrega; Lemos (2011) para a cidade de Recife – PE que evidencia a sua aplicabilidade em regiões tropicais e que o mesmo apresenta praticidade em sua aplicação, e além disso, é um dos índices utilizados para ambientes abertos que permitem quantificar o “stress” no ambiente urbano. É descrito como:

$$ITU\ m = [0,8 * T\ ar + \left(\frac{UR * T\ ar}{500}\right)] \quad (2)$$

Onde, ITUm é o índice de temperatura e umidade modificado (°C), Tar é a temperatura do ar (°C) e UR é umidade relativa do ar (%). Os critérios de classificação para este índice podem ser observados abaixo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Faixa de conforto térmico baseado no ITUm.

ITU (°C)	NÍVEL DE CONFORTO
> 26 °C	Extremamente Desconfortável
24 – 26 °C	Levemente Desconfortável
21 – 24 °C	Confortável

### 3.3. Temperatura Efetiva em Função do Vento

Este índice foi derivado do Índice de Temperatura Efetiva e leva em consideração a variável velocidade do vento. Foi desenvolvido pelo laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (MASTER – IAG/USP), usada para prever as condições de conforto térmico no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil Souza; Nery (2012). Neste estudo, escolhemos utilizar este índice para testar localmente, pois entendemos que a velocidade do vento influencia no conforto térmico local, por exemplo, o efeito dos ventos locais, tais como, a brisa fluvial do rio Tapajós e Amazonas. A equação para o cálculo do conforto térmico através do Índice de Temperatura e Umidade em função do vento – TEv é descrita abaixo:

$$TEv = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,001 * UR + \frac{1}{1,7 + 1,4 * V * 0,75}} - 0,29 * T * \left(1 - \frac{UR}{100}\right) \quad (3)$$

Onde TEv é Temperatura Efetiva em função do vento (° C), T é a temperatura do ar (°C), UR é a umidade relativa (%) e V é a velocidade do vento (m/s), de acordo com o laboratório MASTER (IAG/USP) *apud* Souza e Nery (2012).

**Tabela 3.** Classificação da Temperatura Efetiva, segundo o laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (MASTER – IAG/USP) *apud* Souza; Nery (2012).

TEv (°C)	Sensação Térmica	Grau de estresse fisiológico
< 05	Muito Frio Extremo estresse ao frio	Muito Frio Extremo estresse ao frio
05 - 10	Frio Extremo estresse ao frio	Frio Extremo estresse ao frio
10 - 13	Moderadamente Frio Tiritar	Moderadamente Frio Tiritar
13 - 16	Ligeiramente Frio Resfriamento do corpo	Ligeiramente Frio Resfriamento do corpo
16 - 19	Pouco Frio Ligeiro resfriamento do corpo	Pouco Frio Ligeiro resfriamento do corpo
19 - 22	Ligeiramente Vasoconstrição	Fresco Ligeiramente Vasoconstrição
22 - 25	Confortável Neutralidade térmica	Confortável Neutralidade térmica
25 - 28	Ligeiramente Quente Ligeiro suor; vasodilatação	Ligeiramente Quente Ligeiro suor; vasodilatação
28 - 31	Quente Moderado Suando	Quente Moderado Suando
31 - 34	Quente Suor em profusão	Quente Suor em profusão
>34	Muito Quente Falha na termorregulação	Muito Quente Falha na termorregulação

Segundo Souza; Nery (2012) o laboratório MASTER considera como termicamente confortável o intervalo entre 22 a 25°C. Valores abaixo de 22 °C correspondem a sensações que variam de ligeiramente fresco a muito frio e acima de 25 °C variam de ligeiramente quente a muito quente. Em cada faixa de Temperatura Efetiva é possível observar as consequências sobre a população estudada.

### 3.4. Índice de Calor (*Heat Index*)

Este índice é utilizado pelo Serviço Nacional de Meteorologia dos EUA (NOAA, na sigla em inglês) disponibiliza em seu site ([http://www.weather.gov/epz/wxcalc\\_heatindex](http://www.weather.gov/epz/wxcalc_heatindex)) uma calculadora, em que basta colocar a temperatura e a umidade do ar para saber a sensação térmica. O índice de calor é utilizado na previsão do tempo e alertas de risco de ondas de calor pelo serviço de tempo americano (US National Weather Service – NWS). Optou-se pelo índice de calor, pois de maneira geral, a cidade de Santarém – PA, os valores de temperatura e umidade relativa do ar são altos durante o ano inteiro, assim, as altas temperaturas favorecem a transpiração e os altos valores de umidade dificultam a perda de calor através da evaporação. O cálculo do índice de calor é realizado para temperaturas superiores a 20 °C, à sombra e com ventos fracos é dada pela equação (Equação 4). Em seguida, pode ser observado os níveis de alerta e as consequências para o ser humano (Tabela 4).

$$\begin{aligned}
 IC = & -42,379 + (2,04901523 * T) + (10,14333127 * UR) \\
 & - (0,22475541 * T * UR) - (0,00683783 * T^2) - 0,05481717 * UR^2 \\
 & + (0,00122874 * T^2 * UR) + (0,00085282 * T * UR^2) - (0,00000199 \\
 & * T^2 * UR^2)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Onde, ST é a sensação térmica (°F); T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (°C). Em seguida, converte-se o resultado da ST para (°C), utiliza-se a equação abaixo:

$$TC = \frac{5}{9} * (Tf - 32)$$

Onde, Tc é a temperatura (°C) e Tf é a temperatura (°F).

**Tabela 4.** Níveis de alerta do índice de calor e suas consequências à saúde humana

Nível de Alerta	Índice de Calor (°C)	Síndrome de Calor (sintomas)
Perigo extremo	> 54	Insolação ou ação e risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) iminente
Perigo	41,1 – 54	Cãimbras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de dano

Fonte: National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA. Adaptado por Nóbrega; Lemos (2011).

Cautela extrema	32,1 – 41	cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas. Possibilidade de câimbras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física.
Cautela	27,1 – 32	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física. Não há alerta Menor que 27° C Não há problemas

### 3.5. Análise de dados

Foram feitas as análises de consistência dos dados, em seguida, foram obtidas as médias horárias e mensais das temperaturas do ar, umidade relativa do ar e radiação solar, velocidade do vento e precipitação pluvial para estes cálculos utilizou-se o método de estatística descritiva, além, de gráficos para efeitos de melhor visualização dos dados e comparação entre os mesmos. Os resultados encontrados para as variáveis temperatura do ar instantânea, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e precipitação pluvial foram avaliados de forma horária e mensal. Os índices de conforto térmico foram avaliados de forma horária.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Temperatura do ar

O estudo da variabilidade horária da temperatura do ar efetuou-se durante o período de setembro de 2015 a dezembro de 2017. Durante o ano de 2015 os menores valores de temperatura registrados foram de 25,4 °C as 6 h elevando-se até chegar a temperatura máxima de 32,2°C as 15h. Durante o ano de 2016 os menores valores de temperatura registrados foram de 24,4 °C as 7 h, onde há os crescimento dessa temperatura até alcançar seu valor máximo de 30,1 °C as 17 h. Durante o ano de 2017 os menores valores de temperatura registrados foram de 24° C durante as 6 e 7 h, já os maiores valores registrados para o mesmo ano foram de 29,8 °C as 15. Nota-se que durante os três anos as temperaturas observadas seguem uma mesma tendência de valores e horários, onde seus menores valores registram-se em média entre as 6 e 7 h e a partir desse horário percebe-se o aumento de temperatura,

atingindo seus picos máximos entre 15 e 17 h e decaindo as temperaturas durante o final da tarde. A partir das 17 h as temperaturas tendem a diminuir durante todo o período noturno até as primeiras horas do dia do dia seguinte, na qual, faz-se uma nova trajetória onde entre 6 e 7 h do outro dia são registrados novamente os menores valores (Figura 3).

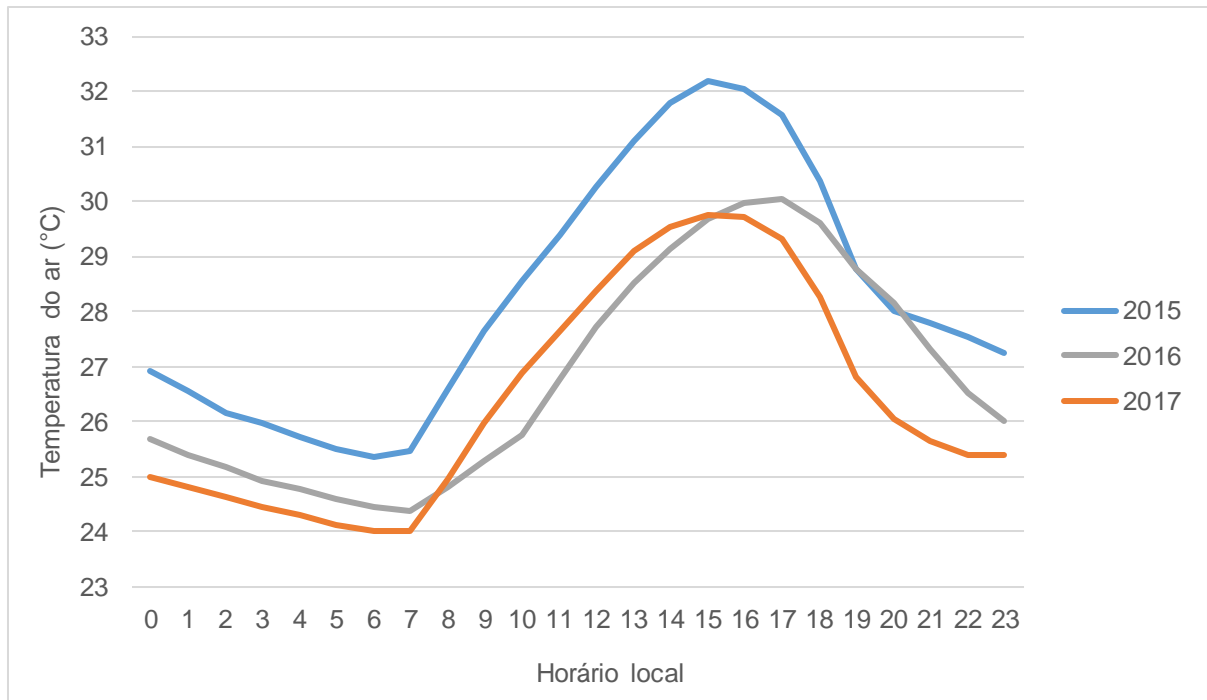


Figura 3. Temperatura do ar média horária durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

Segundo Diniz Júnior (2012), no período de seu estudo no ano de 2009, os menores valores encontrados para temperatura do ar na cidade de Santarém ocorreram em torno das 7 h apresentando o aumento das médias a partir deste ponto, e seus picos máximos de temperatura ocorrem em torno das 15 h, corroboram aos resultados encontrados neste estudo, onde entre as 6 e 7 h foram constatados os menores valores de temperatura, em torno dos 24,5 °C, e as maiores temperaturas entre 15 e 17 h com a média de 30,7 °C, o que se repete de acordo com Souza et al. (2011) para o período de 2009 em Santarém, onde o menor registro de temperatura ocorreu às 7 h, aumentando gradativamente até registrar seu maior valor de temperatura entre 15 e 17 h, da mesma forma que demonstra o presente trabalho. Em contrapartida para a cidade de Belém, Barbosa et al. (2015) em estudo realizado de 2009 a 2013, verificou que a menor temperatura foi registrada igualmente às 7 h, porém, seu pico máximo de temperatura ocorreu às 14 h, um pouco antes do pico

máximo da temperatura registrado neste estudo em Santarém, fato similar com o da cidade de Bragança – PA, conforme Costa et al. (2016) verificou que as temperaturas mínimas foram registradas entre 6 e 7 h e suas temperaturas máximas entre 13 e 14 h, estabelecendo dessa forma, um gráfico típico de temperatura diária do ar, onde de acordo com Pereira et al. (2002) a temperatura mínima do ar é atingida entre 6 e 7 h da manhã e os valores máximos de temperatura são alcançados entre 14 e 16 h.

A variabilidade mensal da temperatura instantânea do ar para o período de setembro de 2015 a dezembro de 2017, onde ocorreram os menores valores no mês de junho (26 °C) e os maiores valores registraram-se no mês de novembro durante os três anos estabelecendo-se uma média de temperatura de 28,2°C. Conforme a temperatura instantânea do ar foram registrados os menores valores para o ano de 2015 durante o mês de setembro (27,7 °C), a partir disso há uma elevação da temperatura onde o mês de novembro apresenta os maiores valores (28,6 °C). Os menores valores registrados de temperatura instantânea do ar para o anos de 2016 ocorreram no mês de maio (25,6 °C), elevando-se conforme o decorrer dos meses até o mês de novembro com as temperaturas de (27,7 °C). A variação mensal da temperatura instantânea do ar para o ano de 2017 registrou o seu menor valor no mês de fevereiro, também com a temperatura de (25,4 °C) e a maior temperatura foi de 28,5 °C durante o mês de novembro (Figura 4).

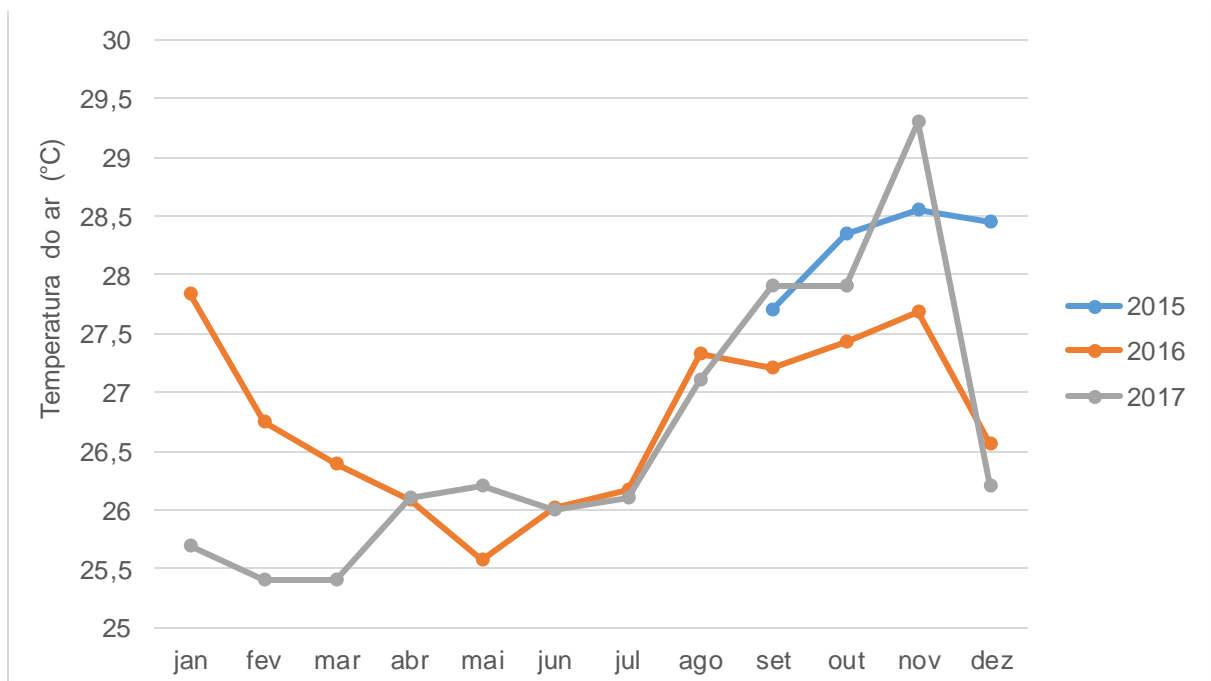


Figura 4. Temperatura do ar média mensal durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

Segundo Barbosa et al. (2015) os dados mensais de temperatura apresentados para o período março de 2009 a dezembro de 2013 na cidade de Belém apontam temperaturas médias entre 26 e 27 °C até junho, aumentando no decorrer do período seco (julho a novembro) atingindo em média os 28 °C em novembro, validando assim tendências similares as apresentadas neste estudo para a cidade de Santarém, onde os valores mínimos médios de temperatura apresentados foram em média de 25,5 °C durante os meses de fevereiro a maio (anos de 2016 e 2017) onde há o aumento da temperatura, atingindo seu pico máximo em novembro durante os três anos (2015, 2016 e 2015) com valores médios de 28,5 °C. Já para Manaus os valores médios de temperatura apresentam uma pequena diferença para o período seco (julho a novembro) variando em torno de 27,5 °C a 28,5 °C o que caracteriza temperatura um pouco mais elevadas comparadas a Santarém, isso se deve por conta da menor quantidade de precipitação que ocorreu entre julho e novembro na cidade de Manaus, e para o período menos seco (caracterizado de dezembro a junho) as temperaturas registram-se na média de 27 a 28 °C, também levemente mais elevadas que no município de Santarém, devido a quantidade de precipitação em Manaus também ser inferior ao mesmo período em Belém.

#### **4.2. Umidade relativa do ar**

A variabilidade horária da umidade relativa do ar para o período de setembro de 2015 a dezembro de 2017, onde os menores valores de umidade relativa ocorreram entre 15 e 17 h (média de 60%) e os maiores valores entre 6 e 7 h (média de 87,8%). Conforme a umidade relativa do ar foi observado para o ano de 2015 o menor valor de umidade as 15 h com uma média de 49,6%, a partir disso, a umidade eleva-se atingindo seu pico as 6 h com uma média de 83%, tendendo a diminuir durante o restante da manhã e pela tarde e aumentando a partir das 18 h. Os menores valores registrados de umidade relativa do ar para o ano de 2016 ocorreu às 17 h com umidade média de 64,7%, elevando durante a noite e nas primeiras horas da manhã até atingir a máxima de 89,4% as 7 h. A variação horária de umidade relativa do ar para o ano de 2017 registrou o seu menor valor às 15 h equivalente a 65,8% e a maior umidade foi de 91,1% as 6 h. Observa-se que em relação aos três anos de umidade correlacionados, admite-se uma mesma tendência de regressão de umidade a partir

de 7h, atingindo seus picos mínimos de umidade entre 15 e 17 h e aumentando a partir das 18 h e durante toda a noite até o início da manhã, onde, entre 5 e 7 h são registrados seus maiores valores de umidade (Figura 5).

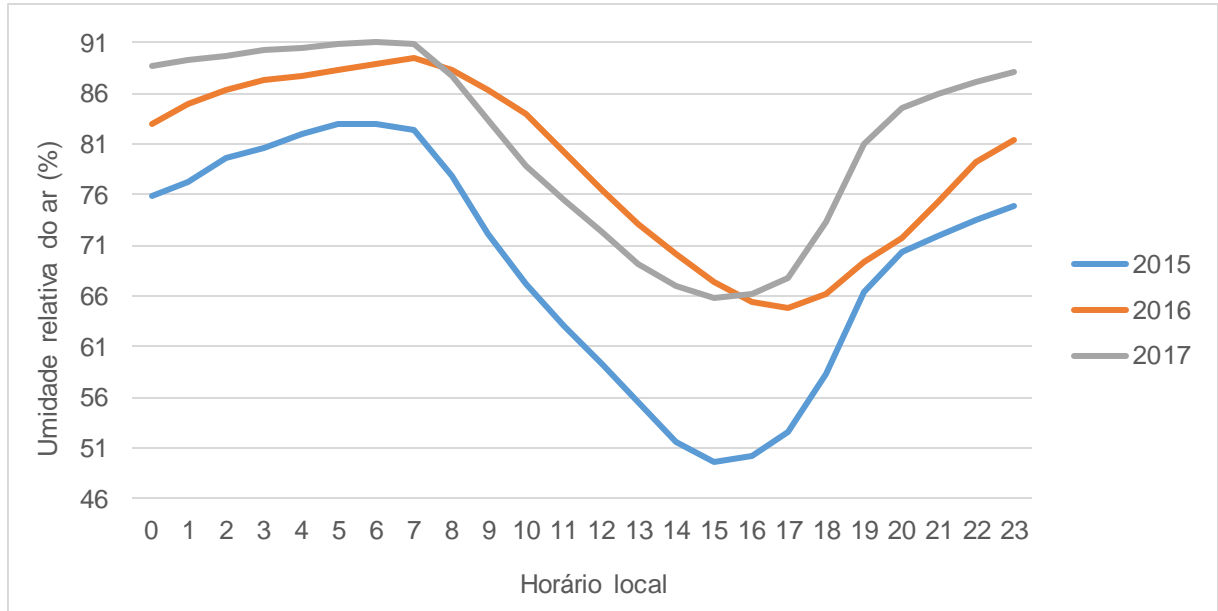


Figura 5. Umidade relativa do ar média durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

A umidade relativa do ar média representada por Diniz Júnior (2012) para a cidade de Santarém apresenta índices elevados durante as primeiras horas da manhã onde em torno das 7 h apresenta seus maiores valores de umidade apresentando valores superiores a 80%, a partir disto há regressão nos valores até em torno dos horários de 15 a 17 h onde seus menores valores de umidade são registrados em torno dos 60%, retornando a aumentar durante o período noturno, roborando dessa forma este estudo onde o maior valor de umidade no ano de 2015 foi de 83% registrado às 6 h apresentando queda dos valores a partir disto e registrando seu valor mínimo de umidade de 49,6% às 15 h em 2016 o maior valor referente a umidade foi de 89,4% registrado às 7 h e o menor valor de umidade registrado para o mesmo ano foi de 64,7% às 17 h, em 2017 atingiu-se o pico de umidade relativa às 6 h com o valor de 91,1% e o menor valor atingiu-se às 15h com o valor de 65,8%. Conforme Barbosa (2015) na cidade de Belém a umidade relativa do ar também apresentaram seus maiores valores registrados em torno das 7 h apresentando diminuição da umidade nos horários seguintes e registrando em torno de 14 h seus menores valores de

umidade, na cidade Manaus registra-se a mesma tendência de valores e horários (Figura 6).

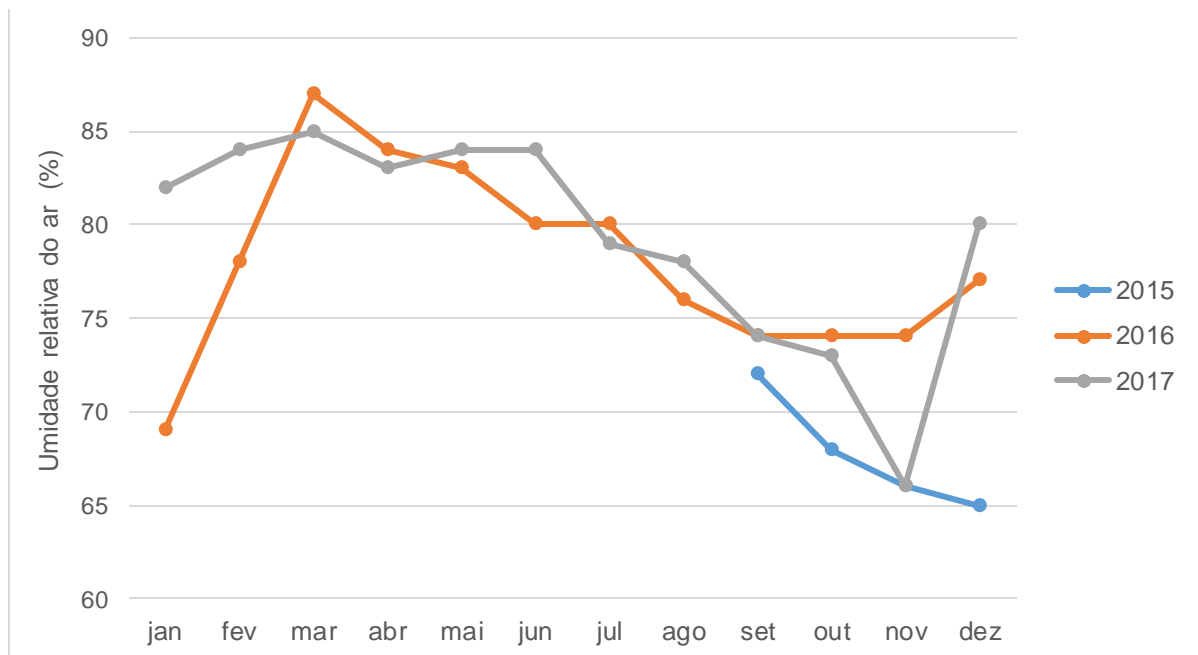


Figura 6. Umidade relativa do ar média mensal durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

Em estudo apresentado por Barbosa *et al.* (2015) a umidade relativa do ar para a cidade de Belém constata que a partir do mês de junho os índices de umidade relativa mensal começam a apresentar queda nos valores, registrando valores próximos aos 82% e continuam caindo até o mês de novembro registrando valores em torno dos 69%, a partir de dezembro os valores de umidade mensal começam a elevar-se atingindo seus picos em média no mês de março, dados estes que corroboram com os dados apresentados no atual estudo.

### 4.3. Radiação solar

A variabilidade horária da radiação solar para o período de 2015 a 2017, onde ocorreram os menores valores entre as 20 h às 6 h dos dias seguintes e os maiores as entre 13 às 15 h. Nota-se que a radiação solar tende a aumentar a partir das 6 h nos três anos, em 2015 os maiores valores ocorreram às 13 h com a média de 3126,2 kJ/m<sup>2</sup>, no ano de 2016 o seu máximo deu-se às 13 h com a radiação de 2390,4 kJ/m<sup>2</sup>, e durante o ano de 2017 os valores máximos de 2622,8 kJ/m<sup>2</sup> as 14 h (Figura 7).

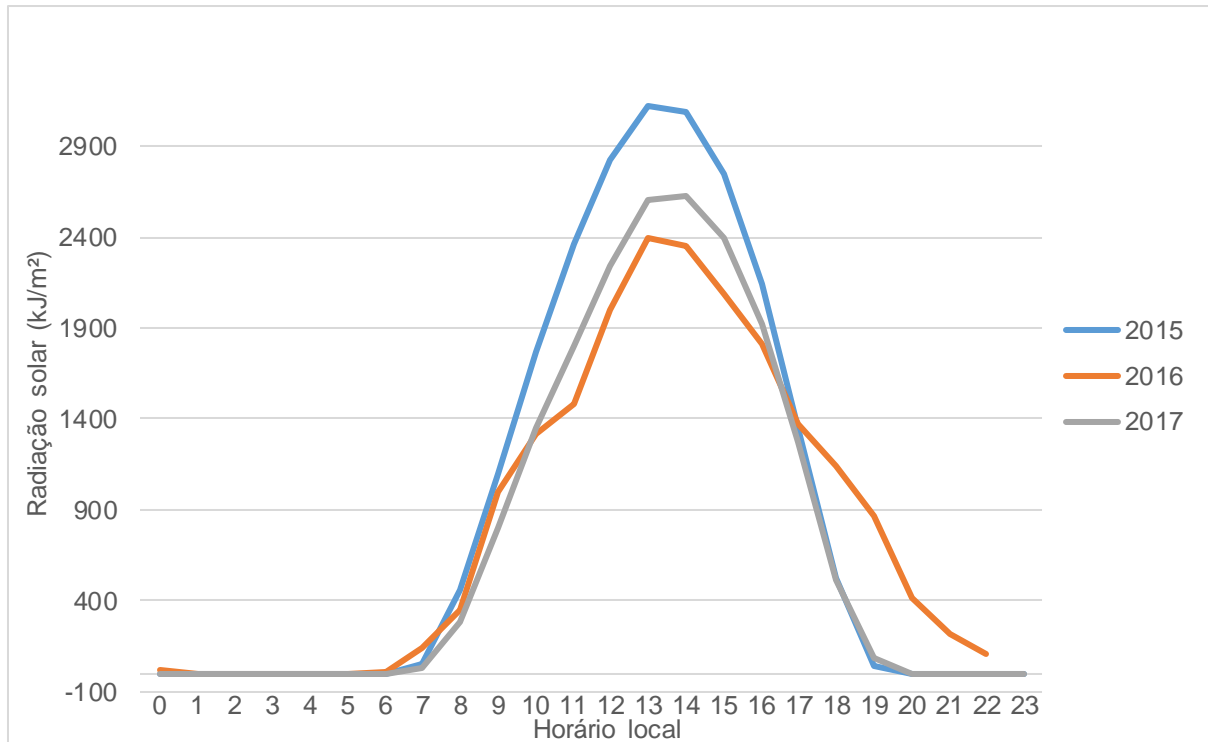


Figura 7. Radiação solar média horária durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

Segundo Souza *et al.* (2011) a radiação solar horária na cidade de Santarém para o ano de 2009 apresentou predominância de resultados próximos a 0 de radiação durante as primeiras horas do dia, isso se dá devido a ausência de radiação solar no período noturno, a partir das 6 h é possível notar um aumento nesses valores de radiação atingindo seus valores máximos aproximadamente entre 13 e 15 h, retornando a diminuir seus valores a partir disso e a partir das 19 h passa a apresentar valores tendendo ao 0 novamente, respaldando este estudo onde a partir das 6 h a radiação passa a ter seus primeiros valores positivos sendo eles uma média de aproximadamente 26 kJ/m<sup>2</sup>, porém, a partir das 7 h registrou-se o aumento nos valores onde entre as 13 h e as 14 h há o registro médio horário de maior radiação sendo ela de aproximadamente 2715 kJ/m<sup>2</sup>, após esse pontos a radiação tende a diminuir.

A variabilidade mensal de radiação solar para o período de 2015 a 2017, onde ocorreram os menores valores durante os 3 anos no mês de dezembro, em média 1012 kJ/m<sup>2</sup> e os maiores valores durante os meses de setembro a novembro com média aproximada de 1776 kJ/m<sup>2</sup>. Nota-se que a radiação solar apresenta elevação a partir de junho onde em 2015 atingiu seu pico máximo com uma média de 1763 kJ/m<sup>2</sup> e seu valor mínimo (1528 kJ/m<sup>2</sup>) no mês de dezembro, no ano de 2016 o valor máximo de radiação obtido (1690 kJ/m<sup>2</sup>) se deu durante o mês de novembro e o valor mínimo

registrado se deu no mês de dezembro com a radiação de 851 kJ/m<sup>2</sup>, e durante o ano de 2017 o maior valor de radiação registrado foi de 1876 kJ/m<sup>2</sup> no mês de novembro e o menor valor registrado para o mesmo ano foi de 657 kJ/m<sup>2</sup> em dezembro (Figura 8).

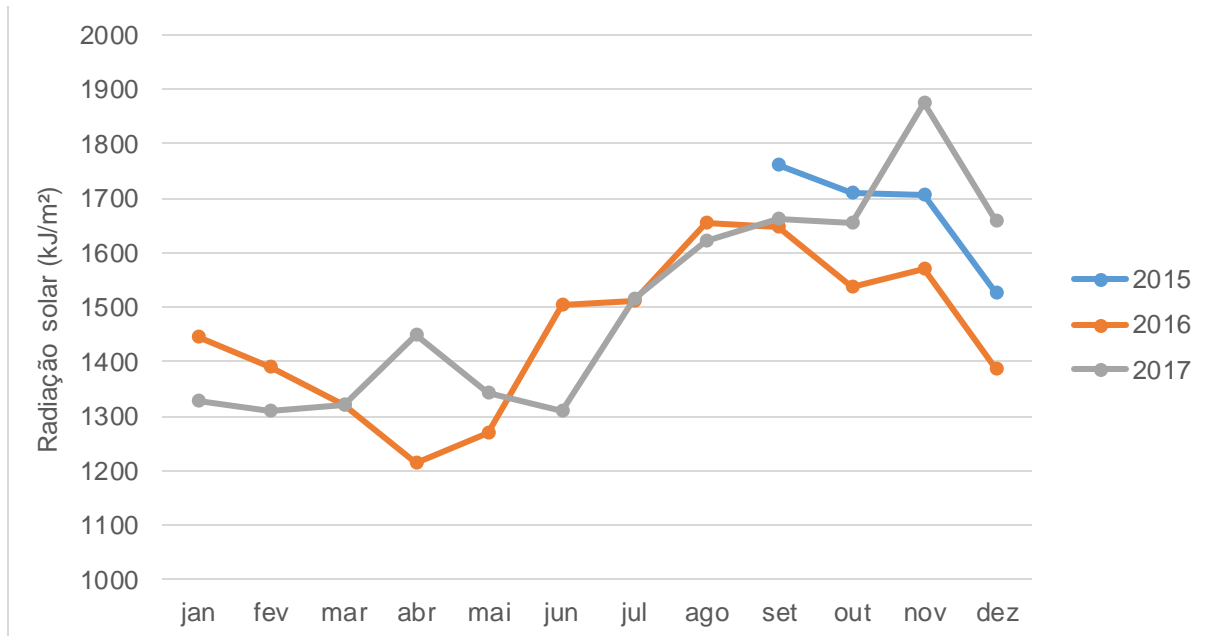


Figura 8. Radiação solar média mensal durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém-PA.

De acordo com Barbosa et al. (2015) entre julho e novembro são registrados os maiores índices de radiação solar para a cidade de Belém, onde os meses de agosto, setembro e outubro apresentam índices de radiação solar bastante elevados sendo os maiores registrados no ano, da mesma forma que ocorre para os dados de Santarém onde entre setembro a novembro apresentam os maiores valores de radiação, onde a partir de dezembro esses valores de radiação passam a decair atingindo seus valores mínimos entre fevereiro e maio.

#### 4.4. Velocidade do vento

A variabilidade horária da velocidade do vento para o período de 2015 a 2017 registrou os menores valores em médias as 19 h até as 2 h do dia posterior (0,76 m/s) e os maiores valores em média entre as 11 e 13 h (2,46 m/s). A velocidade do vento no ano de 2015 apresenta valores baixos nas primeiras horas do dia, onde seu menor valor (0,9 m/s) é registrado das 0 às 2 h, a partir deste horário os valores de velocidade

do vento progridem continuamente onde apresenta seu maior registro (2,8 m/s) entre as 11 e 12 h então, para o ano de 2016 os valores de velocidade do vento apresentam seus menores registros entre as 21 e 22 h com valores de 0,7 e seus maiores registros às 12 h com valores de 2,4 m/s, e durante o ano de 2017 as mínimas velocidades registradas foram de 0,7 das 19 h até as 02 h do dia seguinte e as maiores velocidade registradas foram entre as 12 e 13 h com valores de 2,2 m/s (Figura 9).

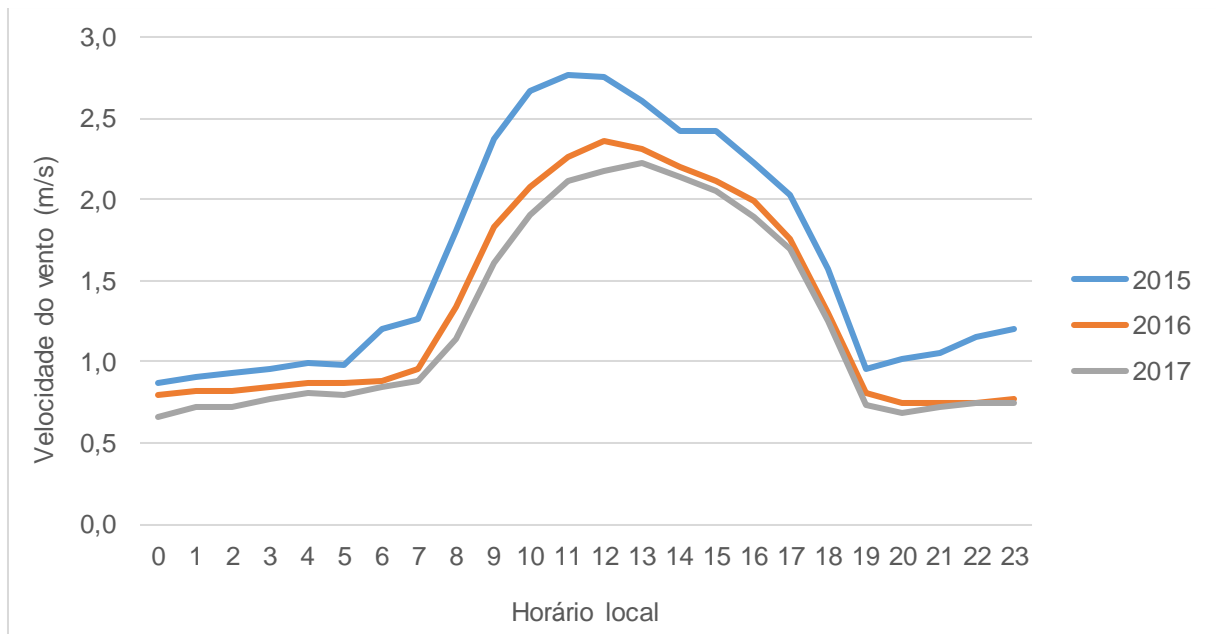


Figura 9. Velocidade do vento média horária durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

A variabilidade mensal da velocidade do vento para o período de 2015 a 2017 demonstra dados onde junho a setembro são registrados como os meses com menores valores para velocidade do vento, em média (1 m/s) e dezembro e janeiro como os meses com maiores registros de velocidade, em média (1,93 m/s), onde a partir de janeiro a média mensal de velocidade do vento diminui e retorna a aumentar a partir de julho.

No ano de 2015 os menores registros mensais de velocidade do vento foi no mês de setembro com valores de 1,5 m/s e os maiores valores registrados foram de 2 m/s no mês de dezembro para o ano de 2016 os menores valores mensais registrados foram de 1,1 m/s durante os meses de junho e julho e os maiores valores registrados foram de 1,8 m/s no mês de janeiro, e durante o ano de 2017 os menores valores mensais de velocidade do vento registrados foram de 1 m/s nos meses de

junho e julho e os maiores valores de velocidade do vento registrados se deram no mês de dezembro com a velocidade de 2 m/s (Figura 10).

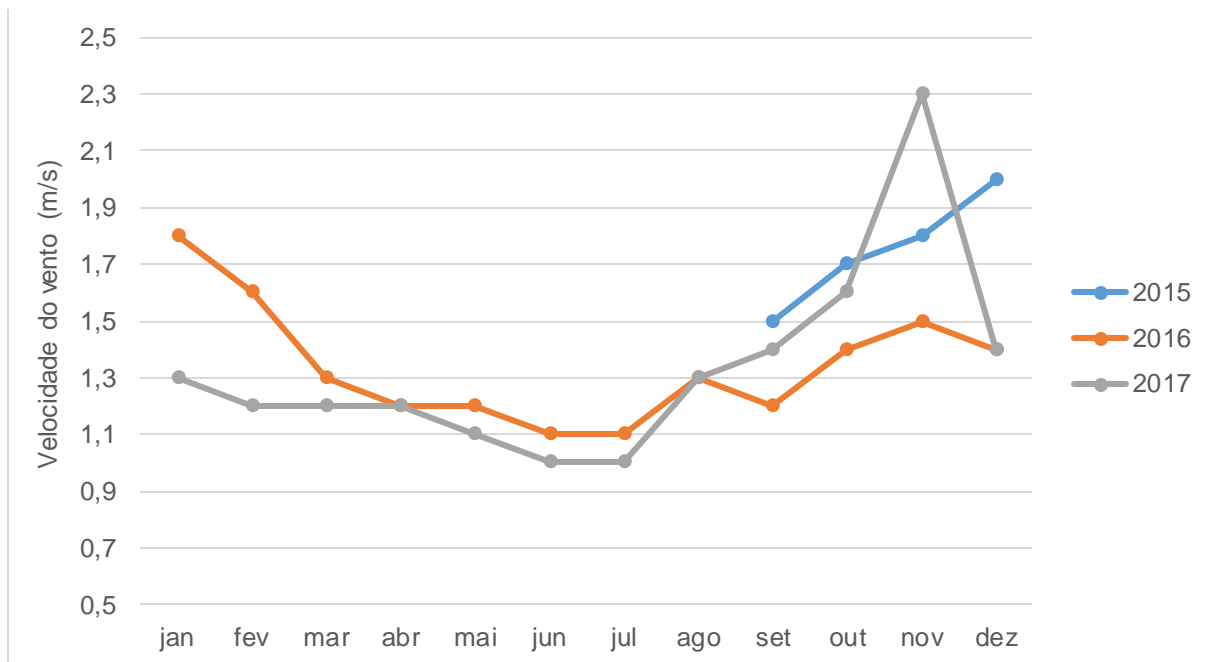


Figura 10. Velocidade do vento média mensal durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

Conforme Frota; Schiffer (2001) esta variação horária da velocidade do vento se deve a brisa terra-rio que ocorrem devido a diferença de calor específico entre ambos. Durante o dia, a terra aquece-se mais rapidamente que a água, e o ar, ao mover-se de uma região mais fria para uma mais quente tende a circular uma brisa do rio para a terra, gerando assim velocidades maiores de vento pelo dia; já à noite, ocorre o inverso, visto que, a água demora mais a esfriar do que a terra, que no momento se encontrará mais quente e tende a gerar uma circulação de brisa terra-rio, o que acarreta na diminuição da velocidade do vento.

#### 4.5. Precipitação pluvial

A variabilidade mensal da precipitação pluvial para o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém - PA registrou os menores valores no mês de novembro, e o registro de 0 mm no mês de novembro dos anos de 2015 e 2017 e apenas 19 mm de precipitação no mesmo mês para o ano de 2016, e maiores valores de precipitação entre os meses de março e abril registrando valores de 541 mm no mês de março para o ano de 2017 e 497 mm no mês de abril para o ano de 2016. Os meses de

março e abril são os meses que apresentaram maior precipitação, são os de maior precipitação dentro do inverno amazônico, onde os valores de precipitação pluvial caem gradativamente atingindo valores abaixo de 100 mm/mês entre os meses de julho a novembro caracterizados como o período seco na região (Figura 11).

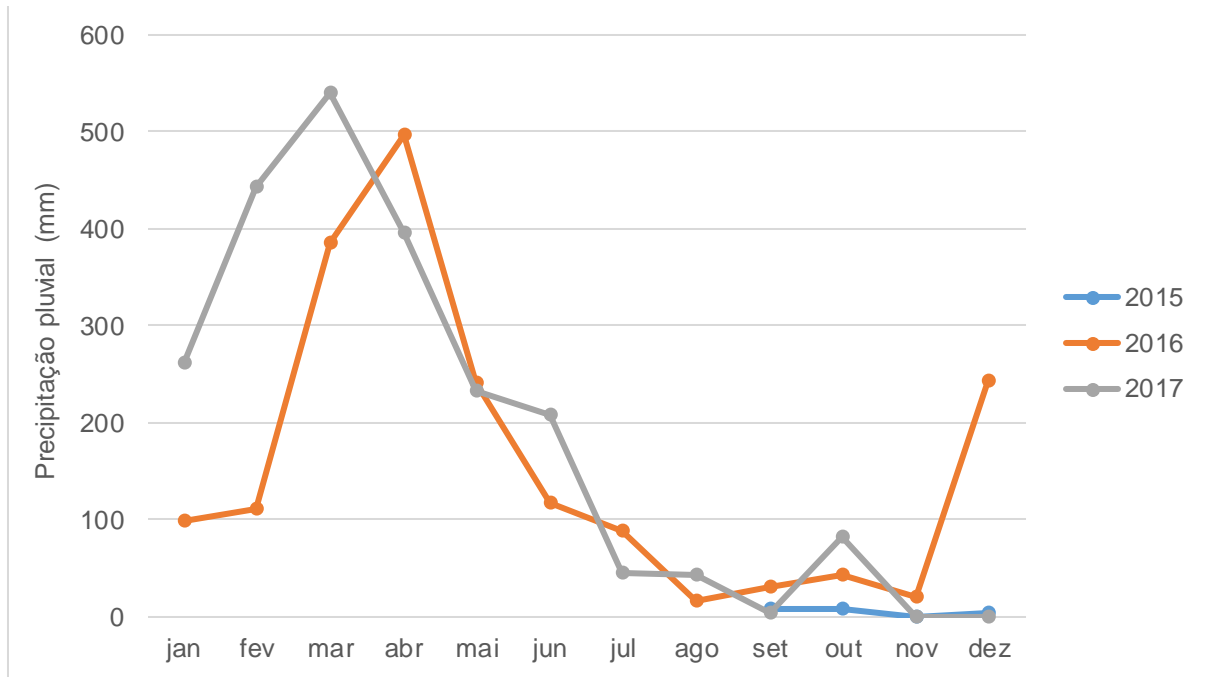


Figura 11. Precipitação pluvial média mensal durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA.

Comparando com os resultados de Barbosa *et al.* (2015) no qual a precipitação pluvial mensal das cidades de Belém e Manaus, em que a cidade de Belém apresenta valores decrescentes para precipitação a partir do mês de julho, no qual retornam a aumentar no mês de dezembro até os meses seguintes do ano posterior, apresentando maiores valores entre fevereiro e abril o que ocorre da mesma forma para a cidade de Manaus, onde Manaus apresenta registros de valores ainda menores durante o mesmo período.

#### 4.6. Avaliação do conforto térmico horário

##### 4.6.1. Índice de Temperatura e Umidade (Thom, 1959)

A variabilidade horária do índice de Temperatura e Umidade de Thom (1959) para o período dos anos de 2015 a 2017, registrou os menores valores entre 6 e 7h com média de 23,9 °C e os maiores valores entre 15 e 17 h com média de 27 °C. Os

dados variam das 0h com valores entre 24,3 °C e 25,3 °C e registram quedas de valores as 6 e 7 h onde apresenta seu menores índices, correspondentes a 23,8 °C e 24,7 °C, após isso os valores de ITU crescem até entre as 15 e 17 h que apresentam-se como os horários com maiores valores para este índice, sendo de 26,7 °C e 27,3 °C, então, os valores tendem a cair após esse horário (Figura 12).

De acordo com o índice de Temperatura e Umidade de Thom, existem faixas que configuram o conforto térmico conforme a temperatura, sendo essas faixas representadas na figura também por cores que simbolizam alertas. Temperaturas entre 21 e 24 °C são tidas como confortáveis conforme a faixa ITU e representadas pela cor azul, temperaturas entre 24 e 27 °C são tidas como desconfortáveis e representadas pela cor laranja, temperaturas entre 27 e 29 °C são tidas como muito desconfortáveis e representadas pela cor vermelha, e temperaturas acima de 29 °C (o que não se caracterizou no estudo) são tidas como estresse.

O presente estudo caracterizou os horários entre 6 e 7 h como confortáveis termicamente o horário de 15 e 16 h (no limite entre desconfortável e muito desconfortável), e os horários de 0 a 4 h (no limite do desconfortável para o confortável), de 8 às 14 h e de 17 às 23 h como desconfortáveis.

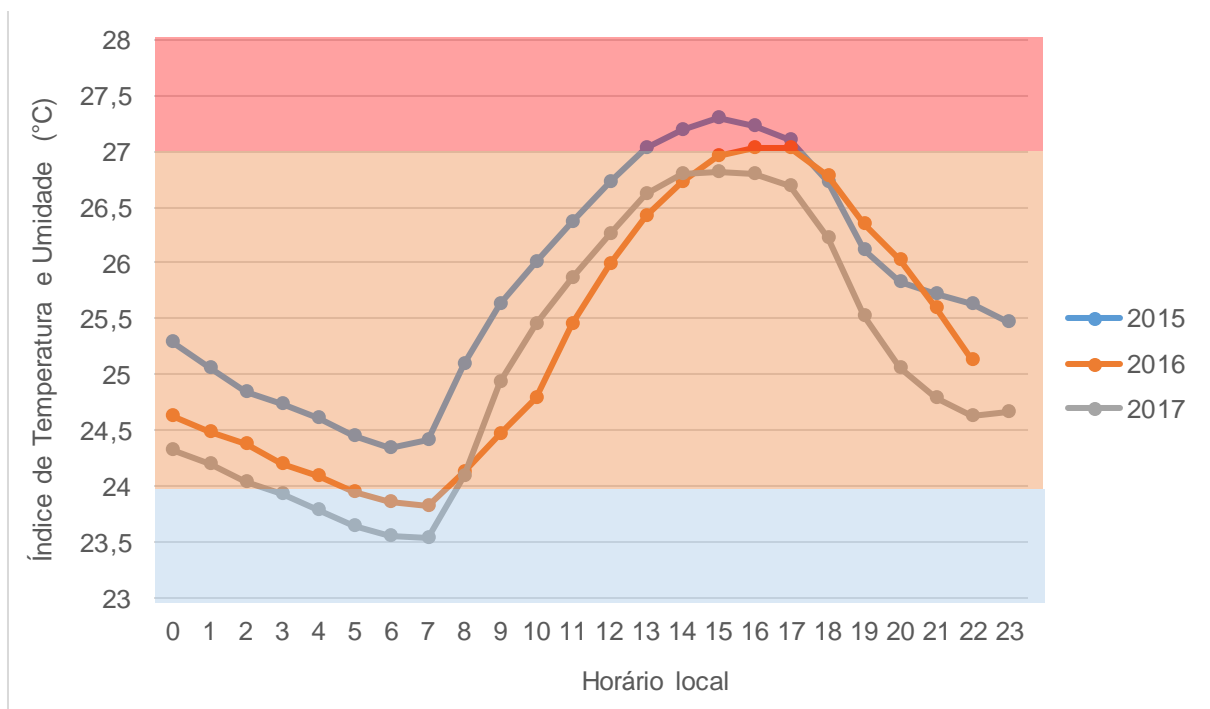


Figura 12. Índice de Temperatura e Umidade horária durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA. Faixa de desconforto térmico (área azul – confortável; área laranja – desconfortável; área vermelha – muito desconfortável).

As sensações térmicas encontradas através do ITU neste estudo corroboram aos resultados de Diniz Júnior (2012) avaliados para Santarém, onde os valores mínimos de ITU são registradas entre as 6 e 7 h com valores aproximados a 24 °C e seus maiores valores para este índice apresentam-se as 15 h com valores aproximados a 26 °C, porém no presente estudo onde houveram o registro de valores mais elevados para o Índice de Temperatura e Umidade (27 °C) do que aqueles registrados por Diniz Júnior (2012) durante o ano de 2011. Talvez estas diferenças estejam relacionadas a fórmula do cálculo do ITU, conforme descrita em sua dissertação apresenta erros dos valores originais da fórmula original de ITU (THOM, 1959).

#### 4.6.2. Índice de Temperatura e Umidade Modificado

A variabilidade horária do índice de Temperatura e Umidade para o período dos anos de 2015 a 2017, onde ocorreram os menores valores entre 6 e 7 h (24 °C) e os maiores entre 15 e 17 h (28,1 °C). A tendência seguida pelo Índice de Temperatura e Umidade é que seu menor valor é atingido as entre 6 e 7 h com o valor de 24 °C, aumentando em curva após esse horário e atingindo seu pico máximo entre as 15 e 16h com o valor de 28,1 °C, a partir disto os valores decaem a partir das 16h e durante a noite até as primeiras horas do dia (Figura 13).

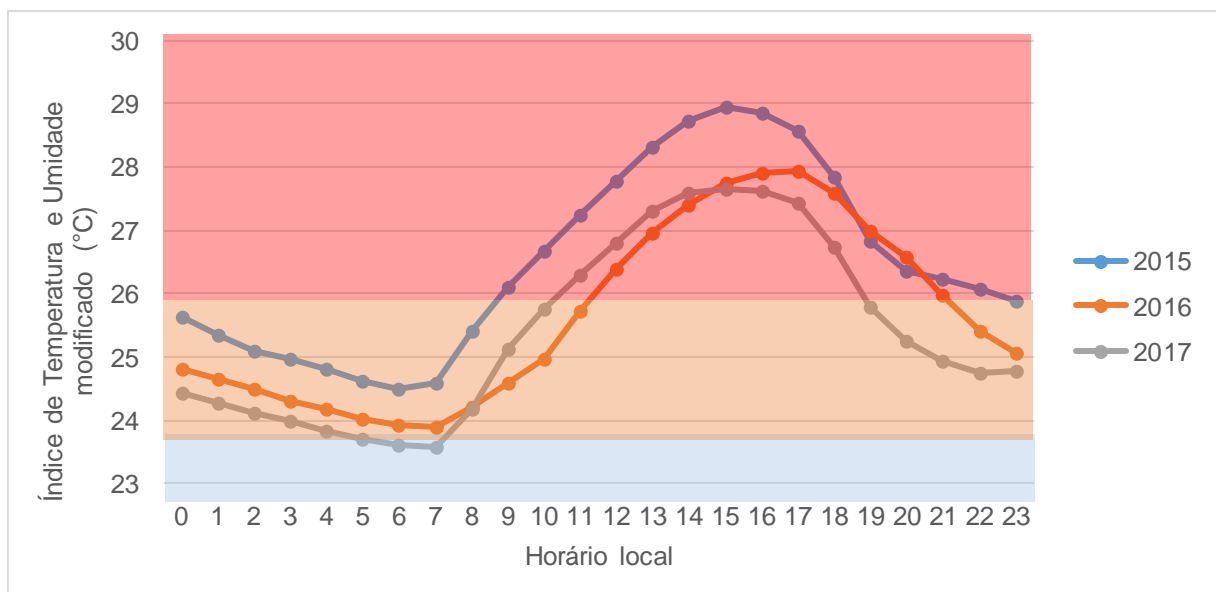


Figura 13. Índice de Temperatura e Umidade modificado horário durante o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA. Faixa de desconforto térmico (área azul – confortável; área laranja – levemente desconfortável; área vermelha – extremamente desconfortável).

Conforme as temperaturas apresentadas estabelecem-se faixas de conforto térmico onde as temperaturas entre 21 e 24 °C são tidas como confortáveis (representadas pela faixa azul), as temperaturas entre 24 e 26 °C são tidas como levemente desconfortáveis (representadas pela faixa laranja) e temperaturas superiores a 26 °C são tidas como extremamente desconfortáveis (representadas pela faixa vermelha).

Durante o ano de 2015 não foram apresentados horários confortáveis termicamente, durante 2016 apenas os horários entre 6 e 7 h foram tidos como confortáveis e durante 2017 os horários entre 4 e 7 h; a partir das 8 h entra na faixa de levemente desconfortável para os anos de 2016 e 2017 seguindo até as 10 h para ambos os anos, durante o ano de 2015 desde a primeira hora da manhã até as 8h inclui-se na faixa de levemente desconfortável, a partir das 11 h até em torno das 18 h durante os 3 anos apresentam horários extremamente desconfortáveis termicamente.

Nota-se que no ano de 2015 em todos os horários apresentam-se valores de ITUm maiores se comparados ao anos de 2016 e 2017, isso se deve a influência do fenômeno atmosférico-oceânico conhecido como El Niño que perdurou por quase todo o ano de 2015 tendo seu pico nos meses finais do mesmo ano; o El Niño se caracteriza por um aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical e que afeta o clima regional e global, durante o ano de 2015 o El Niño foi descrito como de alta intensidade onde provocou temperaturas elevadas e afetou o regime de chuvas (CPTEC; INPE, 2018).

De acordo com Nóbrega; Lemos (2011) os menores valores para o Índice de Temperatura e Umidade modificado (possuindo aplicabilidade em regiões tropicais) para a cidade de Recife foram registrados entre as 5 e 6 h sendo um pouco superior a 24 °C, após isso houve o aumento dos valores e registraram o pico máximo em torno das 15 e 16 h com valores em torno de 27 °C tendendo a decair após esse horário, no qual certifica o atual estudo que registrou seus menores valores entre 6 e 7 h durante os 3 anos e seu pico máximo em torno das 15 e 16 h para os anos de 2015 e 2017 e 16 e 17 h. Costa *et al.* (2013) também corrobora demonstrando dados de índices de calor na cidade de Santarém onde os menores índices horários são registrados entre 6 e 7 h e os maiores valores para este índice aproximadamente as 14 h tendendo a diminuir os valores após isso; para a cidade de Belém o valores

mínimos do índice de calor são registrados aproximadamente as 7 h apresentando seus maiores valores em torno das 13 h e tendendo ao decaimento de valores após esse horário, e para a cidade de Manaus os índices de calor seguem a mesma tendência de menores valores registrados em torno das 7 h e maiores índices registrados entre 13 e 14 h. De acordo com a tabela de Thom <sup>4</sup> 1959 *apud* Diniz Júnior 2012, que estabelece os valores da zona de conforto térmico, os valores apresentados para o ITU horário estão na faixa do desconfortável (24 – 27 °C) em todos os horários apresentados.

#### **4.6.3. Índice de Temperatura Efetiva em Função do Vento**

A variabilidade horária do índice de Temperatura Efetiva em Função do Vento para o período dos anos de 2015 a 2017, apresenta os menores valores registrados entre as 6 h e 7 h com uma média de 33,7 °C e maiores valores registrados as 15 e 16 h com média de 38,8 °C. No ano de 2015 durante as primeiras horas do dia os valores de TEV partem de 36,1 °C as 0 h e vão decaindo continuamente registrando seus menores valores entre 6 e 7 h, a partir disto os valores de TEV tendem a crescer progressivamente até atingir seu pico máximo entre 15 e 16 h (39,5 °C), onde após isso os valores retornam a diminuir, para o ano de 2016 os menores valores de TEV são dados às 7 h (33,6 °C) e os maiores são dados às 17 h (38,8 °C), e durante o ano de 2017 o menor valor admitido de TEV foi de 33,3 °C às 6 e 7 h e o maior valor admitido foi de 38,2 °C às 16 h (Figura 14).

---

<sup>4</sup> THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*. n. 12, p. 57 – 60, 1959.

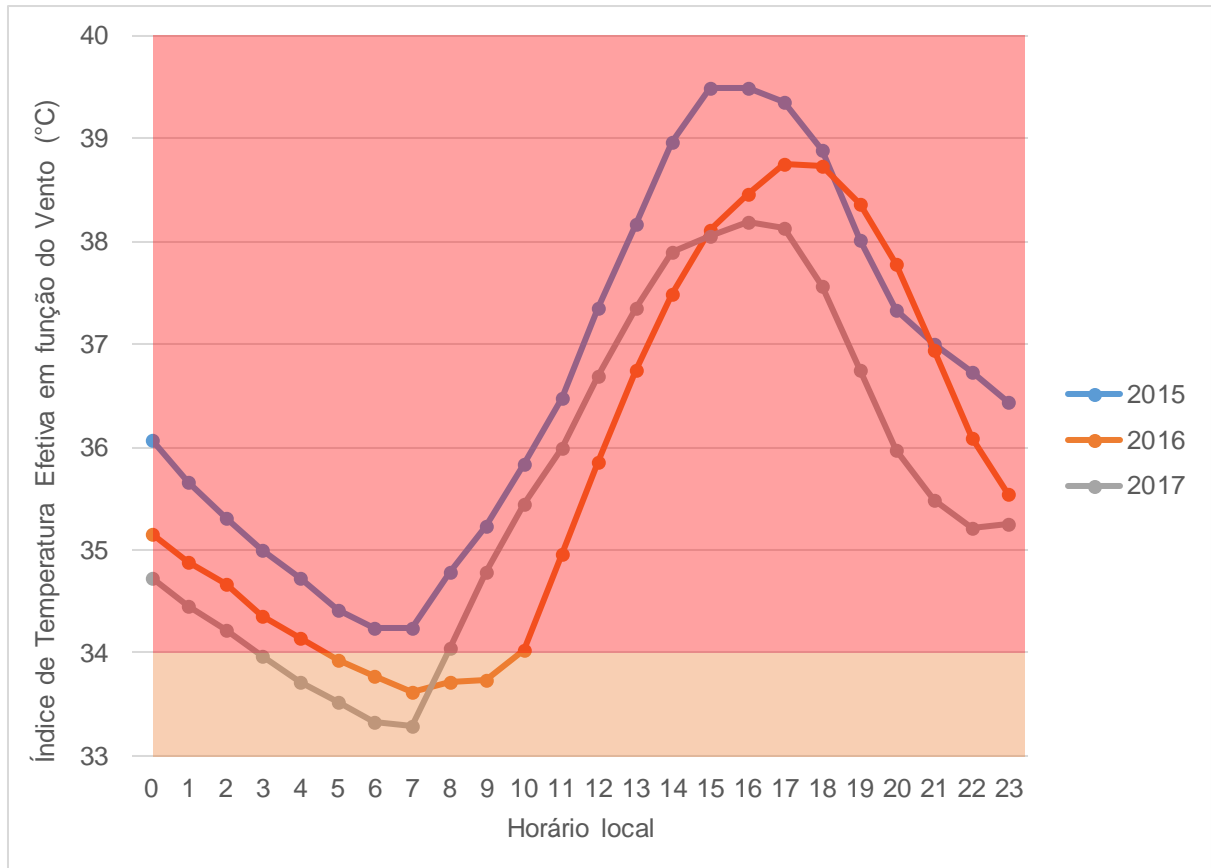


Figura 14. Índice de Temperatura Efetiva em função do Vento média horária para o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA. Sensação térmica (área laranja – quente suor em profusão; área vermelha – muito quente falha na termorregulação).

Conforme Silva Júnior et al. (2011) os menores valores registrados de Temperatura Efetiva em Função do Vento para a cidade de Belém-PA foram registrados entre as 7 e 8 h, apresentando aumento dos valores após esse horário onde seus picos de maiores valores de TEV são registrados em torno das 14 e 15 h, decaindo os valores após isso, reforçando assim os dados deste estudo. Souza *et al.* (2011) também roboram ao apresentar seus dados de temperatura efetiva para as cidades de Santarém e Belém, onde em Santarém durante os meses do período seco (julho a novembro) os menores valores de temperatura efetiva foram registrados entre 7 e 9 h, apresentando progressão de valores após esse horário e os maiores valores para temperatura efetiva foram registrados aproximadamente às 17 h; seguindo da semelhança de resultados, Uchôa (2011) também revalida tais dados ao demonstrar para a cidade de Santarém dados de temperatura efetiva onde seus menores valores parte das 7 h, apresentam maiores valores aproximadamente entre as 16 e 17 h e os valores decaem a partir de tais horários.

#### 4.6.4. Índice de Calor (*Heat Index*)

A variabilidade horária do índice de calor para o período 2015 a 2017 no município de Santarém-PA, apresenta seus menores valores entre as 6 e 7 h com o valor médio de 24,6 °C e os maiores valores entre as 15 e 17 h com o valor médio de 30,6 °C. Os menores índices de calor para o ano de 2015 foi de 25,4 °C às 6 h e os maiores se dão às 15 h com o valor de 32,2 °C, para o ano de 2016 os menores valores encontrados foram de 24,4 °C às 7 h e os maiores foram de 30,1 °C às 17 h, e durante o ano de 2017 os menores índices de calor encontrados foram de 24 °C entre às 6 e 7 h e os maiores índices foram de 29,7 °C às 15 h. Dessa forma entre 15 e 17 h são as horas ditas como mais desconfortáveis termicamente devido ao alto índice, após esse horários os índices tendem a diminuir (Figura 15).

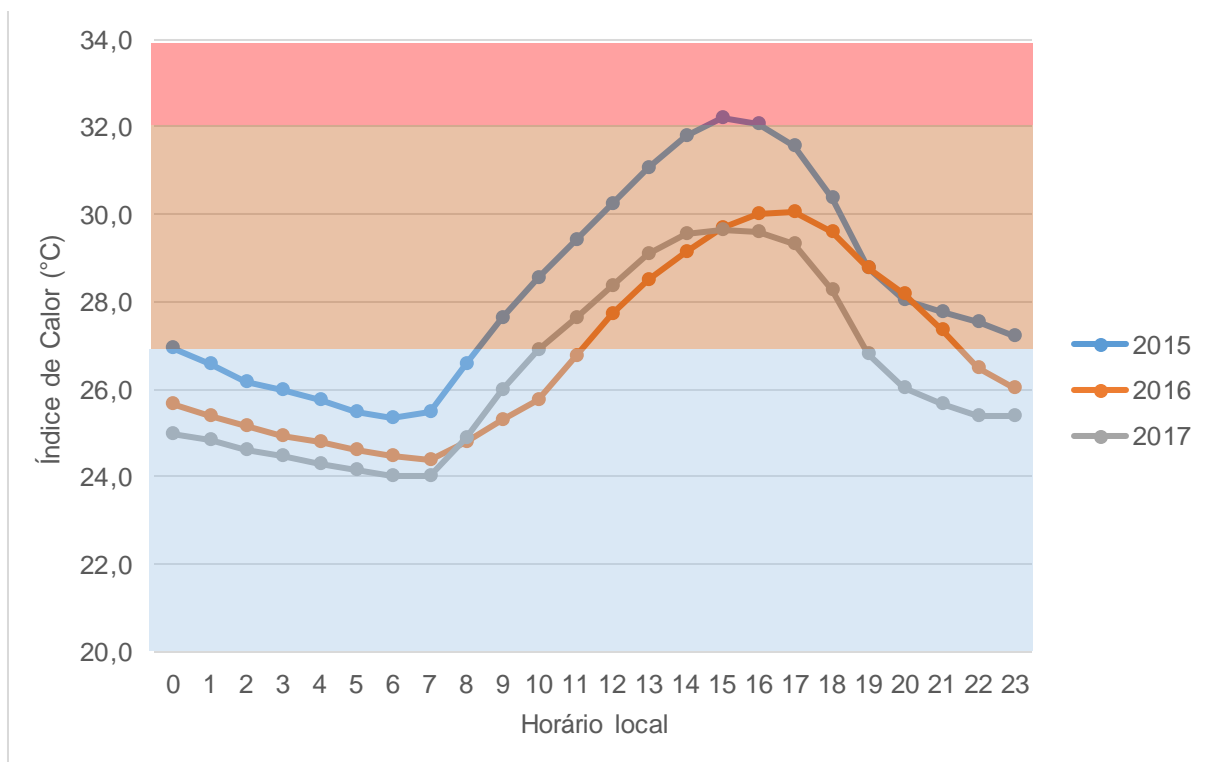


Figura 15. Índice de calor média horária para o período de 2015 a 2017 para o município de Santarém – PA. Sensação térmica (área azul – não há alertas; área laranja – cautela; área vermelha – cautela extrema).

Conforme Silva Júnior *et al.* (2011) apresenta dados semelhantes de sensação térmica para a cidade de Belém-PA, onde as 7 h apresenta valores aproximados a 28 °C de sensação térmica e picos máximos de valores aproximados de 30 °C entre as 16 e 17 h, Uchôa (2011) também corrobora ao apresentar dados com valores semelhantes para a cidade de Santarém, em que seus menores valores para o Índice

de Calor são registados próximo as 6h e seus maiores valores entre 14 e 16 h atingindo aproximadamente 34,9 °C.

#### 4.6.5. Comparação entre os índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico do atual estudo apresentaram resultados que tendem um padrão similar de variação horária, onde, Índice de Calor (IC), Índice de Temperatura e Umidade modificado (ITUm), Índice de Temperatura e Umidade (ITU), a Sensação Térmica (ST) e Temperatura Efetiva em Função do Vento (Tev) aproximadamente entre 6 e 7 h são registrados os menores valores para estes índices, sendo então um horário que apresenta maior conforto térmico perante os demais horários, para todos os Índices em média o menor valor atribuído foi dado as 7h, horário este caracterizado como o de maior conforto térmico. Os picos de maiores valores para todos os Índices se deu entre às 15 h e 17 h, sendo estes os valores de maior desconforto térmico, valores estes que decaem após esse horário, ou seja, no período noturno até o amanhecer do dia seguinte (Figura 16).

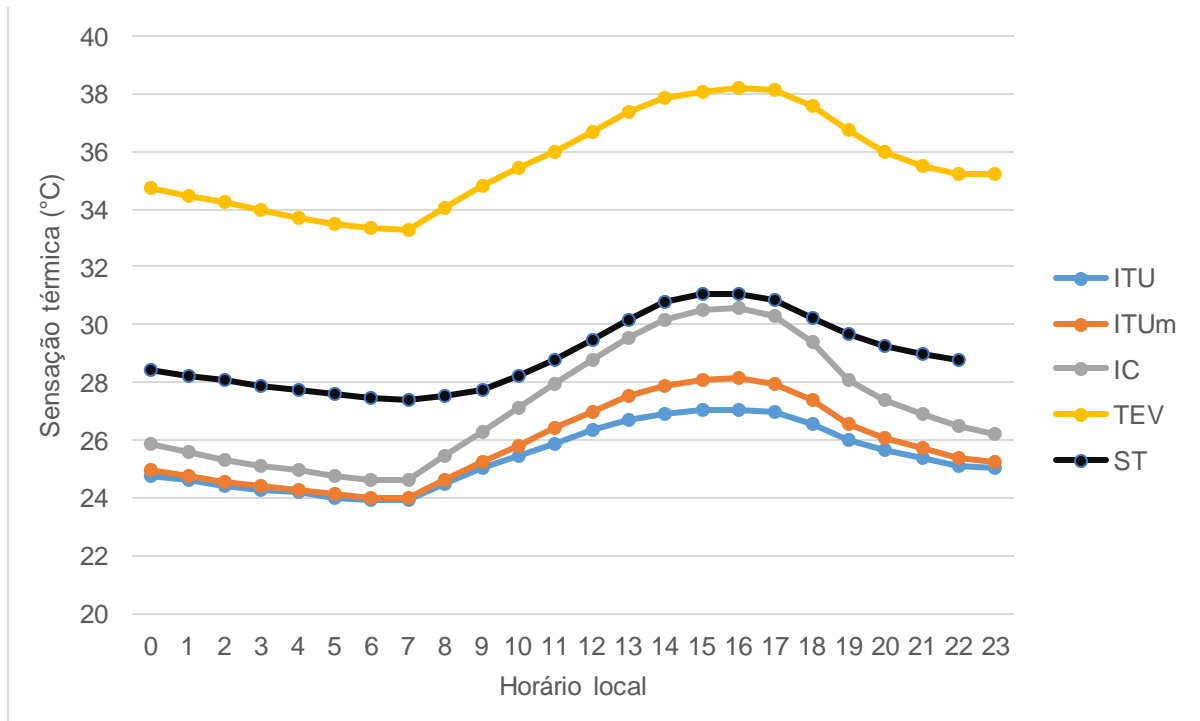


Figura 16. Comparação entre os índices de Temperatura Efetiva em Função do Vento (TEV), índice de Calor (IC), Índice de Temperatura e Umidade modificado (ITUm) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

A sensação térmica apresentada conforme os dados apresentados apontam como horários mais confortáveis termicamente nas primeiras horas de raios solares durante o dia, entre 6 e 7 h para IC, ITUm, ITU e TEV, os valores dos índices acentuam-se após esses horários aumentando assim o desconforto térmico, sendo o pico deste apresentado entre as 15 e 17 h para IC, TEv, ITUm e ITU, sendo esse então o horário os horários de sensação térmica menos agradável, durante o fim de tarde e noite todos os índices apresentam baixa de valores apresentando sensações térmicas menos desagradáveis, porém, a maioria dos valores apresentam-se acima de 24 °C, faixa esta descrita como desconfortável por Thom<sup>4</sup>.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados demonstraram a influência da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento perante a sensação de conforto térmico horária na cidade de Santarém – PA. Encontramos que no intervalo de 14 às 15 h em ambiente aberto a sensação térmica é extremamente desconfortável (cautela extrema) conforme o Índice de Temperatura e Umidade e Índice de Calor e o intervalo de 6 e 7h são os horários visto como mais confortáveis termicamente a partir do mesmo índice. Os índices apontam sensação muito quente com falha na termorregulação do corpo e cautela extrema, estas sensações térmicas estão associadas aos valores máximos de temperatura ar em torno de 30°C e umidade relativa inferior 67%. Destaca-se a sensação térmica do ano de 2015 que apresentou-se mais elevada devido a ocorrência do fenômeno El Niño de intensidade forte, no qual evidenciou um período extremamente seco para Santarém e com sensações térmicas mais elevadas.

Diante do exposto, faz-se importante o estudo sobre a sensação térmica de des(conforto) no período menos chuvoso em Santarém-PA para incentivar discussões acerca do assunto e evoluções na temática para que haja maior conhecimento das atuais condições de des(conforto) térmico para o município de Santarém-PA. Portanto, a compreensão acerca da sensação térmica atual em Santarém e dos horários mais críticos, servem para emitir alertas, principalmente no que se diz respeito ao bem estar da população, onde indica-se evitar expor-se em ambiente aberto nos horários de maior desconforto térmico, também como preferir o uso de

roupas leves e evitar a prática de atividades físicas e/ou que exigem muito esforço do indivíduo. Evidencia-se a necessidade de ilhas de frescor, tais como, a preservação dos igarapés urbanos que cortam a cidade e manutenção de praças, bosques e efetivação do plano de arborização do município para um equilíbrio do microclima urbano. Estas informações podem ser úteis para a gestão ambiental urbana e a sustentabilidade da cidade.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. M. A. **A configuração urbana e sua configuração com os microclimas: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2006.
- ANDRADE, H. J. N. **Bioclima humano e temperatura do ar em Lisboa**. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade de Lisboa, Lisboa, PT, 2003.
- BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; SILVA JÚNIOR, J. A. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia*, v 17, p. 98 - 118, 2015.
- CAVALCANTE, M. R. C. **Avaliação da qualidade térmica de praças em Maceió – Alagoas: três estudos de caso**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2007.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <enos.cptec.inpe.br>. Acesso em: 02 mai. 2018.
- COSTA, A. C.; RODRIGUES, H. J. B.; COSTA, J. L. O.; SOUZA, P. F. S.; SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L. Variações termo-higrométricas e estudo de Ilha de Calor Urbana na cidade de Bragança-PA e circunvizinhança. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v 9, n 02, p. 571-584, 2016.
- COSTA, A. C. L.; SILVA JÚNIOR, J. A.; CUNHA, A. C.; FEITOSA, J. R. P.; PORTELA, B. T. T.; SILVA, G. G. C.; COSTA, R. F. Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v 06, n 03, p. 478 – 487, 2013.

DINIZ JÚNIOR, J. **A Influência da vegetação no índice de conforto térmico em praças de diferentes configurações morfológicas na cidade de Santarém-PA.** 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, 2012.

DUARTE, D. H. S.; MONTEIRO, L. M.; MICHALSKI, R. L. X. N. **Clima e conforto térmico.** 2016. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0276/Aulas/AUT0276%20-%20Aula%2006%20Conforto%20T%C3%A9rmico%202016.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. L. **Manual de conforto térmico.** 5. ed. São Paulo: Estúdio Nobel, 2001. 243 p.

GOMES, M. A. S. AMORIM, M C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos da Geografia**, v 7, n 10, p. 94 – 106, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010. **Cidades@.** [S.l.] Disponível em: <<http://ww.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **Ergonomics of the thermal environment** – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ISO 7330. 3. ed. [S.l.], 2005.

MAITELLI, G. T.; ZAMPARONI, C. A. P. G.; LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor em Cuiabá - MT: Uma abordagem de clima urbano.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE, 1991. PARANÁ: Londrina, 1991. p. 561-571.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (UFPE)** V. 28, No. 1, 2011.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PÉTALAS, K. V. **Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2015.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; CARVALHO, S. P.; SOUSA, A. J. S. **Estudo do conforto térmico e o fenômeno da ilha de calor na cidade de Belém-PA durante o ano de 2010**. 2011. Disponível em: <<http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/4620931857884620931857.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

SOUZA, I. M. P.; COSTA, A. C. L.; SILVA JÚNIOR, J. A.; FEITOSA, J. R. P. **Estudo do conforto térmico em cidades de diferentes dimensões no estado do Pará**. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011. Espírito Santo: Guarapari, 2011. p. 5.

SOUZA, I. M. P.; COSTA, A. C. L.; SILVA JÚNIOR, J. A.; SOUSA, J. R. A.; FEITOSA, J. F. P.; CUNHA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. F.; MAGANO JÚNIOR, H. **Sazonalidade da temperatura do ar e radiação solar global em cidades de diferentes portes na Amazônia brasileira**. 2010. Disponível em: <[http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/234\\_64452.pdf](http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/234_64452.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2018.

SOUZA, D.M.; NERY, J.T. O Conforto térmico na perspectiva da climatologia geográfica. **Revista de Geografia** (Londrina), V. 21, n. 2, p. 65-83, 2012.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem.** Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 1, 2017. p. 239-256.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise.** n. 12, p. 57 – 60, 1959.

UCHÔA, P. W. S. **Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Santarém-PA.** 2011. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, 2011.

XAVIER, A. A. P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias** – teoria física aliada a estudos de campo. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000.