



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE METEOROLOGIA**

**CAMILA DO SOCORRO TEIXEIRA SOARES**

**ESTUDO DE ALGUNS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E  
CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DE BELÉM NO ANO DE 2019**

Nº 439

**BELÉM, PA  
JANEIRO – 2021**

**CAMILA DO SOCORRO TEIXEIRA SOARES**

**ESTUDO DE ALGUNS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E  
CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DE BELÉM NO ANO DE 2019**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, para obtenção do grau Bacharel em Meteorologia.

Área de concentração: Meteorologia Aplicada  
Linha de pesquisa: Meteorologia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior

**BELÉM, PA  
JANEIRO – 2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

S676e Soares, Camila do Socorro Teixeira.

Estudo de alguns elementos meteorológicos e conforto térmico na cidade de Belém no ano de 2019 / Camila do Socorro Teixeira Soares. — 2021.

32 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2021.

1. Meteorologia. 2. Clima urbano. 3. Amazônia. I. Título.

CDD 551.5

---

**CAMILA DO SOCORRO TEIXEIRA SOARES**

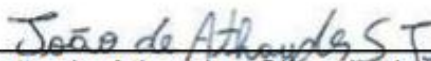
**ESTUDO DE ALGUNS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E CONFORTO  
TÉRMICO NA CIDADE DE BELÉM NO ANO DE 2019**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Área de concentração: Meteorologia Aplicada  
Linha de pesquisa: Meteorologia Ambiental

Data da defesa: 19 / 02 / 2021

Banca examinadora:



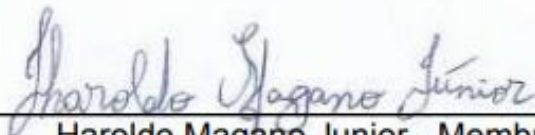
---

Prof. João de Athaydes Silva Júnior - Orientador  
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido  
Universidade Federal do Pará



---

Prof. Bergson Cavalcanti de Moraes - Membro  
Doutor em Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Pará



---

Haroldo Magaño Junior - Membro  
Mestre em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

*Dedico este trabalho a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família e amigos pelo suporte financeiro e emocional.

À Dra. Nilzele Gomes que me ensinou muito sobre Meteorologia e sempre estava disposta a tirar todas minhas dúvidas durante meu período de estágio no CENSIPAM.

Ao prof. Dr. João de Athaydes pelos ensinamentos, orientação e apoio durante a realização desse trabalho e toda a graduação.

Aos meus amigos e colegas da faculdade (Barbara Ribeiro, Denis Gomes, Mariana Fonseca, Mateus Rebelo, Pedro Henrique, Richard Lobato) com quem compartilhei bons e maus momentos ao longo do curso, em sala de aula e em viagens de campo, e que me auxiliaram desde o começo da graduação.

Às minhas amigas de infância (Luene Bastos, Marcey Carvalho, Rafaelle Navegantes e Virna Thayná) que sempre me apoiaram ao longo de todos esses anos de amizade.

E ao Instituto Tecnológico da Vale - Belém (ITV-Belém) por ceder os dados meteorológicos da estação de Belém.

*“A persistência é o menor caminho do êxito”  
(Charles Chaplin)*

## RESUMO

O presente trabalho visou o estudo de alguns elementos meteorológicos e o conforto térmico na cidade de Belém durante o ano de 2019, com o uso de informações de três estações meteorológicas existentes na cidade. Foram estudadas a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a precipitação pluvial e o Índice de Calor (IC). Com as informações processadas foram realizados os cálculos para avaliar a existência e intensidade da Ilha de Calor Urbano (ICU) na cidade. Entre as três localidades estudadas, a temperatura do ar foi maior no bairro de São Brás e menores na UFPA e no aeroporto, respectivamente. A umidade do ar pouco variou entre os locais estudados, e a precipitação pluvial apresentou uma variabilidade, sendo maior no campus da UFPA quando comparado com o bairro de São Brás. No aeroporto os dados de precipitação não estavam disponíveis. Foi detectada a existência da ICU na cidade, com uma intensidade fraca.

**Palavras-chave:** Meteorologia. Clima urbano. Amazônia.

## **ABSTRACT**

The present work aimed to study some meteorological elements and thermal comfort in the city of Belém during 2019, using information from three meteorological stations in the city. Air temperature, relative air humidity, rainfall and the Heat Index (CI) were studied. With the processed information, calculations were made to assess the existence and intensity of the Urban Heat Island (ICU) in the city. Among the three locations studied, the air temperature was higher in the neighborhood of São Brás and lower in UFPA and at the airport, respectively. The air humidity varied little between the studied sites, and the rainfall showed variability, being higher on the UFPA campus when compared to the São Brás neighborhood. At the airport, precipitation data was not available. The existence of ICU in the city was detected, with a weak intensity.

**Key words:** Meteorology. Urban climate Amazon.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da estação meteorológica do aeroporto internacional Val-de-Cans às margens do Rio Guamá **Error! Bookmark not defined.**

Figura 2 - Localização da estação meteorológica do bairro de São Brás **Error! Bookmark not defined.**

Figura 3 - Localização da estação meteorológica da UFPA **Error! Bookmark not defined.**

Figura 4 - Dados horários de (a) Temperatura média do ar, (b) Umidade Relativa do Ar, (c) Índice de calor e (d) precipitação para o bairro de São Brás referente ao ano de 2019 **Error! Bookmark not defined.**2

Figura 5 - Dados horários de (a) Temperatura média do ar, (b) Umidade Relativa do Ar, (c) Índice de calor e (d) precipitação para a UFPA referente ao ano de 2019 **Error! Bookmark not defined.**3

Figura 6 - Dados de 6 em 6 horas de (a) Temperatura média do ar, (b) Umidade Relativa do Ar, (c) Índice de calor e (d) precipitação para o aeroporto Val-de-Cans referente ao ano de 2019. **Error! Bookmark not defined.**5

Figura 7 - Intensidade da ilha de calor urbana entre São Brás e o Aeroporto e a UFPA e o Aeroporto **Error! Bookmark not defined.**6

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ITU	Índice de Temperatura e Umidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Calor
ICU	Ilha de Calor
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
SB	Bairro de São Brás
SBBE	Aeroporto Internacional de Belém PA - Júlio Cezar
UFPA	Universidade Federal do Pará
UR	Umidade Relativa do Ar
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1 Objetivos</b> .....	14
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
<b>2.1. Área de estudo</b> .....	16
<b>2.2 Climatologia</b> .....	17
<b>2.3 Aquisição de Dados</b> .....	19
<b>2.4 Tratamento dos Dados</b> .....	19
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	211
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização acarreta em varias consequências sobre a região e o impacto ambiental é uma delas. Deste processo, o clima local é alterado e é possível visualizar grande diferença nas variáveis meteorológicas entre o campo e a cidade, causando o fenômeno conhecido como ilha de calor. A ilha de calor ocorre principalmente em decorrência da remoção da camada natural de vegetação, sendo esta substituída por superfícies como concreto e asfalto. Essa ação aumenta a absorção de energia solar pela superfície e dificulta a evapotranspiração da vegetação (BUYANTUYEV; WU, 2009; COSTA, 1998; MONTEIRO; MENDONÇA, 2011; OKE, 1987).

A principal característica da ilha de calor é a elevada temperatura do meio urbano em comparação a zona rural adjacente, o que gera uma diferença no tempo de absorção de energia solar pela superfície durante o dia e posteriormente de sua remissão no período da noite. Essa condição tem como consequência a alteração do balanço de energia resultando no resfriamento mais lento da cidade comparado à zona rural. Costa et al. (2010) identificaram ilha de calor na região urbana de Ilha Solteira – SP, onde observaram uma mancha de temperaturas elevadas em comparação as zonas periféricas.

O fenômeno de ilha de calor pode resultar em modificações nos sistemas meteorológicas atuantes sobre a região. Foi mostrado por Martilli et al. (2003) a formação de um pequeno gradiente horizontal de pressão na cidade de Atenas, gerado pela presença de ilha de calor e causando um enfraquecimento da brisa terrestre no período noturno. Também foi identificada uma relação entre o fenômeno e as circulações locais na cidade de São Paulo. Freitas et al. (2007) observou que a ilha de calor tende a acelerar o processo de penetração da brisa marítima sobre o local, pois sua presença colabora para a intensificação da convergência dos ventos em superfície.

Fialho (2012) cita 4 métodos para a identificação da ilha de calor. A primeira é pelo estudo de tendência de temperatura a partir de uma estação meteorológica anteriormente fixada em uma zona rural, mas que ao longo do

tempo foi sendo incorporada pela urbanização. A segunda alternativa é pela comparação da tendência de temperatura de estações situadas no meio rural e urbano. A terceira possibilidade é a criação de uma rede de monitoramento de pontos fixos na região de estudo por meio de dataloggers. E a quarta e última maneira é por meio de registradores móveis, com a finalidade de aumentar o número de pontos de observação dentro do local.

Como foi dito anteriormente, o avanço da urbanização acarreta em mudanças nas variáveis meteorológicas, gerando impacto no cotidiano da população e a principal consequência climática desse processo é alteração da temperatura. Bezerra et al. (2018) verificou um aumento da temperatura de superfície na cidade de Belém entre os anos de 2006 e 2016, onde no primeiro ano os intervalos de temperatura foi de 23°C e 30°C e no segundo ano a temperatura variou de 27°C à 35,5°C. Tal verificação pode ser explicada possivelmente pelo crescimento da cidade e remoção da vegetação para dar lugar a novas construções. É de se esperar que as condições atmosféricas locais sofram modificações em virtude destas atividades e um dos impactos decorrentes dessas ações é o efeito no conforto térmico.

Nóbrega e Lemos (2011) referem-se ao conforto térmico como uma condição associada ao fator psicológico, uma manifestação de satisfação com o ambiente térmico, do ponto de vista humano. Seu conceito está relacionado ao conjunto de condições em que a necessidade de mecanismos de intervenção, como ar condicionados e aquecedores, é mínima e que dentro de uma determinada faixa delimitada de condições atmosféricas o maior número de pessoas se sintam confortáveis (GOMES; AMORIM, 2003).

O conforto térmico está diretamente ligado com as atividades humanas, assim como suas vestimentas, e sua identificação e correlação com outros fatores são importantes para a qualidade de vida e planejamento urbano, por exemplo (FANGER, 1972; OKE, 1987).

Diversos estudos apontam para uma relação entre conforto térmico e o grau de urbanização da cidade. Santos et al. (2017) mostrou pelo Índice de

temperatura e umidade (ITU), que as áreas mais densas de urbanização na cidade de Recife apresentaram ITU “extremamente desconfortáveis”, mesmo no período da noite.

Com relação à sazonalidade e horário do dia, também se observa variações no conforto térmico. Buriol et al. (2015) verificou padrões de horários onde se observa conforto e desconforto térmico ao longo das estações do ano para a cidade de Santa Maria – RS. Durante os 5 meses mais frios do ano (maio a setembro) o desconforto por baixas temperaturas ocorrem em média às 21h e no período dos três meses mais frios do ano (junho a agosto) às 15h. O desconforto por temperatura elevadas foi observado, em média, às 15h no mês mais quente do ano (janeiro).

Na cidade de Belém predomina-se ao longo do dia a condição de desconforto térmico, e parte disso se explica pelo grau de urbanização da cidade. Foi observado por Silva Junior (2012) que no município de Belém – PA, durante o período menos chuvoso, houve menor conforto térmico nas áreas de maior impermeabilização mesmo ao amanhecer, entretanto a região da cidade com menor urbanização mostrou condição de conforto térmico no início da manhã e no final da tarde, mostrando assim a contribuição da vegetação natural para o equilíbrio das temperaturas e conforto térmico.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a existência e intensidade da Ilha de calor urbana na cidade de Belém e as condições de conforto térmico para o ano de 2019, utilizando informações meteorológicas de três localidades da cidade de Belém.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar a intensidade da Ilha de calor urbana na cidade de Belém e as condições de conforto térmico.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar o comportamento das variáveis: Temperatura do ar, Umidade relativa, Índice de calor e precipitação para as estações meteorológicas do aeroporto Val-de-Cans, UFPA e bairro de São Brás ao longo do ano de 2019.
- b) Analisar o Índice de Calor (IC) para as estações meteorológicas do aeroporto Val-de-Cans, UFPA e bairro de São Brás;
- c) Verificar a intensidade da ilha de calor (ICU) na cidade de Belém;
- d) Avaliar os efeitos do uso e cobertura do solo nas variáveis meteorológicas, comparando as diferentes características locais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Belém — PA, localizado no norte do Brasil, possui população estimada de 1.492.745 (IBGE, 2019) e 39 ilhas compreendidas em um território de 1.065 km<sup>2</sup>. A capital paraense, em média, situa-se a 10 metros acima do nível médio do mar, com um relevo predominantemente plano e uma população estimada de 1.499.641 habitantes, com uma densidade demográfica estimada de 1416,1 hab./km<sup>2</sup> e uma área territorial de aproximadamente 1.059 km<sup>2</sup>.

Para esse estudo foram selecionados três localidades da cidade de Belém que possuem estações meteorológicas, onde as mesmas estão instaladas no Aeroporto Internacional Belém PA Val-de-Cans - Júlio Cezar (SBBE), no bairro de São Brás (SB) e na Universidade Federal do Pará (UFPA), conforme as Figuras 01, 02 e 03.

Figura 1- Localização da estação meteorológica do aeroporto internacional Val-de-Cans às margens do Rio Guamá.



Fonte: [Aeroporto ...] (2019).

Figura 2- Localização da estação meteorológica do bairro de São Brás.



Fonte: [Bairro...] (2020a).

Figura 3- Localização da estação meteorológica da UFPA.



Fonte: [UNIVERSIDADE...] (2020b).

## 2.2 Climatologia

A cidade de Belém possui duas importantes estações do ano, sendo uma chuvosa e outra menos chuvosa. Sua posição em latitudes baixas favorece a manutenção de altas temperaturas durante o ano inteiro, tendo pouquíssima

variação durante o mesmo. A presença da floresta Amazônica torna propícia a alta umidade na região, portanto o município possui clima quente e úmido (SILVA JUNIOR et al., 2012).

As chuvas ocorrem geralmente durante o ano inteiro, porém no verão austral a precipitação aumenta consideravelmente com a presença dos sistemas meteorológicos típicos da época. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um sistema de grande escala e o principal causador das chuvas no período mais chuvoso da cidade. A ZCIT é resultado da confluência dos ventos alísios, dentro do ramo ascendente da célula de Hadley, que ao convergirem provocam a elevação do ar que ascendem e formam nuvens de tempestade, provocando chuvas volumosas na região na qual atua (VAREJÃO-SILVA, 2016). Ferreira (2018) ressalta os impactos socioambientais relacionadas às atividades convectivas da ZCIT que ocorrem sobre a cidade de Belém e favorecem o transbordamento de canais a céu aberto e alagam ruas, contribuindo para a proliferação de doenças.

Outro importante sistema precipitante é o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que se origina devido à presença de um centro de baixa pressão em altos níveis que provoca movimentos subsidentes do ar, inibindo assim a formação de chuvas sobre a região (PALMÉN; NEWTON, 1969). O centro do VCAN (região de movimentos subsidentes do ar) geralmente se localiza sob o nordeste do Brasil, onde se observa a falta de chuvas na região, porém na periferia do sistema o oposto ocorre, ou seja, há movimentos ascendentes do ar que propiciam a precipitação. Portanto, quando a periferia do sistema posiciona-se ao norte do Brasil, mais precisamente sobre Belém, podemos observar a formação de nuvens na região como mostra o trabalho de Ferreira e Pereira (2010).

As Brisas Marítimas provocam chuvas durante o ano inteiro na capital paraense. O gradiente de pressão entre a superfície do mar e terrestre, causada pelo aquecimento diferencial, gera uma circulação de ar que leva umidade até o continente e resulta na formação de chuvas na região (FREITAS, 2003).

### 2.3 Aquisição de Dados

Os locais utilizados para essa pesquisa foram a Universidade Federal do Pará (Figura 03), o bairro de São Brás (Figura 02) e o Aeroporto de Val-de-Cans (Figura 01), cujos dados foram obtidos em suas respectivas estações meteorológicas, exceto pelo aeroporto onde os dados foram adquiridos na National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Foram usadas as seguintes variáveis meteorológicas: precipitação pluvial, temperatura do ar e umidade relativa do ar.

### 2.4 Tratamento dos Dados

Foi utilizado nesse trabalho o Índice de Calor (IC), derivado do índice humidex desenvolvido por Winterling no ano de 1978 e adaptado com base nos trabalhos de Steadman (1979), pois mostraram bons resultados para o município de Belém (SILVA JUNIOR, 2012), onde foi feita uma correlação entre o índice e a percepção térmica dos habitantes da cidade. O índice foi desenvolvido para medir quanto calor uma pessoa sente em situações onde está em condições de vento fraco e sombra, usando apenas as variáveis temperatura e umidade do ar. A tabela 1 mostra os níveis de alerta e riscos para a saúde de acordo com IC.

Primeiro, as temperaturas foram convertidas em fahrenheit para depois calcular o IC com a equação 1, e aplicar os ajustes quando necessário para depois converte-las novamente em graus Celsius. Se a umidade relativa do ar for inferior a 13% e a temperatura está entre 26,6°C e 44,4°C subtraímos o valor encontrado na equação 3 do valor encontrado na equação 1. Porém, quando a umidade relativa do ar é superior 85% e a temperatura estiver entre 26,6°C e 30,5°C, soma-se o valor encontrado na equação 3 com o valor encontrado na equação 2.

$$\begin{aligned}
 IC = & -42,379 + 2,04901523 \times T + 10,14333127 \times UR - 0,22475541 \times T \times UR - \\
 & 6,83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5,481717 \times 10^{-2} \times UR^2 + 1,22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times UR + \\
 & 8,5282 \times 10^{-4} \times T \times UR^2 - 1,99 \cdot 10^{-6} \times UR^2
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 1}$$

$$AJUSTE = \frac{(13-UR)}{4} \times \sqrt{\frac{17-|T-95|}{17}} \quad \text{Eq. 2}$$

$$AJUSTE = \frac{UR-85}{10} \times \frac{87-T}{5} \quad \text{Eq. 3}$$

Tabela 1- Níveis de alerta para a saúde humana

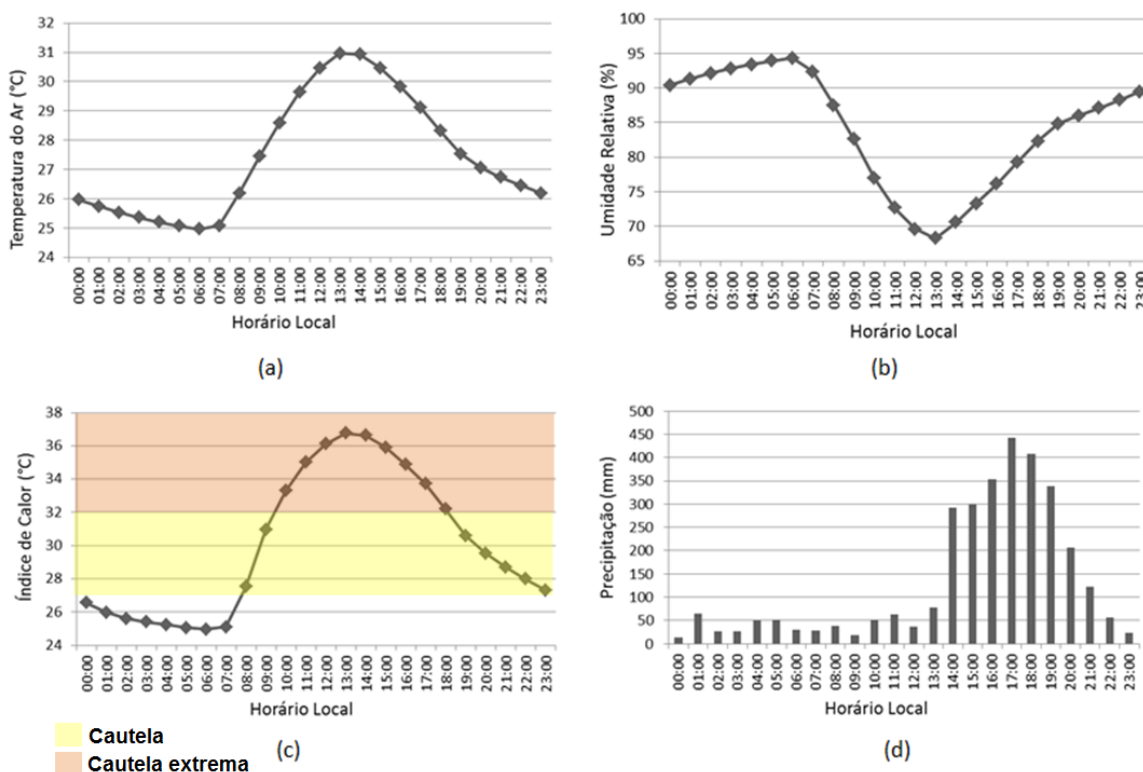
Nível de alerta	Índice de Calor	Sintomas
Perigo Extremo	54°C ou mais	Insolação; risco de Acidente Vascular Cerebral iminente.
Perigo	41,1°C a 54°C	Câimbras, insolação, esgotamento físico e possibilidade de AVC para exposições prolongadas com atividades físicas.
Cautela Extrema	32,1°C a 41°C	Possibilidade de câimbras, esgotamento físico e insolação para exposições prolongadas e atividades físicas.
Cautela	27,1°C a 32°C	Possível fadiga em casos de exposições prolongadas e prática de atividades físicas ao ar livre.
Não há alerta	Menor que 27°C	Não há problemas.

Fonte: (NOAA, 2010)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 04 temos ilustradas as variáveis meteorológicas para o bairro de São Brás referente ao ano de 2019. A média anual da temperatura do ar foi de 27,4°C, com valores máximos e mínimos médios de 28,1°C (Setembro) e 26,3°C (Março), e os valores máximos e mínimos absolutos da temperatura do ar no ano de 2019 foram de 35,0°C e 22,4°C, respectivamente, para essa localidade. Ao analisar o regime horário da temperatura do ar, se observou que os valores médios máximos e mínimos foram de 31,0°C (13 horas) e 25,0°C (06 horas), respectivamente. A média anual da umidade relativa do ar (UR) foi de 84,0%, com valores máximos e mínimos de 94,3% e 68,3%, respectivamente, e o mínimo absoluto registrado nessa localidade foi de 45,0% (Setembro). A média anual do Índice de Calor (IC) foi de 30,0°C (faixa de Cautela), com valores máximos e mínimos de 36,8°C (faixa de Cautela Extrema) e 25,0°C (sem alerta), respectivamente, e o máximo absoluto foi de 44,1°C, registrado no mês de Setembro (faixa de Perigo). De acordo com o IC, o bairro de São Brás esteve dentro das faixas de alerta das 08 horas até às 23 horas, sendo das 10 horas até às 18 horas, na faixa de cautela extrema. O total pluviométrico anual nessa localidade foi de 3.120,7 mm, onde 81,3% dessa precipitação ocorreu entre as 13 horas e 21 horas, o que é característica de precipitação ocasionada por convecção.

Figura 4- Dados horários de (a) Temperatura média do ar, (b) Umidade relativa do ar, (c) Índice de calor e (d) precipitação para o bairro de São Brás referente ao ano de 2019.

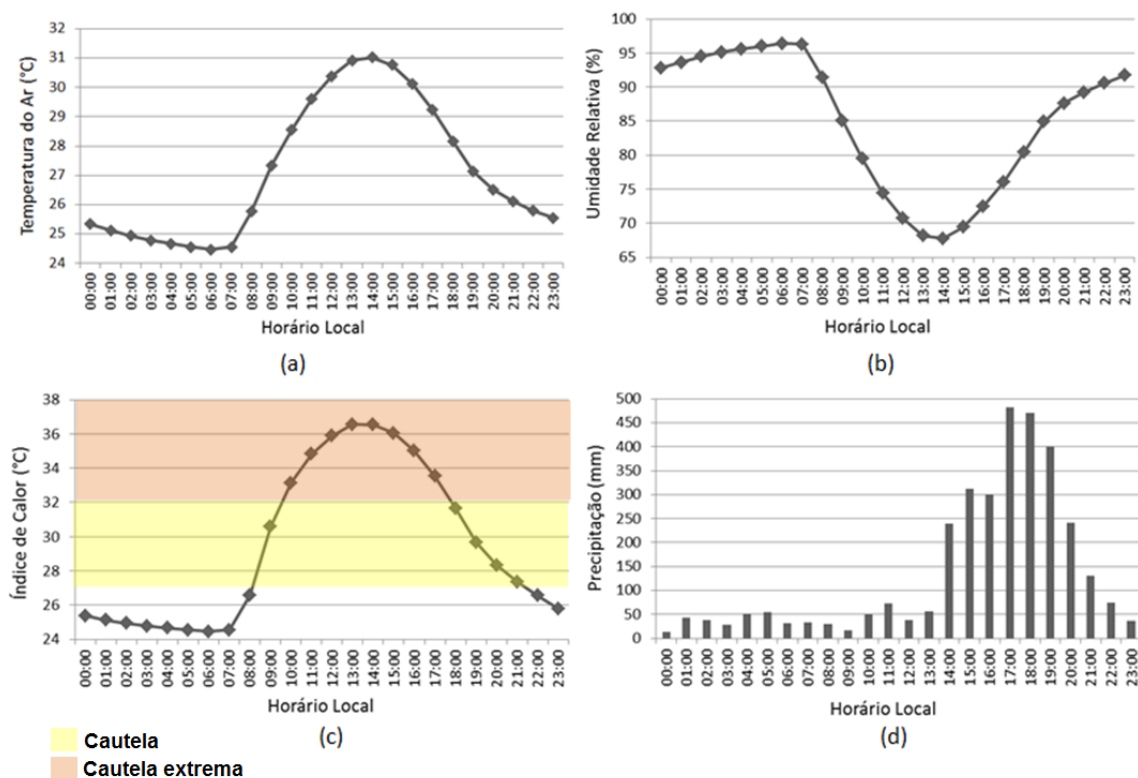


Na Figura 05 temos ilustradas as variáveis meteorológicas observadas na estação meteorológica da UFPA. A média anual da temperatura do ar foi de 27,1°C, com valores máximos e mínimos médios de 27,8°C (Setembro) e 26,1°C (Março), e os valores máximos e mínimos absolutos da temperatura do ar no ano de 2019 foram de 34,7°C e 21,4°C, respectivamente, para essa localidade.

Ao analisar o regime horário da temperatura do ar, se observou que os valores médios, máximos e mínimos foram de 27,1°C, 31,0°C (14 horas) e 24,5°C (06 horas), respectivamente. A média anual da umidade relativa do ar (UR) foi de 85,0%, com valores máximos e mínimos de 96,4% e 67,8%, respectivamente, e o mínimo absoluto registrado nessa localidade foi de 44,9% (Setembro). A média

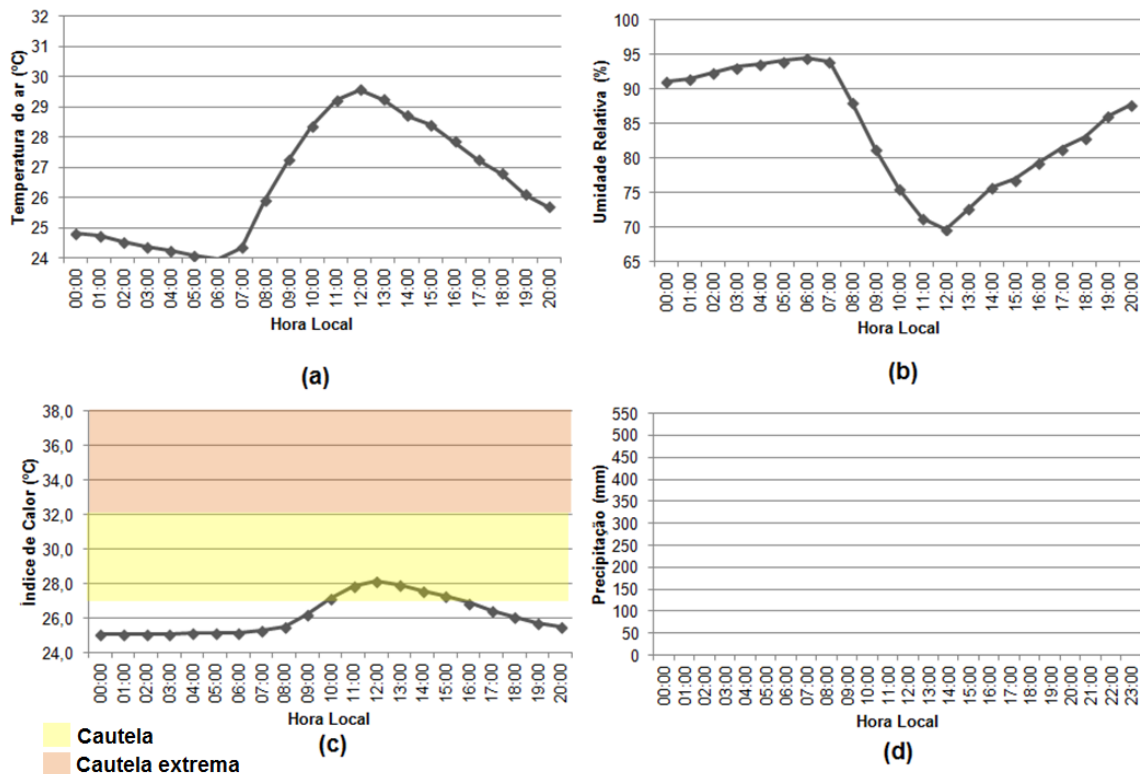
anual do Índice de Calor (IC) foi de  $29,4^{\circ}\text{C}$  (faixa de Cautela), com valores máximos e mínimos de  $36,6^{\circ}\text{C}$  (faixa de Cautela Extrema) e  $24,5^{\circ}\text{C}$  (sem alerta), respectivamente, e o máximo absoluto foi de  $45,61^{\circ}\text{C}$ , registrado no mês de Outubro (faixa de Perigo). De acordo com o IC, o campus da UFPA esteve dentro das faixas de alerta das 08 horas até às 21 horas, sendo que das 10 horas até às 18 horas, na faixa de cautela extrema. O total pluviométrico anual nessa localidade foi de 3.245,0 mm, onde 81,0% dos volumes precipitados ocorreram entre as 13 horas e 21 horas, o que é característica de precipitação ocasionada por convecção.

Figura 5- Dados horários de (a) Temperatura média do ar, (b) Umidade relativa do ar, (c) Índice de calor e (d) precipitação para a UFPA referente ao ano de 2019.



Na Figura 06 temos ilustradas as variáveis meteorológicas observadas na estação meteorológica do aeroporto de Val-de-Cans. A média anual da temperatura do ar foi de 26,4°C, com valores máximos e mínimos médios de 26,9°C (Setembro) e 25,4°C (Março), e os valores máximos e mínimos absolutos da temperatura do ar no ano de 2019 foram de 33°C e 21,0°C, respectivamente, para essa localidade. Ao analisar o regime horário da temperatura do ar, se observou que os valores médios, máximos e mínimos foram de 26,3°C, 29,6°C (15 horas) e 24,0°C (06 horas), respectivamente. A média anual da umidade relativa do ar (UR) foi de 84,9%, com valores máximos e mínimos de 94,4% e 69,7%, respectivamente, e o mínimo absoluto registrado nessa localidade foi de 45,6% (Agosto). A média anual do Índice de Calor (IC) foi de 26,2°C (sem alerta), com valores máximos e mínimos de 29,6°C (faixa de Cautela) e 24,0°C (sem alerta), respectivamente, e o máximo absoluto foi de 30,9°C, registrado no mês de Agosto (faixa de Cautela). De acordo com o IC, o aeroporto de Val-de-Cans esteve dentro das faixas de alerta das 10 horas até às 16 horas, estando apenas na faixa de cautela. Os dados pluviais não foram disponibilizados de forma horária nessa localidade, mas o regime pluviométrico não difere muito dos demais pontos pela proximidade.

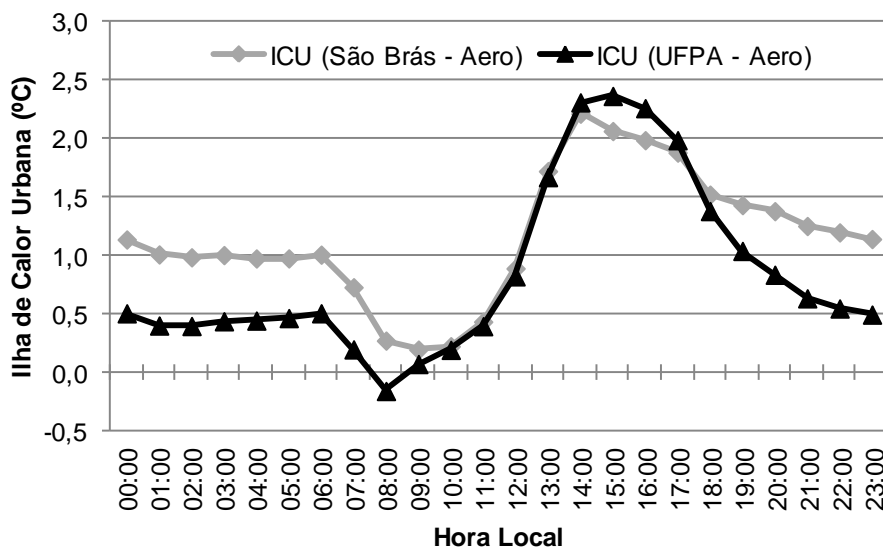
Figura 6- Dados horários de (a) Temperatura média do ar, (b) Umidade relativa do ar e (c) Índice de calor para o aeroporto Val-de-Cans referente ao ano de 2019.



Na Figura 07 temos ilustradas as diferenças entre a temperatura do ar de áreas urbanas/periféricas e a área do aeroporto (rural). Ao avaliar a diferença horária da temperatura do ar de São Brás e do aeroporto, verificamos uma diferença média máxima e mínima de 1,2°C, 2,2°C e 0,2°C, respectivamente. Ao avaliarmos as diferenças térmicas entre o campus da UFPA e o aeroporto, observamos valores médios, máximos e mínimos de 0,8°C, 2,4°C e -0,2°C, respectivamente. Esses valores indicam a presença de uma Ilha de Calor Urbana (ICU) na cidade de Belém, sendo que a mesma foi de baixa intensidade (fraca) durante o período estudado. Em média, o bairro de São Brás esteve todo o período mais quente do que a região do aeroporto, assim como o campus da UFPA, com exceção de 08 horas que o aeroporto esteve mais quente. Esse

comportamento se deve devido às características da superfície, assim como o tipo de uso do solo nos locais de estudo.

Figura 7- Intensidade da ilha de calor urbana entre São Brás e o Aeroporto e a UFPA e o Aeroporto.



Ao analisar o campo térmico, as maiores temperaturas do ar são encontradas na estação de São Brás, com valor médio de 27,4°C, seguidos pela estação da UFPA (27,1°C) e do aeroporto (26,4°C). As altas temperaturas em SB podem ser explicadas pelo grau de urbanização local, o trânsito e o tipo de uso do solo no entorno da estação, onde existe um elevado número de construções e pouca vegetação (figura 2). Já na região da estação da UFPA (figura 3), que é uma área periférica da cidade, apesar da presença de diversos prédios e pavimentação ao redor da estação, há um pouco mais de vegetação composta por gramados e algumas árvores, o que já modifica o balanço de energia do local. No aeroporto (figura 1), apesar de existirem duas pistas e um pátio de aeronaves, ambos pavimentados, existe bastante vegetação rasteira na área do aeroporto e no seu entorno vegetação com maior porte, além de ser um local mais aberto e

ventilado próximo ao rio, o que propicia uma melhor ventilação e renovação das massas de ar. A umidade relativa do ar se comporta de forma inversamente proporcional à temperatura do ar, variando no decorrer do dia, também sendo influenciada pelas características da superfície do local.

Dessa forma, com base no campo térmico e os tipos de cobertura do solo, podemos presumir que os fluxos de calor sensível são menores no aeroporto e maiores em São Brás e na UFPA, respectivamente, enquanto que os fluxos de calor latente são maiores na região do aeroporto e no Campus da UFPA seguido pelo bairro de São Brás, respectivamente.

Esses resultados corroboram com os resultados de Muller (1998), que ressalta a importância da preservação da vegetação na cidade, pois contribui para manter o ambiente urbano mais agradável para os habitantes, assim como para o bem estar da população em geral, contribuindo para uma boa qualidade de vida nas cidades e principalmente na saúde dos moradores.

Ao alterar as características da superfície, também se propicia a alteração do microclima do local, que causam prejuízos para a saúde humana (LABAKI et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013). A UFPA, assim como o bairro de São Brás, está localizada em uma região de Belém onde se concentra grande parte das atividades dos habitantes do município e apresenta bastante movimentação de pessoas e veículos, colaborando para o aumento da temperatura do ar à medida que a densidade populacional vai crescendo e gerando mais pressão sobre o ambiente local.

Os resultados de Índice de calor variaram entre os níveis de alerta “Cautela” e “Cautela extrema”, sendo este último ocorrendo principalmente durante o dia no horário entre às 14 horas e 16 horas. O local termicamente mais agradável da cidade em 2019, segundo o índice de calor, foi a região do aeroporto de Val-de-Cans (figura 6c) que permaneceu na maior parte do tempo na faixa “não há alerta”. Essa observação ressalta a importância da manutenção da área vegetada na região urbana e os benefícios para a saúde e atividades humanas. Já

nas figuras 4c e 5c mostram que os locais com menor conforto térmico foram São Brás (36,77°) e UFPA (36,56°) que chegaram ao nível de alerta “Cautela extrema” e permaneceram assim durante boa parte do dia.

As consequências para essas condições de desconforto térmico é a insolação para exposições prolongadas e atividade física. A insolação é uma condição de saúde causada pelo excesso de exposição ao sol e calor intenso e ocorre quando a temperatura corporal ultrapassa os 40°C, o que provoca falha no mecanismo de transpiração, fazendo com que o corpo não consiga se resfriar. Recomenda-se evitar passar muito tempo exposto ao sol sem protetor solar, não praticar atividades que provoquem esgotamento ou enfraquecimento físico, além de se hidratar adequadamente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Ao analisarmos a precipitação pluvial, verificamos que apesar das estações meteorológicas de São Brás e da UFPA estarem relativamente próximas (2,8 km), o volume anual de chuva registrado entre elas foram diferentes, onde a estação de São Brás registrou 124,3 mm a mais do que a estação da UFPA, que utilizam sensores do mesmo modelo, mostrando a existência de uma variabilidade espacial de precipitação. A maior parte da precipitação ocorrida foi no período da tarde, sendo a mesma com característica convectiva, oriunda do mecanismo de aquecimento da superfície para geração de nuvens com grande desenvolvimento vertical e volumes de chuvas. No campus da UFPA ocorreu um evento de precipitação de 66,6 mm no dia 12/08/2019 às 19 horas, enquanto que, em São Brás nesse mesmo dia e horário foram registrados apenas 11,2 mm, e uma hora depois foram registrados volumes de 37,4 mm (UFPA) e 39,1 mm (São Brás), mostrando a variabilidade tanto espacial quanto volumétrica da precipitação na região.

## 4 CONCLUSÃO

Durante o ano de 2019 verificou-se a existência de ilha de calor urbana de baixa intensidade na cidade de Belém e as condições de conforto térmico variaram nos pontos estudados. O bairro de São Brás foi o que apresentou maior desconforto térmico, ficando entorno de 16 horas dentro das faixas de alerta, seguido pelo campus da UFPA que ficou entorno de 13 horas dentro das faixas de alerta e o aeroporto esteve apenas 06 horas dentro da faixa de alerta. As diferenças termo-higrométricas entre as localidades estão relacionadas diretamente com o tipo de cobertura e uso do solo nesses locais, onde os constituintes dessas superfícies alteram o balanço de energia em microescala gerando essas diferenças. Apesar da proximidade entre as estações foi possível verificar que os totais anuais foram ligeiramente diferentes, chovendo aproximadamente 4,0% a mais no campus da UFPA quando comparado com o Bairro de São Brás. A temperatura do ar no bairro de São Brás foi ligeiramente maior do que no campus da UFPA e no aeroporto. A umidade relativa do ar foi ligeiramente maior no campus da UFPA, do que no aeroporto e no bairro de São Brás.

## REFERÊNCIAS

- [AEROPORTO Internacional Val-de-Cans]: Estação Meteorológica. Disponível em: <https://earth.google.com/web/> ...Acesso em: 22 jul. 2019.
- [BAIRRO de São Brás]: Estação Meteorológica. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. .... Acesso em: 26 de nov. de 2020a.
- BEZERRA, P. E. S.; MORAES E. T. I.; SOARES, I. R. C. Análise da temperatura de superfície e do índice de vegetação no município de Belém na identificação das ilhas de calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 803-813, jul/set. 2018.
- BUYANTUYEV, A.; WU, J. Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: a case study of the Phoenix Metropolitan Region, USA. **Journal Of Arid Environments**, v. 73, n. 4, p. 512-520, 2009.
- COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Estudo da Ilha de Calor Urbana em cidade de pequeno porte na região equatorial. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília – D. **Anais[...]**. Brasília-DF: SBMET, 1998.
- COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de ilha solteira - sp através da utilização de geotecnologias. **Revista Engenharia agrícola**, v. 30, n. 5, p. 974-985, set/out. 2010.
- FANGER, P.O. **Thermal comfort**. New York: McGraw-hill, 1972. 245p.
- FERREIRA, D. B. S. **Eventos extremos da zona de convergência intertropical sobre o atlântico durante o período chuvoso da Amazônia oriental**. 2018. **65 f.** Dissertação (Mestrado em ciências ambientais) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
- FERREIRA, W. R. S.; PEREIRA, P. L. Análise sinótica do verão/outono de 2009/10 da cidade de Belém, relacionado com padrões oceânicos adjacentes. *In*. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais[...]**. Belém: SBMET, 2010.
- FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista Acta Geográfica**. Boa Vista, p. 61-76. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v0i0.1094>.

FREITAS, E. D. **Circulações locais em São Paulo e sua influência na dispersão de poluentes**. 2003. 176f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FREITAS, E. D.; ROZOFF, C. M.; COTTON, W. R.; SILVA DIAS, P. L. Interactions of an urban heat island and sea-breeze circulations during winter over the metropolitan area of São Paulo, Brazil. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 122, p 43- 65, 2007.

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 de Geografia**, v. 7, n. 10, p. 94-106, set. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa da população de habitantes**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama> Acesso em: 08 de abril de 2020.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

MARTILLI, A.; ROULET, Y.; JUNIER, M.; KIRCHNER, F. On the impact of urban surface exchange parameterisations on air quality simulations: the Athens case. **Atmospheric Environment**, v. 37, p. 4217 – 4231, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Insolação**: causas, sintomas, diagnóstico, tratamento e prevenção. Disponível em: <https://saude.gov.br/saude-de-a-z/insolacao>. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2011.

MÜLLER, J. **Orientação básica para manejo da arborização urbana**. Porto Alegre: Nova Prova; Edições FAMURS, 1998.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. National Weather Service, Weather Forecast Office. **Excessive heat warning**. 2010. Disponível em: <https://www.weather.gov/bgm/heat>. Acesso em: 10 de março de 2021.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V.da S. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geográfica**, v. 28, n. 1, p. 93-109, 2011.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2. ed. 1987. 460p.

OLIVEIRA, A. S.; SANCHES, L.; DE MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Benefícios da arborização em praças urbanas - o caso de Cuiabá/MT. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 1900-15, fev, 2013.

PALMÉN, E.; NEWTON, C. W. **Atmospheric circulation systems**: their structure and physical interpretation. New York: Academic Press, 1969. 603 p.

SANTOS, P. F. C.; MOREIRA, A. B; ALMEIDA, C. A. P.; NOBREGA, R. S. Conforto térmico e diferentes tipos de tempo meteorológico na cidade do Recife (PE). **Revista Entre-Lugar**. Dourados-MS, v.8, n. 16, p.12-31, 2017.

SILVA JUNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; GALBRAITH, D. Análise da distribuição espacial do conforto térmico na cidade de Belém, PA no período menos chuvoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, 218-232. 2012.

[UNIVERSIDADE Federal do Pará]: Estação Meteorológica. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>  
..... Acesso em: 26 de nov. de 2020b

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: Pernambuco, 2006. Versão digital.