

SENSAÇÕES TÉRMICAS DO PERÍODO DE 1977-2016 EM TERESINA-PI, BRASIL

MEDEIROS, Raimundo Mainar de¹

Recebido (Received): 29-11-2018 Aceito (Accepted): 05-11-2019

DOI:

Como citar este artigo: MEDEIROS, R. M. Sensações térmicas do período de 1977-2016 em Teresina-PI, Brasil. **Formação (Online)**, v. 26, n. 49, p. 235-258, 2019.

Resumo

As condições atmosféricas e os efeitos adversos sobre o clima regional e local exercem forte influência na sociedade e vem causando condições de stress bioclimático que afetam a saúde e condição humana. Objetivou-se avaliar e analisar as variabilidades da sensação térmica e o seu nível de desconforto relacionando o comportamento do clima e a configuração urbana para o município de Teresina-PI. Utilizaram-se dados mensais e anuais de temperatura máxima, mínima e da umidade relativa do ar no período de 1977 a 2016, oriundos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na área estudada. Foi aplicado o índice de desconforto de Thom visando-se detectar as possíveis variabilidades de tendência climática observadas nos referidos elementos estudados, em escala local. Com base na variabilidade das sensações térmicas sobre as temperaturas máximas e mínimas, verificou-se que no período 1977-2016 suas flutuabilidades estão ficando mais quentes e abafadas, ao passo que as tardes se apresentam com sensações térmicas estacionárias. A série estudada evidencia variabilidade de tendência climática, observada na temperatura e na umidade relativa do ar em escala local. Entre setembro a dezembro tem-se a predominância do equador térmico posicionado sobre a parte norte do Nordeste, atingindo toda a área do município de Teresina-PI, reduzindo a cobertura de nuvens, aumentando a radiação solar diretamente na superfície do solo; redução da umidade relativa do ar, tendo como consequência o aumento do desconforto térmico.

Palavras-chave: Desconforto térmico. Tendências climáticas. Planejamento urbano/rural.

THERMAL SENSATIONS FROM 1977-2016 IN TERESINA-PI, BRAZIL

Abstract

Atmospheric conditions and adverse effects on the regional and local climate have a strong influence on society and are causing conditions of bioclimatic stress that affect human health and condition. The objective of this study was to evaluate and analyze the variability of the thermal sensation and its level of discomfort, relating the climate behavior and the urban configuration for the municipality of Teresina-PI. Monthly and annual data of maximum, minimum temperature and relative humidity were used from 1977 to 2016, from the weather station of the National Institute of Meteorology, located in the studied area. Thom's discomfort index was applied in order to detect the possible climate trend variability observed in the studied elements, in a local scale. Based on the variability of the thermal sensations over the maximum and minimum temperatures, it was found that in the period 1977-2016 their buoyancy is getting hotter and stiffer, while the afternoons present with stationary thermal sensations. The studied series evidences variability of climatic tendency, observed in the temperature and relative humidity of the local scale. From September to December there is a predominance of the thermal equator positioned over the northern part of the Northeast, reaching the entire area of the municipality of Teresina-PI, reducing cloud cover, increasing solar radiation directly on the soil surface; Relative humidity reduction, resulting in increased thermal discomfort.

Keywords: Thermal discomfort. Climatic trends. Urban/rural planning.

SENSACIONES TÉRMICAS DE 1977-2016 EM TERESINA-PI, BRASIL

Resumen

Las condiciones atmosféricas y los efectos adversos en el clima regional y local tienen una fuerte influencia en la sociedad y están causando condiciones de estrés bioclimático que afectan la salud y la condición humana. El

¹ Meteorologista, Pós-Doutor Universidade Federal Rural de Pernambuco E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

objetivo de este estudio fue evaluar y analizar la variabilidad de la sensación térmica y su nivel de incomodidad, relacionando el comportamiento climático y la configuración urbana del municipio de Teresina-PI. Se utilizaron datos mensuales y anuales de temperatura máxima, mínima y humedad relativa de 1977 a 2016, de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología, ubicada en el área estudiada. Se aplicó el índice de incomodidad de Thom para detectar la posible variabilidad de la tendencia climática observada en los elementos estudiados, a escala local. Basado en la variabilidad de las sensaciones térmicas sobre las temperaturas máximas y mínimas, se descubrió que en el período 1977-2016 su flotabilidad se está volviendo más cálida y rígida, mientras que las tardes presentan sensaciones térmicas estacionarias. La serie estudiada evidencia la variabilidad de la tendencia climática, observada en la temperatura y la humedad relativa de la escala local. De septiembre a diciembre predomina el ecuador térmico ubicado en la parte norte del noreste, que llega a toda el área del municipio de Teresina-PI, lo que reduce la cobertura de nubes y aumenta la radiación solar directamente sobre la superficie del suelo; Reducción de la humedad relativa, lo que resulta en una mayor incomodidad térmica.

Palabras clave: Malestar térmico. Tendencias climáticas. Planificación urbana/rural.

1 Introdução

Autores como Marengo et al. (2008); Marengo et al. (2004); Labaki et al. (2011) afirmam que há aumentos das tendências temperaturas observadas, especialmente a partir da segunda metade do século XX. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), essas tendências observadas no passado recente apresentam probabilidade de continuarem no mesmo sentido no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

Santos et al. (2012) utilizaram o índice de desconforto de Thom (IDT) para relacionar as zonas de conforto/desconforto de acordo com as alterações ocorridas nos centros urbanos. Tais autores verificaram que a faixa de classificação do índice de desconforto de Thom não é apropriada para regiões tropicais úmidas.

Assis (2011) e Santamouris (2014) explicam que nas cidades tropicais, ocorre uma série de efeitos adversos sobre o clima local, tais como o aumento da temperatura do ar e a redução da umidade relativa, produzindo condições de stress bioclimático, que afetam a saúde e produtividade humana.

De acordo com Kozmhinsky et al. (2016), qualidade ambiental está pautada no modo de vida que a população almeja possuir tanto do ponto de vista individual quanto coletivo e que está relacionada aos valores, percepções, gostos e preferências da sociedade. Do ponto de vista ambiental, o planejamento urbano é fundamental, pois contribui para gestão urbana de áreas verdes, trazendo benefícios ao microclima urbano (PAIVA et al., 2013).

De acordo com Araújo (2012) as condições atmosféricas exercem forte influência na sociedade, e nos estados de saúde ou gerando doença no organismo humano. Ainda de acordo com o autor a organização espacial da população depende de espaço, implicando na existência de condições ou situações de risco que influenciam na saúde pública. Para Labaki et al. (2011)

o exercício das atividades, ativas e passivas dos habitantes das cidades, necessitam de ambientes que sejam confortáveis termicamente.

Na questão de conforto e desconforto térmico existem diversas realidades, sejam elas rurais e/ou urbanas. No entanto, esse desconforto ambiental tem sido pertinente às cidades, especialmente as localizadas em regiões com elevadas temperaturas (BRASIL, 2015).

A dinâmica populacional da cidade através do seu crescimento desordenado interfere nos elementos atmosféricos tais como calor, albedo, chuva, evapotranspiração e balanço de energia da superfície, obtendo-se deste modo um microclima específico. Daí surge ilhas de calor e de frescor, ocasionando climas e microclimas locais (ROVANI et al., 2010).

A rápida expansão de infraestrutura nas cidades brasileiras, sem planejamento urbano e de forma mais intensa com a supressão de vegetação para instalação de equipamentos urbanos, resultou em vários problemas, dentre eles a formação de ilhas de calor (SILVA et al., 2015).

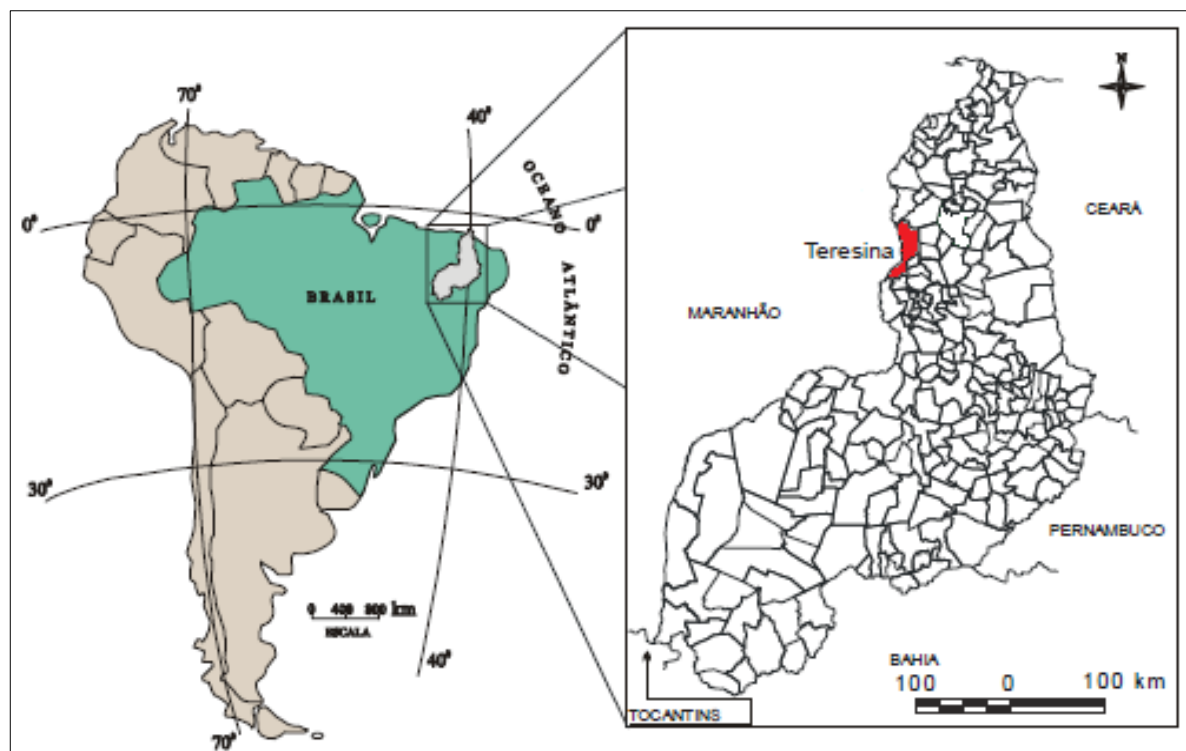
Specian et al. (2013) analisaram a variação de temperatura e umidade relativa do ar entre locais numa praça e numa área remanescente de cerrado na cidade de Iporá GO. Constataram variação de até 4 °C de temperatura entre os dois pontos, sendo que o segundo local se manteve sempre com temperatura menor. A umidade relativa do ar apresentou variação máxima de 19% entre os pontos de coleta, com maiores valores para o remanescente de cerrado.

O objetivo deste trabalho foi analisar temporal e pontual as variabilidades da sensação térmica e o seu nível de desconforto, relacionando o comportamento do clima e a configuração urbana no período 1977-2016, para o município de Teresina - PI, bem como discutir possíveis causas.

2 Material e Métodos

O município de Teresina – PI (Figura 1) está localizado entre as coordenadas geográficas latitude 05°50'S e longitude 42°48'W, com uma altitude média de 72 metros em relação ao nível do mar. É caracterizado por ter um microclima diferenciado dentro do seu próprio município. Segundo Köppen (1928) a classificação climática é do tipo Aw', e conforme a classificação realizada por Alvares et al. (2014) com uma temperatura do ar média por volta de 28,5 °C, apresentando umidade relativa do ar anual de 67,7% e precipitação média anual de 1.430,7 mm.

Figura 1 - Mapa da localização de Teresina - PI.



Fonte: Adaptada pelo autor.

Os dados mensais de temperatura máxima e mínima do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) referente ao período 1977-2016 foram adquiridos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), os quais passaram pelos serviços de preenchimentos de falhas, consistência e homogeneização, sendo em seguida manuseados estatisticamente para obtenção das temperaturas máximas e mínimas mensais e anuais das variáveis estudadas.

Utilizou-se o método de Thom, com utilização dos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar para avaliação das condições de conforto ou desconforto térmico. O nível de desconforto térmico para os locais estudados foi avaliado através do Índice de Desconforto de Thom (IDT), calculado a partir da equação:

$$IDT = Ta - (0,55 - 0,0055 \cdot UR) \cdot (Ta - 14,5) \quad (1)$$

Onde:

Ta = temperatura do ar (°C) e UR = umidade relativa do ar (%).

A caracterização térmica ambiental estudada foi com base em Silva et al. (2006) e Giles et al. (1990), sendo o índice de desconforto empregado como parâmetro definidor das condições de conforto e/ou desconforto térmico, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 - Faixa de classificação do Índice de Desconforto de Thom (IDT).

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto Térmico
1	IDT < 21	Sem desconforto
2	21 ≤ IDT < 24	Menos de 50% da população sente desconforto
3	24 ≤ IDT < 27	Mais de 50% da população sente desconforto
4	27 ≤ IDT < 29	A maioria da população sente desconforto
5	29 ≤ IDT < 32	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32	Estado de emergência médica

Fonte: Giles et al. (1990).

3 Resultados e Discussões

Os cálculos da sensação térmica para os valores da temperatura máxima do período de 1977-2016, utilizando-se o Índice de Desconforto de Thom (IDT), demonstraram valores de IDT superiores a 32°C, que de acordo com a classificação é considerado estado de emergência médica (Tabela 2), evidenciando que a população deve utilizar vários artifícios como: usar roupa leve e chapéu, evitar a exposição ao sol diretamente, para seu bem estar durante os dias do ano.

Tabela 2 - Sensação térmica da temperatura máxima no período de 1977-2016 em Teresina – PI.

Ano	Jan.	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out	Nov.	Dez	Anual
1977	37,2	37,7	38,8	38,4	38,1	37,8	38,3	40,8	41,8	42,1	42,5	39,8	39,6
1978	38,8	38,8	38,1	38,6	38,6	37,9	39,1	40,5	41,7	42,2	41,4	39,3	39,7
1979	39,3	38,3	39,8	39,3	38,7	38,2	40,8	41,0	41,9	42,7	42,3	41,1	40,4
1980	38,8	37,4	39,1	39,8	40,5	40,5	40,9	41,6	42,7	42,9	41,7	40,6	40,7
1981	39,2	40,6	39,6	40,1	39,7	40,4	40,1	41,5	42,3	43,5	42,8	41,8	41,1
1982	38,7	37,8	39,3	38,4	38,6	39,4	40,5	41,2	42,2	42,0	42,4	42,2	40,4
1983	41,3	39,0	40,0	40,4	41,3	41,4	41,6	41,9	43,0	43,0	42,4	41,5	41,5
1984	38,3	38,1	43,2	40,9	37,9	41,1	38,1	42,3	38,6	45,5	45,9	42,5	41,1
1985	38,4	37,6	38,5	37,1	38,3	36,8	37,3	41,2	41,2	41,2	40,5	37,7	38,9
1986	38,8	38,2	37,9	38,8	38,8	37,8	39,1	40,6	41,5	41,3	41,0	41,1	39,7
1987	39,9	39,2	37,7	39,4	40,7	38,8	40,2	43,5	44,5	42,0	44,3	43,9	41,2
1988	40,4	39,5	39,1	39,3	39,1	39,2	38,7	40,3	42,6	43,3	42,5	39,2	40,3
1989	39,1	39,5	37,5	38,1	38,5	38,7	38,4	40,7	42,4	42,7	40,7	38,3	39,7

1990	40,1	39,9	40,3	39,7	39,8	40,2	40,0	41,8	42,8	42,1	42,3	41,7	41,0
1991	38,6	40,0	38,0	39,1	39,0	39,0	39,0	40,7	42,7	42,9	45,0	45,4	40,9
1992	40,0	40,5	38,9	40,1	41,5	41,8	41,4	43,0	45,0	45,4	44,9	43,8	42,3
1993	43,2	41,5	39,4	39,5	40,3	41,6	41,7	42,8	43,3	44,3	47,7	46,9	42,8
1994	38,4	39,0	38,7	38,5	38,4	38,4	38,8	40,3	41,9	43,0	42,2	42,7	40,1
1995	38,3	38,0	39,3	38,4	38,4	37,7	37,5	40,4	42,4	42,8	40,9	41,2	39,7
1996	38,7	39,1	38,6	38,4	39,1	38,4	39,5	40,8	42,3	41,8	41,1	42,3	40,1
1997	39,1	41,3	38,3	38,7	37,8	38,6	38,9	41,6	43,5	44,1	43,0	43,3	40,8
1998	40,3	39,1	39,8	39,4	39,3	38,9	39,0	40,7	41,7	41,9	42,8	42,4	40,6
1999	38,8	38,7	38,4	38,7	37,7	39,4	40,0	41,4	42,6	42,7	41,5	39,3	40,0
2000	38,9	39,2	38,8	38,6	39,1	38,4	39,3	40,2	41,4	42,7	42,1	42,0	40,1
2001	39,1	38,1	38,2	37,9	39,3	38,4	39,3	40,4	42,0	42,9	41,9	40,8	40,0
2002	38,3	39,6	38,9	38,7	39,1	39,2	40,9	41,3	41,9	43,2	43,1	42,4	40,7
2003	41,6	39,2	39,1	39,2	39,1	38,8	39,3	42,0	43,0	44,3	42,7	42,7	41,0
2004	39,8	39,3	40,1	39,7	39,9	39,3	39,7	42,7	43,9	44,5	44,6	42,2	41,4
2005	42,4	40,4	39,9	40,1	40,0	38,8	39,5	41,8	43,3	44,5	44,3	40,7	41,4
2006	40,0	40,2	39,6	39,1	38,8	38,5	39,7	41,6	43,0	43,7	42,7	43,2	40,9
2007	43,3	38,4	40,0	39,3	40,1	39,6	41,4	40,9	42,4	43,6	34,7	36,0	40,1
2008	39,9	38,9	38,6	39,2	39,4	35,3	39,1	41,2	43,3	44,0	44,1	41,0	40,5
2009	38,9	39,1	39,3	38,8	38,3	39,0	38,7	40,4	42,9	42,9	43,6	41,1	40,4
2010	40,3	40,6	41,3	40,4	41,0	39,8	40,6	42,2	43,4	44,5	43,1	41,2	41,6
2011	39,5	39,2	39,7	39,8	38,9	39,7	39,7	41,7	43,5	43,2	41,2	42,5	40,8
2012	40,8	39,9	40,4	40,8	41,1	33,6	41,9	42,1	43,7	44,9	44,0	43,3	41,5
2013	40,3	41,6	41,4	40,3	39,9	39,5	41,0	43,2	44,1	44,3	42,4	42,4	41,8
2014	40,1	39,9	39,7	40,1	40,0	40,2	41,0	42,4	43,4	44,1	43,7	42,6	41,6
2015	41,7	39,9	40,2	40,8	40,2	39,9	40,9	43,3	44,9	45,9	46,2	47,1	42,7
2016	41,3	41,7	39,8	41,4	41,7	41,7	43,0	44,1	45,3	46,0	46,3	47,2	43,4

Fonte: Autor (2018).

De acordo com o índice da sensação térmica da temperatura máxima do período de 1977-2016 em Teresina – PI, o estado de emergência médica foi classificado como 6 de acordo com Giles et al. (1990), sendo considerado desconforto fortíssimo e perigoso. Tal situação predominou em todos os anos e meses estudados, demonstrando que a população teresinense deve redobrar seus cuidados e hábitos ao ficar exposta a determinadas situações cotidianas

como: o uso do guarda-chuva vem a minimizar a incidência solar, usar roupas leves e filtros solares.

A tabela 3 foi obtida a partir de cálculos da sensação térmica para os valores da temperatura mínima do período de 1977-2016 base no Índice de Desconforto de Thom (IDT).

Tabela 3 - Sensação térmica da temperatura mínima no período de 1977-2016 em Teresina – PI.

Ano	Jan.	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun.	Jul.	Ago	Set	Out	Nov.	Dez	Anual
1977	25,6	24,9	25,0	26,1	24,8	23,4	20,7	22,8	24,7	23,6	24,7	25,5	24,3
1978	25,0	26,1	26,0	26,1	25,7	22,1	23,5	20,8	22,9	23,5	24,4	25,1	24,2
1979	25,6	26,0	25,6	26,1	25,2	21,6	20,3	21,7	23,5	24,1	24,9	25,5	24,2
1980	25,7	26,1	25,2	26,3	25,0	23,5	21,8	20,1	23,4	24,7	25,6	25,1	24,3
1981	25,7	25,0	25,8	24,7	24,3	21,1	19,5	21,8	24,4	24,3	25,8	25,5	24,0
1982	26,0	25,3	26,2	25,7	23,7	22,6	22,3	21,5	23,9	24,3	24,1	25,3	24,2
1983	26,8	25,8	26,1	25,9	25,5	22,8	21,0	22,5	23,3	24,2	25,1	26,0	24,6
1984	25,5	21,0	24,6	24,8	22,7	21,0	24,7	24,7	25,0	24,6	22,8	24,8	23,9
1985	24,6	25,0	25,6	25,9	25,8	23,5	22,6	22,9	22,5	23,8	25,7	25,4	24,4
1986	24,9	25,0	25,5	26,0	25,0	22,9	22,3	21,8	23,4	24,5	23,9	24,3	24,1
1987	23,8	23,5	25,0	24,3	23,8	22,6	20,5	21,4	21,4	21,9	23,1	24,7	23,0
1988	24,4	26,1	26,1	26,1	24,8	23,4	21,5	20,1	22,5	25,4	25,5	25,7	24,3
1989	25,2	25,1	25,1	26,1	25,3	24,1	23,0	22,8	23,2	24,6	25,2	25,9	24,6
1990	24,3	25,4	25,0	25,4	25,0	23,6	23,9	22,4	23,2	23,8	24,9	25,2	24,3
1991	25,4	25,4	25,5	26,1	25,0	24,3	20,7	20,5	22,5	24,0	25,7	26,5	24,3
1992	24,8	24,8	25,6	25,5	25,2	22,6	20,4	20,9	23,0	24,1	24,8	25,4	23,9
1993	26,0	24,9	24,7	25,3	24,1	22,9	21,7	23,5	23,4	25,0	26,6	27,1	24,6
1994	25,3	25,3	25,3	25,6	25,1	24,1	20,4	22,3	22,7	23,8	25,2	25,2	24,2
1995	24,4	25,0	25,8	26,4	26,8	24,0	24,9	25,3	25,8	26,2	26,0	26,1	25,6
1996	25,2	25,8	26,1	26,4	25,5	22,6	21,4	23,0	23,0	25,2	25,8	25,6	24,6
1997	25,0	25,8	25,9	26,3	24,8	21,5	19,8	20,7	23,1	24,8	25,3	25,2	24,0
1998	25,5	26,5	26,6	26,9	26,3	23,9	23,4	23,4	24,5	25,5	27,3	26,4	25,5
1999	26,6	26,2	25,7	25,9	25,4	23,4	20,6	22,0	24,8	25,5	26,1	25,5	24,8
2000	25,4	25,1	25,8	25,3	25,3	24,3	24,4	23,1	24,5	24,9	25,2	26,7	25,0
2001	25,8	29,1	25,9	26,2	26,3	25,3	24,1	21,4	25,0	25,9	26,7	24,5	25,5
2002	26,6	26,6	26,4	27,0	26,1	25,2	24,8	23,2	24,9	25,7	26,7	27,1	25,9
2003	26,8	26,7	26,6	27,0	26,4	25,4	22,5	23,6	24,4	26,9	27,3	27,2	25,9
2004	27,1	26,9	26,9	27,1	26,7	24,9	24,3	25,1	25,7	26,5	26,7	27,4	26,3
2005	27,7	27,8	27,4	26,9	27,1	25,5	23,1	23,1	23,8	25,6	26,3	26,9	25,9

2006	26,5	25,9	26,9	26,9	26,1	24,9	22,7	22,4	24,4	25,4	26,2	25,7	25,3
2007	26,1	25,2	25,5	25,3	24,5	21,8	21,9	19,9	25,0	26,3	28,5	25,7	24,7
2008	24,9	24,7	24,8	24,5	24,0	22,0	21,0	20,6	23,9	25,0	32,0	26,4	24,5
2009	25,4	25,4	25,5	25,5	25,4	23,1	20,5	21,2	22,3	23,9	29,0	26,5	24,5
2010	24,1	24,7	25,2	25,4	26,5	24,0	22,7	22,9	23,0	25,8	25,9	26,6	24,7
2011	26,0	25,9	26,2	26,4	26,4	24,4	22,7	22,7	23,0	25,4	25,3	25,6	25,0
2012	25,8	22,2	25,6	25,7	25,2	21,4	22,0	21,0	22,3	24,7	26,1	25,4	21,9
2013	25,5	24,9	25,3	25,0	24,4	23,5	22,5	21,8	23,0	25,7	26,4	26,4	24,5
2014	25,3	25,1	25,8	25,9	27,0	24,9	23,1	22,3	24,6	25,7	26,3	27,1	25,3
2015	26,3	26,7	26,5	27,1	26,2	24,6	23,9	22,1	24,6	26,1	27,3	28,1	25,8
2016	26,7	27,3	26,3	28,1	27,4	24,1	22,3	23,0	26,2	26,3	27,1	28,0	26,1

Fonte: Autor (2018).

Com base no Índice de Desconforto de Thom (IDT), foram obtidos valores de IDT, nas faixas encontradas na Tabela 1, para a variabilidade da sensação térmica da temperatura mínima do período de 1977-2016 no município de Teresina - PI. Com esta variabilidade da sensação térmica diária, mensal e anual devem ser tomados cuidados redobrados nos recém-nascidos e terceira idade, visto que são mais sensíveis às doenças como: gripes, pneumonia, bronquites.

De acordo com a tabela 4, destaca-se a faixa 3 (três) como a de maiores ocorrências registradas em todos os meses; a faixa 2 (dois) concentra-se entre os meses de junho a dezembro com moderada a fraca flutuabilidade; as faixas 1 (um) e 4 (quatro) ocorrem em meses isolados e suas flutuações são bastante reduzidas. Estas flutuações têm similaridade com o estudo de Medeiros et al. (2016).

Tabela 4 - Resumo dos resultados obtidos no cálculo da sensação térmica da temperatura mínima do período de 1977-2016 em Teresina - PI.

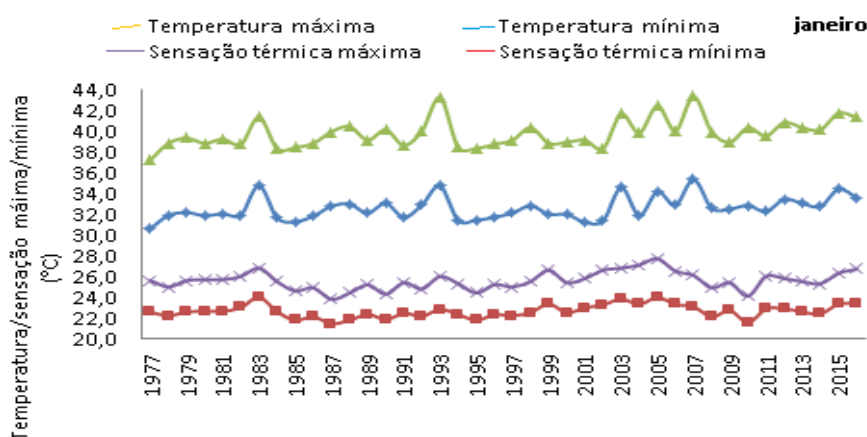
Faixa/meses	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out	Nov.	Dez	Anual
1							13	10					
2	1	3			2	25	17	26	22	9	3	32	1 2
3	36	34	38	34	34	14	9	3	17	30	29	7	27
4	2	2	1	5	3						6		
5											1		
6													

Legenda: 1 – Sem desconforto; 2 - Menos de 50% da população sente desconforto; 3 - Mais de 50% da população sente desconforto; 4 - A maioria da população sente desconforto; 5 - O desconforto é muito forte e perigoso. 6 - Estado de emergência médica. Fonte: Autor (2018).

No Gráfico 2 observa-se que a temperatura máxima variou entre 30,3 °C e 35,1 °C, com a variabilidade da sensação térmica ficando entre 37 °C e 43 °C. As flutuações das temperaturas e sensação térmica no mês em estudo apresentaram menores amplitudes. Destacam-se os anos de 1983, 1993, 1999, 2005, 2015 e 2016 com flutuações acima da normalidade. Entre os anos de 1978, 1987, 1995 e 2010 registraram-se reduções nas temperaturas mínimas e suas respectivas sensações.

Os anos considerados acima, para a temperatura e sensação térmica, tiveram suas flutuabilidades climáticas alteradas por ausência de precipitações, pouca cobertura de nuvem, altas incidências de radiação solar. Nas flutuações das temperaturas mínimas e suas sensações, os fatores climáticos atuaram com maiores variabilidades de precipitações, maiores coberturas de nuvens e como baixas incidências de radiação, pois os dias estavam em suas auroras.

Gráfico 2 - Variabilidade da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de janeiro do período 1977-2016 em Teresina-PI.

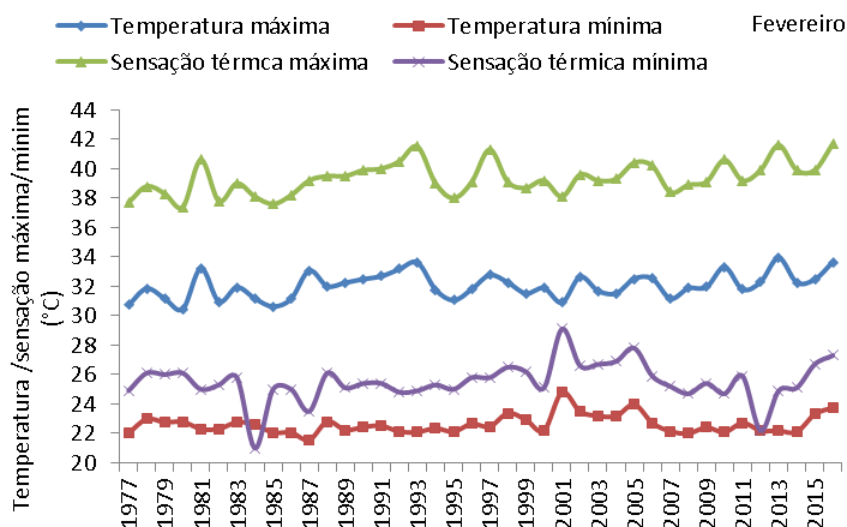


Fonte: Autor (2018).

Observa-se no Gráfico 3 para o mês de fevereiro, considerado como mês chuvoso, que oscilações de temperatura máxima fluem entre 30,1 °C no ano de 1980, e 34 °C nos anos de 1983, 2013 e 2016.

A menor sensação térmica mínima está registrada nos anos de 1980, 1985, 1995 e 1999 com flutuações de 37,1 °C a 38,3 °C. As sensações máximas das máximas ocorreram nos anos de 1992, 1996, 2012 e 2016 com 42 °C. As temperaturas mínimas oscilaram entre 19 a 25,1 °C. Os anos com mínimas temperaturas foram 1977, 1984 e 1997 com 21,8°C, 19 °C e 21,9 °C, respectivamente. As temperaturas máximas das mínimas ocorreram em 1983 com 23,2°C; 1998 com 23,5 °C; 2001 com 24,8 °C e 2005 com 24,6 °C. As flutuações das sensações térmicas nos referidos anos foram de 21 °C, 19,8 °C e 29 °C, respectivamente.

Gráfico 3 - Variabilidade da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de fevereiro do período 1977-2016 em Teresina-PI.



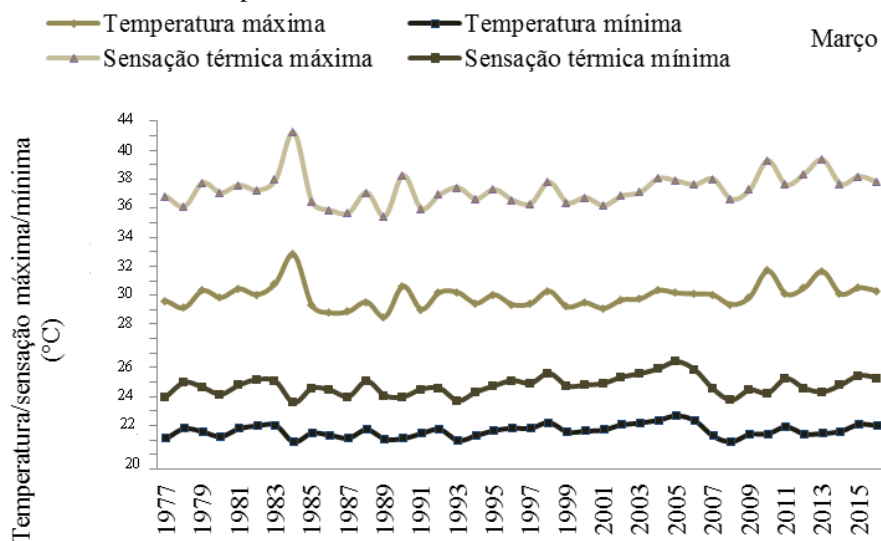
Fonte: Autor (2018).

As temperaturas máximas do mês de março entre o período de 1977 a 2016 (Gráfico 4) oscilaram de 30,2 °C a 35,3 °C. Destaca-se o período 1991-2004 com temperaturas máximas fluindo de 30,8 °C a 32,5 °C. Destacam-se ainda que no período de 2010 a 2016, os aumentos registrados nas temperaturas foram decorrentes da ausência de chuvas, auxiliados pela incidência da radiação solar, variabilidade da umidade relativa do ar e a baixa intensidade do vento. Chama-se a atenção para o alto valor da temperatura máxima registrada em 1984, ano de maior seca já ocorrida no município.

A sensação térmica da temperatura máxima oscilou de 37 °C a 43,6 °C. Estes aumentos podem estar relacionados com as taxas evaporativas após as ausências pluviais. As flutuações das temperaturas mínimas para o mês de março oscilaram de 21,8 °C nos anos de 1984, 1993; 2008 com 21,8 °C e o ano de 2005 com 24,1 °C. Salienta-se que entre os anos de 1977 a 1993 as temperaturas mínimas foram reduzidas quando comparadas ao período de 1999 a 2015.

Observando-se as flutuações das sensações térmicas da temperatura mínima destacam-se os anos de 1994 a 2005 como de alta variabilidade, sendo os períodos de 2006 a 2016 e de 1977 a 1993 considerados como de média variabilidade de sensação térmica.

Gráfico 4 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de março do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

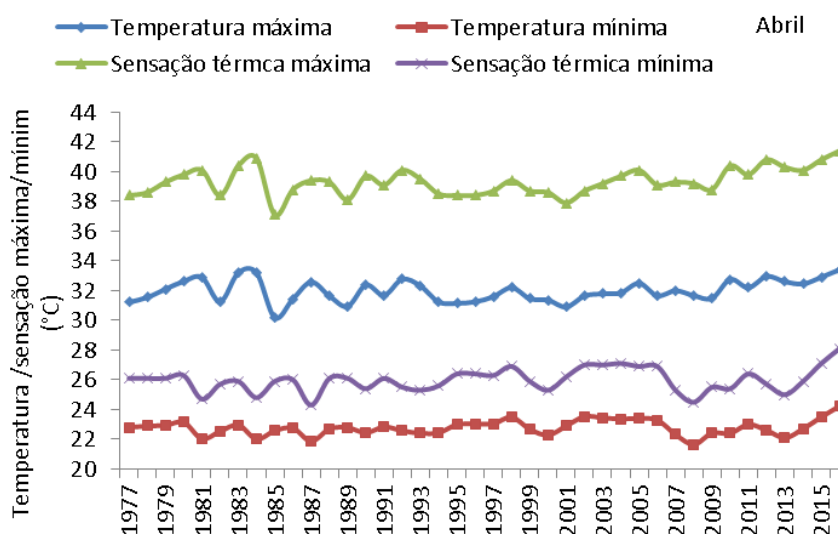


Fonte: Autor (2018).

No Gráfico 5 observa-se que a oscilação da temperatura máxima fluiu de 30,1 °C a 33,9 °C, destacando-se que no período de 2009 a 2016 ocorreram aumentos gradativos e nos anos 1985, 1989, 1994-1997 e 2001 registraram-se as menores flutuações deste parâmetro. As oscilações da sensação térmica da temperatura máxima evidenciaram variabilidade de 36,8 °C a 41,7 °C, enquanto que nos demais meses seguem aumentos normalizados das sensações. O mês de abril é considerado chuvoso na área de estudo e as irregularidades pluviiais devem ter contribuído para esta variabilidade da temperatura e sensação térmica.

A flutuação da temperatura mínima oscilou entre 21,9 °C e 24,9 °C. Nos anos de 1981, 1984, 1987 e 2008 ocorreu temperatura mínima de 21,9 °C, com destaque para os anos entre 2014 a 2016 com os máximos aumentos na temperatura mínima. A sensação térmica do referido parâmetro oscilou entre 24,1 °C e 28,1 °C. Os índices pluviiais, a cobertura de nuvem e baixa radiação foram os elementos que contribuíram para as baixas oscilações da temperatura e sensação térmica do Gráfico 5.

Gráfico 5 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de abril do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

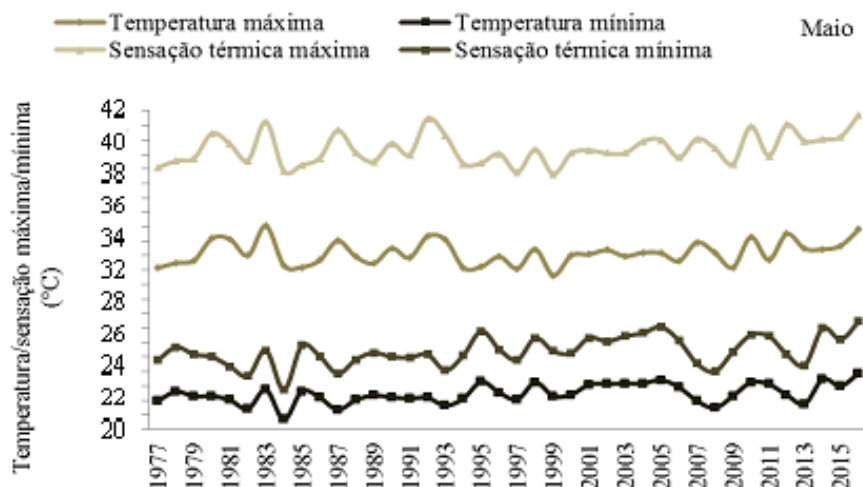


Fonte: Autor (2018).

Em maio ocorreram variações das temperaturas máximas fluindo entre 30,3 °C, no ano de 1999, a 34,5 °C nos anos de 1983 e 2016. Entre os anos de 2000 a 2006 as flutuações das temperaturas praticamente foram mínimas. Nos períodos de 2007 - 2016 e 1978 - 1998 ocorreram as máximas amplitudes (Gráfico 6). As sensações térmicas de menores oscilações ocorreram nos anos de 1977, 1984, 1997 e 1999 com 37,1 °C. As máximas sensações foram registradas nos anos de 1992 e 2016 com 42 °C. No período de 2000-2003 registraram-se sensações de 39°C.

As flutuações das temperaturas mínimas do período de 1977-2016 estão representadas no Gráfico 4, com 20,2 °C no ano de 1984 a 24,3 °C no ano de 2016. Entre os anos de 1977 a 1993 as temperaturas mínimas sofreram poucas variabilidades. Entre os anos de 2014-2016 suas flutuações foram elevadas. As variabilidades das flutuações de maiores índices foram registradas no período de 1993-2005.

Gráfico 6 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de maio do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

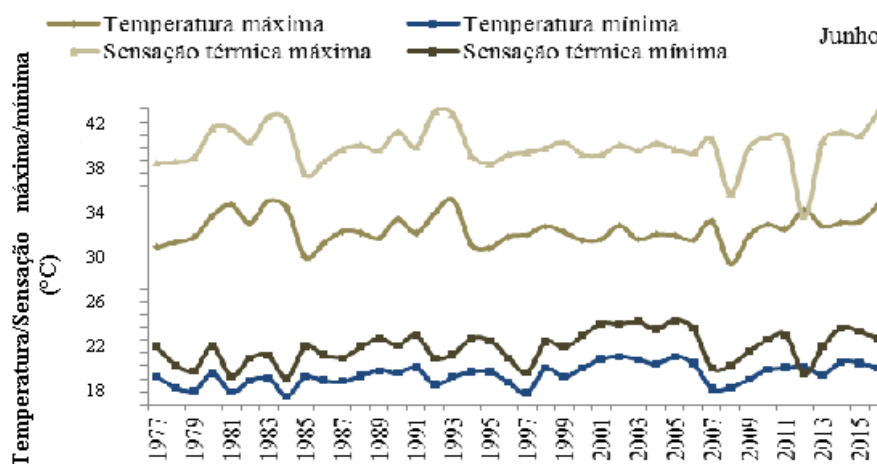


Fonte: Autor (2018).

Em junho as temperaturas máximas fluíram entre 29,9 °C no ano de 2009 a 35,3 °C em 1983 e 1993. Destacam-se os anos 1980, 2012 e 2016 com altas temperaturas máximas e os anos de 1977 e 1978 com baixa intensidade de temperatura (Gráfico 4).

Houve aumentos gradativos da temperatura mínima ao longo do período 1986-2005 e variabilidade no período 2007-2016. De acordo com Marengo (2008) a temperatura mínima é a que mais vem provocando aumentos significativos e, conseqüentemente, as variações da sensação térmica elevam-se consideradamente (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de junho do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

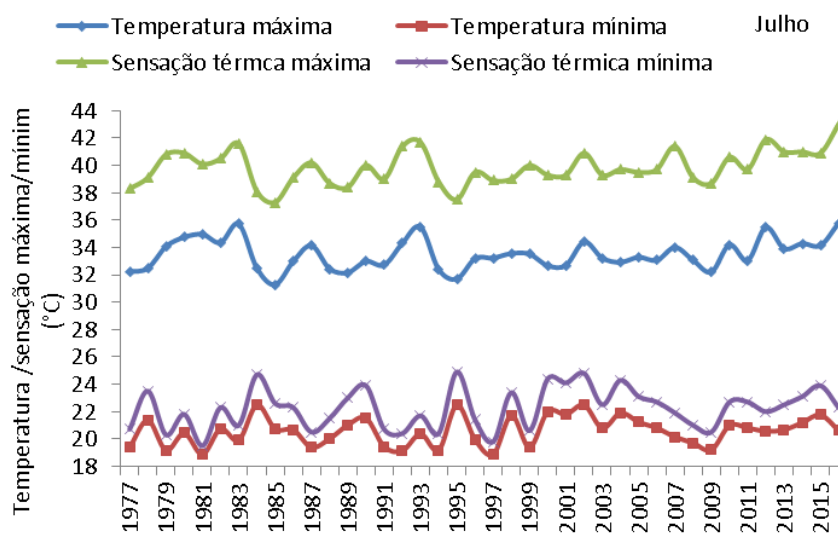


Fonte: Autor (2018).

No mês de julho (Gráfico 8) dos anos de 1983, 1993, 2007, 2012 e 2016 foram registradas as maiores temperaturas máximas e nos anos 1978, 1985, 1995 e 2009 ocorreram as menores temperatura mínimas. As variabilidades da sensação térmica nos anos de 1985 e 1995 foram de 37,1 °C e nos anos de 1983, 1993 e 2012 foi 41,8 °C. No ano de 1985 registrou-se a menor sensação térmica do período de estudo. Estas flutuações da sensação térmica corroboram com os estudos de Varejão-Silva (2006).

As variabilidades da temperatura mínima oscilou entre 18,7°C nos anos 1979, 1992, 1994 e 1999 a 22,4 °C nos anos de 1984, 1995 e 2002, destacando-se os períodos 1979-1981, 1991-1994 e 2006-2009 com sensação térmica fluindo entre 19 a 21°C. No período 2000-2003 registraram-se as elevadas sensações térmicas (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de julho do período de 1977-2016 em Teresina-PI.



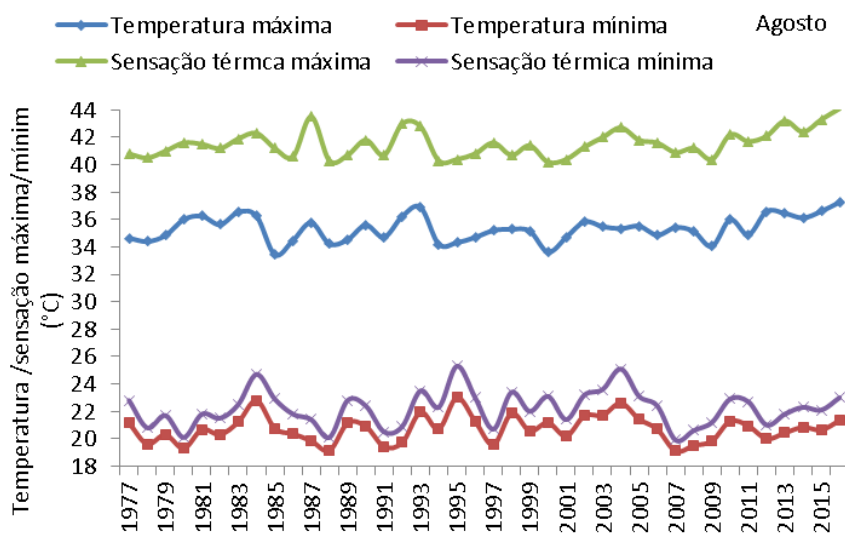
Fonte: Autor (2018).

O mês de agosto (Gráfico 9) apresentou menores oscilações das temperaturas máximas/mínimas e suas respectivas sensações térmicas. As flutuações das temperaturas máximas variaram de 33,4 °C nos anos de 1985 e 2000 a 37,8 °C em 2016. Destaca-se o período 2002-2009 com flutuações de temperatura máxima oscilando entre 34,7 °C a 36,2 °C. Entre os anos de 2014 a 2016 houve temperaturas máximas elevadas. As flutuabilidades das sensações entre os anos de 1987, 1992, 1993, 2002-2006 e 2014-2016 foram as mais elevadas (Gráfico 9).

As oscilações das temperaturas mínimas fluíram entre 18,8 °C nos anos de 1988 e 2007 e nos anos de 1984, 1995 e 2004 ocorreram elevadas temperaturas mínimas no período em

estudo, com 23,3 °C. Entre os anos 1985-1988 e 2006-2009 registraram-se as menores flutuações de temperatura mínima. As oscilações térmicas fluíram de 19,9 °C a 25,9 °C. Houve reduções de sensações térmicas entre os anos de 1985-1988, 1990, 1991, 1996, 1997 e 2005-2007. Os anos com maiores variabilidades térmicas foram 1984, 1995 e 2004.

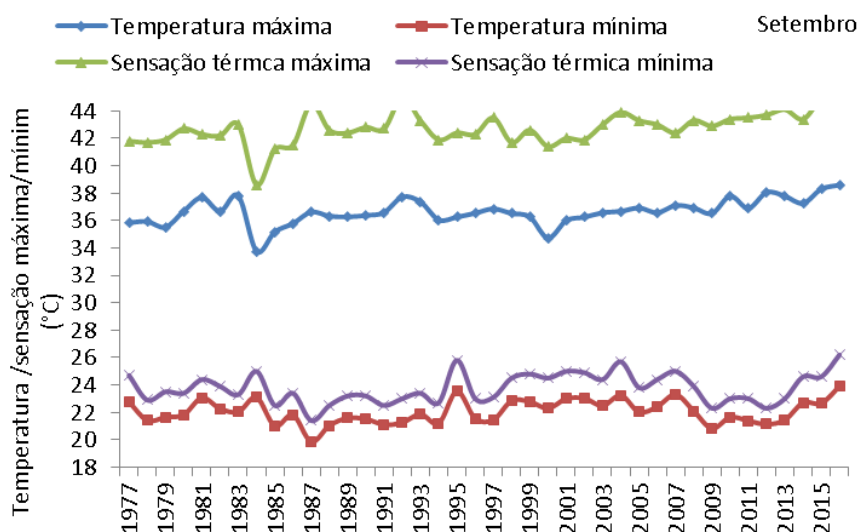
Gráfico 9 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de agosto do período de 1977-2016 em Teresina – PI.



Fonte: Autor (2018).

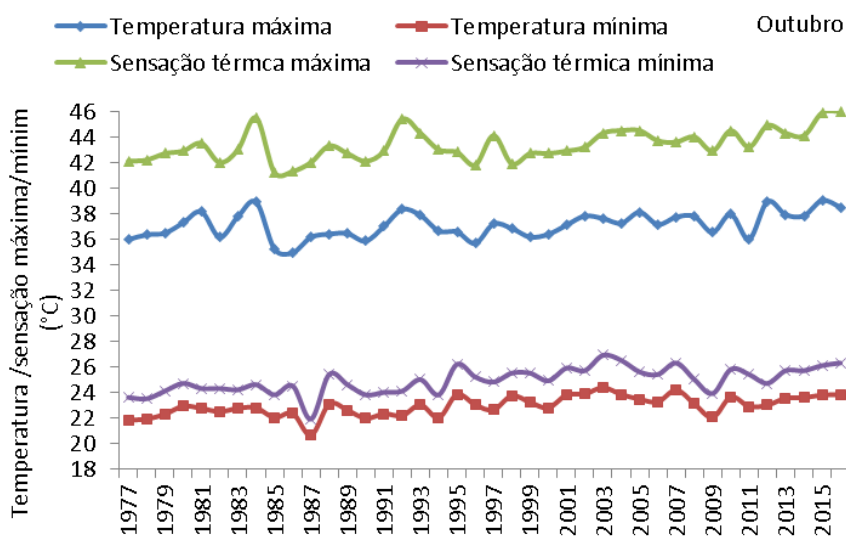
Os Gráficos 10 (setembro) e 11 (outubro) evidenciam os meses de máximas oscilações das temperaturas extremas (máximas/mínimas) acarretando maiores variabilidades nas sensações térmicas. Outros elementos que influenciam nas variabilidades das sensações térmicas são incidência da radiação solar diretamente na superfície, cobertura de nuvens reduzidas e baixa velocidade do vento (Medeiros, 2007).

Gráfico 10 – Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de setembro do período de 1977-2016 em Teresina-PI.



Fonte: Autor (2018).

Gráfico 11 – Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de outubro do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

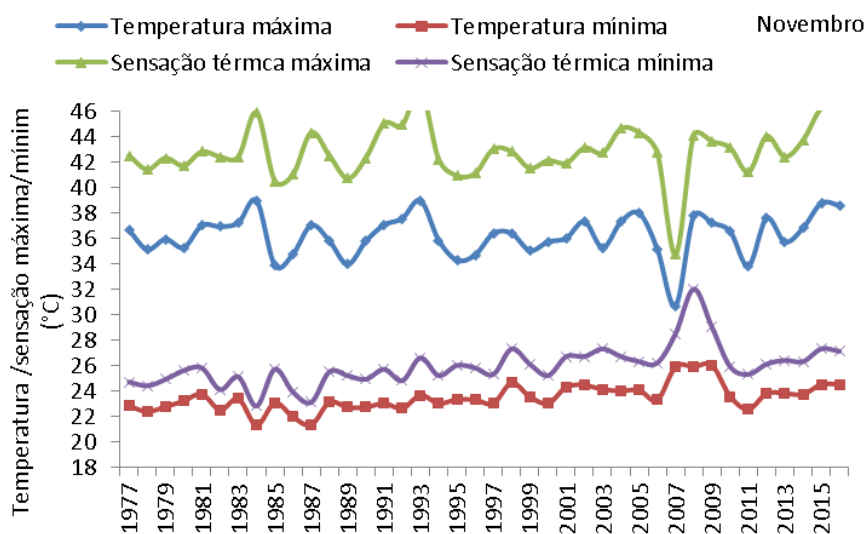


Fonte: Autor (2018).

As variações da temperatura e da sensação térmica máxima para o mês de novembro (Gráfico 12) destacam-se amplitudes elevadas, com suas oscilações de 31 °C no ano de 2007 a 40 °C nos anos de 1984, 1993, 2015 e 2016.

As oscilações das temperaturas mínimas e da sensação térmica no período 1988-1999 apresentaram-se com pouca variabilidade. Destacam-se os anos de 1984 e 1987 como de reduzida temperatura e sensação ocasionada pela cobertura de nuvem e consequentemente a redução da insolação O ano de 2008 apresentou elevada temperatura mínima e sensação.

Gráfico 12 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de novembro do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

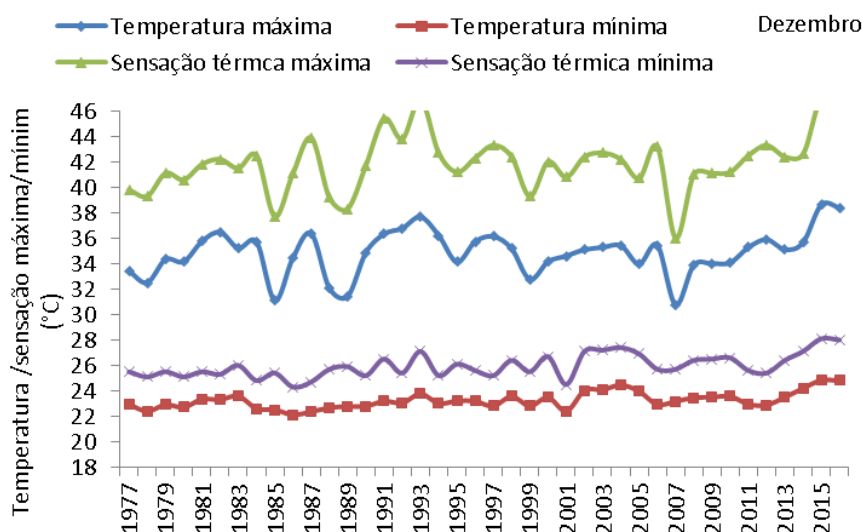


Fonte: Autor (2018).

No mês de dezembro (Gráfico 13) com chuvas ocasionais de início da pré-estação na área estudada, ocorre evapotranspiração após as ocorrências das precipitações, auxiliando nas condições das sensações térmicas para ambas as temperaturas. Marque et al. (2009) mostraram que o clima é extremamente influenciado pela morfologia urbana e suas construções, sendo modificado de inúmeras formas. Inúmeros são os estudos realizados a fim de confirmar tal situação, demonstrando que “à escala local e a curto e médio prazo, o ser humano ao transformar o seu suporte biogeofísico, modifica de forma efetiva o balanço radioativo e energético dos espaços urbanos”. Tal afirmativa vem corroborar com este estudo.

A temperatura máxima oscilou de 31,9 °C no ano de 1985 a 36,1 °C em 2016 (Gráfico 13). Destacam-se os anos de 1999 a 2016 que vem ocorrendo variabilidade nos registros da temperatura máxima cujas oscilações vão de 32,9 °C a 36,1 °C. Observando-se o período de 1997 a 1984 e o período de 1989 a 1994 ocorreram variações bruscas de temperaturas máximas causadas pela variabilidade da umidade relativa, radiação solar, baixa cobertura de nuvens e intensidade fraca de vento (MEDEIROS, 2007).

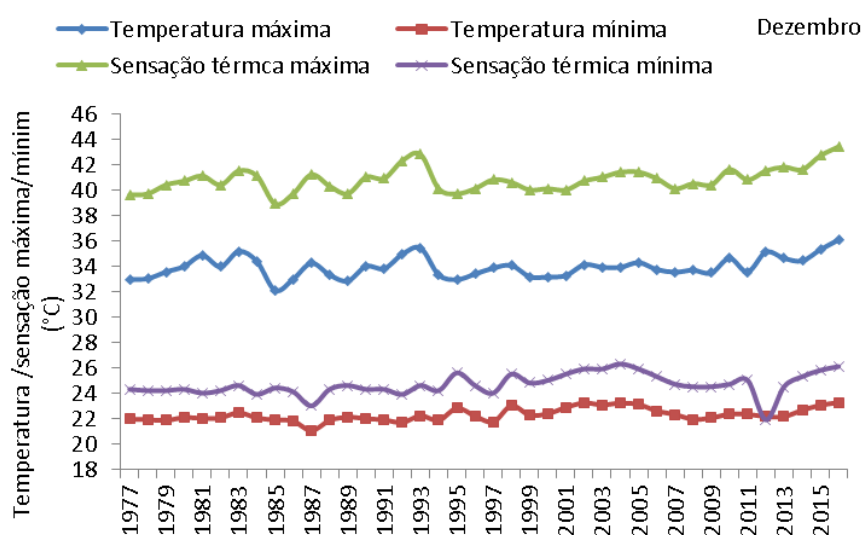
Gráfico 13 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) do mês de dezembro do período de 1977-2016 em Teresina-PI



Fonte: Autor (2018).

A variabilidade da sensação térmica máxima para o município de Teresina-PI, no período de 1999-2016, teve flutuação oscilando de 39,8 °C a 43,4 °C. Nos períodos de 1997-1984 e 1989-1994 foram registradas as maiores variabilidades da sensação térmica (Gráfico 13).

Gráfico 14 - Demonstrativo da temperatura e da sensação térmica máxima e mínima (°C) anual do período de 1977-2016 em Teresina-PI.



Fonte: Autor (2018).

As oscilações da temperatura mínima e de sua respectiva sensação térmica pode ser visualizada no Gráfico 14. As oscilações da temperatura mínima do período 1977-2016 fluíram de 20,9 °C a 23,5 °C. Destacam-se os anos de 2002 a 2005, 2015 e 2016 com elevadas

temperaturas mínimas fluindo de 22,9 a 23,5 °C. Observa-se no período de 2010 e 2011 acréscimos na temperatura mínima. Nos anos de 1977, 1978, 1979, 1990, 1991 e 1992 houve registro de baixas temperaturas mínimas.

Os anos de 1987 (22,8 °C) e o ano de 2004 (26,8 °C) registraram baixa e alta sensação térmica. As flutuações das sensações térmicas mostram maiores concentrações de aquecimento entre os anos de 2000 a 2016 confirmando que as noites estão ficando mais quentes as madrugadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Marengo et al. (2004).

Ting (2012) afirma que as oscilações térmicas geralmente mais elevadas à noite, uma vez que as superfícies urbanas continuam a liberar calor e diminuem o arrefecimento durante o período noturno, mostrando similaridade com o estudo desenvolvido.

No Gráfico 15 tem-se a variabilidade da anomalia da temperatura máxima para a área de estudo. Observa-se suas oscilações irregulares interanuais destacando-se flutuações registradas de -1,7 °C no ano de 1985 a 1,9 °C no ano de 2016.

As maiores oscilações de anomalias foram registradas nos anos de 1983, 1993 e entre os anos de 2015 e 2016. Destacam-se registros de aumentos com significâncias nos últimos anos (Gráfico 15). Nos períodos 1977-1979, 1985-1989, 1994-1996 e 1999-2001 registraram-se as menores anomalias de temperatura máxima.

Marengo et al. (2004) afirmam que há uma tendência de aumentos na temperatura do ar para os dias atuais, corroborando com o encontrado neste trabalho.

Gráfico 15 - Demonstrativo da anomalia de temperatura máxima do período de 1977-2016 em Teresina-PI

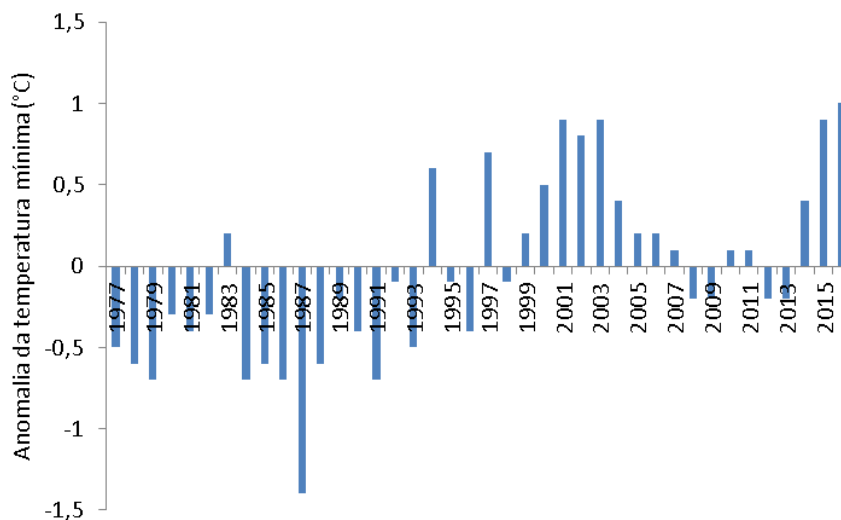


Fonte: Autor (2018).

No Gráfico 16 tem-se o demonstrativo da anomalia da sensação térmica máxima (°C) do período de 1977-2016 em Teresina-PI. Destacam-se os anos de 1981, 1983, 1984, 1987. Nos

anos compreendidos entre 2003 a 2006 e os anos de 2010 a 2016 houve aumentos da sensação térmica de 0,1 °C a 2,7 °C. Salienta-se ainda que nos últimos anos a sensação térmica venha aumentando gradativamente em Teresina-PI, provocada pela verticalização da cidade, aumento do fluxo automotivo e baixa arborização.

Gráfico 16 - Demonstrativo da anomalia da sensação térmica máxima do período de 1977-2016 em Teresina-PI.



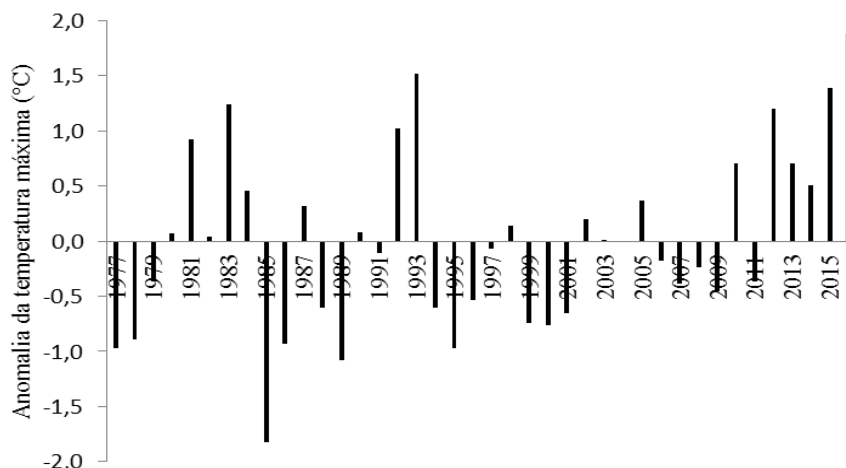
Fonte: Autor (2018).

Com redução de sensação térmica superior a -1°C destaca-se os anos de 1977, 1978, 1985, 1986, 1989 e 1995, e outros anos com sensações térmicas inferiores a -1 °C (Gráfico 17). Antes do ano de 2002, Teresina eram mais arborizadas, as edificações eram isoladas e o fluxo automotivo era pequeno e com menor número de ruas pavimentadas.

As variabilidades detectadas nas oscilações das anomalias da temperatura mínima (°C) do período de 1977-2016 em Teresina-PI (Gráfico 17) demonstram que de 1977 a 1994 ocorreram reduções da temperatura mínima em até 1,3 °C. Entre os anos de 1998 a 2007 registrou-se acréscimo de 0,1 a 1 °C evidenciando que as madrugadas estão ficando mais aquecidas que a normalidade.

As reduções ocorridas entre os anos de 1977-1994 fluíram de -0,1 °C a -1,4 °C. Os acréscimos das anomalias entre os anos de 1998 a 2007 foram irregulares e significativos. Destacam-se os anos de 2007, 2010 e 2011 onde as anomalias foram de baixos aumentos. Nos anos 2008, 2009, 2012 e 2013 as reduções negativas foram expressivas.

Gráfico 17 - Demonstrativo da anomalia da temperatura mínima do período de 1977-2016 em Teresina-PI.

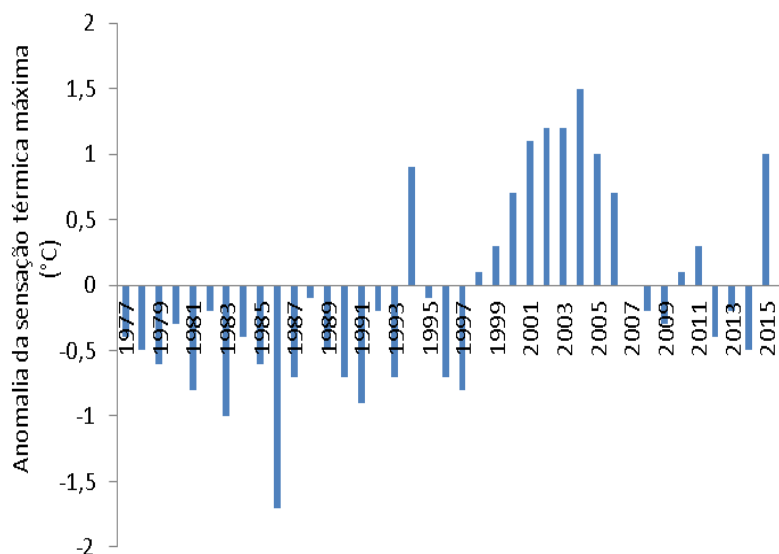


Fonte: Autor (2018).

No Gráfico 18 observa-se que no período de 1977-1997 as variabilidades das anomalias foram negativas com flutuações de $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, exceto os anos de 1983 e 1995, que apresentaram valores positivos. Destaca-se que as maiores altas de fluutuabilidade das anomalias negativas foram registradas no período 1984-1992.

As flutuações positivas fluíram de $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ e suas maiores flutuações foram registradas entre os anos de 2000 a 2006. Destacam-se os anos de 2007 a 2009 e 2012, 2013 onde foram registradas anomalias negativas. No período 2014-2016 houve aumentos gradativos da anomalia da temperatura mínima.

Gráfico 18 - Demonstrativo da anomalia da sensação térmica mínima do período de 1977-2016 em Teresina-PI.



Fonte: Autor (2018).

Percebe-se que as madrugadas estão cada vez mais quentes quando comparadas há outras décadas discutidas acima. Resultados análogos também foram encontrados por Varejão (2006).

Os resultados são coerentes com estudo de Marengo et al. (2008) que analisando as tendências das temperaturas máximas e mínimas no Sul do Brasil, durante o período 1960-2002, constataram um aquecimento sistemático da região Sul.

4 Conclusões

Com base na variabilidade das sensações térmicas sobre as temperaturas máximas e mínimas, verificou-se que no período 1977-2016 suas flutuabilidades estão ficando mais quentes e abafadas.

A série estudada evidencia variabilidade de tendência climática, observada na temperatura e na umidade relativa do ar em escala local.

Entre setembro a dezembro tem-se a predominância do equador térmico posicionado sobre a parte norte do Nordeste, atingindo toda a área do município de Teresina-PI, reduzindo a cobertura de nuvens, aumentando a radiação solar diretamente na superfície do solo; redução da umidade relativa do ar, tendo como consequência o aumento da sensação térmica.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.; 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22, 711–728.

ASSIS, E. S. Estudo integrado da ilha de calor em áreas urbanas e sua contribuição ao planejamento: o caso de Belo Horizonte, MG. **Fórum Patrimônio**, v. 4, n. 1, p. 69-83, 2011.

BRASIL, A. P. M. S.; SILVA, M. E. C.; RIBEIRO, W. O. Clima, ambiente urbano e qualidade de vida: uma análise da percepção dos moradores da periferia belenense do Carmelândia sobre o conforto/desconforto térmico. **Boletim Geográfico**. Maringá, v. 33, n. 2, p.60-72, 2015.

GILES, B. D.; BALAFOUTIS, C. H. The Greekheatwavesof 1987 and 1988. **International Journal of Climatology**, v.10, n.1, p.505–517, 1990.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas**. Brasília, DF: 2017.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). **Cambridge**. 2007. Disponível: GS.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. **Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível: GS..

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. **Justus Perthes**. p.1928.

KOZMHINSKY, M; PINHEIRO, S. M. G; EL – DEIR, S. G. Telhados Verdes: uma iniciativa sustentável. I. ed. Recife: **EDUFRPE**, 2016.

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

MARENGO, J.A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, 28, 893-904. 2008.

MARENGO, J. A. Climatology of the low-level Jet East of the Andes as Derived from NCEPNCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v.17, n.12, p.2261-2280, 2004.

MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológico do Estado do Piauí. p.125. 2016.

PAIVA, F. I. B.; ZANELLA, M. E. Microclimas urbanos na área central bairro da Messejana, Fortaleza/CE. **Revista Equador (UFPI)**, v.2, n.2, p.153-172, 2013.

ROVANI, F. F. M.; COSTA, E. R.; CASSOL, R.; SARTORI, M. G. B. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em situação atmosférica de domínio da massa polar atlântica no inverno. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 23 - 36, 2010.

SANTAMOURIS, M. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. **Solar Energy**. V.103,p.682–703.2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X12002447>. Acesso em: abril 2017.

SANTOS, K. P. C.; CUNHA, A. C.; SOUZA, E. S.; COSTA, A. C. L. Índices de Tendências Climáticas Associadas à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 23, p. 1-16, 2012.

SILVA, V.; SOUSA, F.; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E.; SILVA, B. B. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Canada, v. 68, n. 68, p. 781-792, 2006.

SPECIAN, V.; SILVA JUNIOR, U. P.; VECCHIA, F. A. S. Padrão térmico e higrométrico para dois ambientes de estudo: área urbanizada e remanescente de cerrado na cidade de Iporá - GO. **Espaço & Geografia**, v. 16, n. 1, p.255– 277, 2013.

TING, D. S. K. Heat Islands – Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. **Earthscan LLC**, 2012.

THOM, E. C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v.2, n.1, p.567-60, 1959.

VAREJÃO, M. A. S. **Meteorologia e climatologia**. Versão Digital 2, Recife, p.463. 2006.