

**Juliana Maria Oliveira Silva**

Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri  
juliana.oliveira@urca.br

**Marcelo de Oliveira Moura**

Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba  
geommoura@yahoo.com.br

**Vinicius Ferreira Luna**

Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri  
viniciusluna13@gmail.com

---

# Ilhas de calor urbano em cidade do semiárido nordestino

## Resumo

A pesquisa pautou-se nas concepções do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976) e procurou identificar e mapear as ilhas de calor urbano na cidade do Crato-CE, em dois períodos sazonais do ano. Para isso, foram selecionados 10 pontos experimentais distribuídos em bairros na zona urbana da cidade, e aferiram-se dados de temperatura do ar com termohigrômetros instalados em abrigos meteorológicos durante os meses de abril (mês chuvoso) e outubro (mês seco). A partir da coleta de dados, a categoria predominante de intensidade das Ilhas de Calor intra e interurbana para a cidade do Crato foi o de 'Média magnitude'. O horário que ocorre a maior intensidade da ilha de calor é pela tarde, 14h, com valores superiores a 5°C de diferença de um local para o outro. Os bairros mais densamente ocupados e com baixa cobertura vegetal apresentaram os maiores valores de temperatura, enquanto que, nos que se localizam mais próximos da encosta da chapada e com vegetação mais densa, ocorreram as temperaturas mais amenas.

**Palavras-chave:** clima urbano, ilhas de calor, semiárido.

## Abstract

URBAN HEAT ISLANDS IN CITY OF THE NORTHEAST SEMIARID

The research was based on the conceptions of the Monteiro Urban Climate System (1976) and sought to identify and map the urban heat islands in the city of Crato / Ce in two seasonal periods of the year. For this, 10 experimental points were

selected and distributed in neighborhoods in the urban area of the city and air temperature data was measured with thermohygrometers installed in meteorological shelters during the months of April (rainy month) and October (dry month). From the data collection, the predominant intensity category of the intra and interurban Heat Islands for the city of Crato was that of 'Medium magnitude'. The time that occurs the greatest intensity of the heat island is in the afternoon, 14h, with values above 5°C of difference from one place to another. The most densely occupied neighborhoods and with low vegetation cover had the highest temperature values, while those located closer to the slope of the plateau and with more dense vegetation, the milder temperatures occurred.

**Key-words:** urban climate, heat islands, semiarid.

## 1. Introdução

O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização (MONTEIRO, 1976). Esse conceito refere-se ao primeiro enunciado da obra "Teoria e Clima Urbano", de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, evidenciada em sua Tese de Livre Docência. Nessa teoria, Monteiro (1976) incorpora a abordagem sistêmica ao estudo do clima das cidades através do Sistema Clima Urbano (SCU). O SCU é composto por três níveis de resolução/subsistemas, os quais são associados a canais de percepção humana, a saber: Subsistema I - Termodinâmico/ Canal 1 - Conforto térmico, Subsistema II - Físico-químico/ Canal 2 - Qualidade do ar e Subsistema III - Hidrometeorológico/ Canal 3 - Impacto meteorológico. O estudo das Ilhas de Calor Urbano (ICU), objeto de pesquisa deste trabalho, é um dos principais produtos gerados no nível de resolução Termodinâmico do SCU.

Os primeiros enunciados básicos do SCU trazem a ideia de que não existe um tamanho mínimo de cidade/grau de urbanização para que se possa considerar que ela tenha um clima urbano. Segundo Ugeda-Júnior e Amorim (2016), as cidades de pequeno porte podem apresentar um clima urbano específico, resultado do seu crescimento desordenado.

Para Amorim (2019), a importância de se pesquisar o clima das cidades de portes médio e pequeno reside no fato de que nelas vive a maioria da população brasileira. Partindo desse pressuposto, a pesquisa se desenvolveu em uma cidade média localizada no semiárido nordestino,

sul do estado do Ceará, a cidade do Crato. A população estimada para o município em 2019 foi de 132.123 habitantes. Destes, mais de 64% são residentes da zona urbana (IBGE, 2010, 2019).

A urbanização crescente das cidades, mesmo daquelas que contemplaram os condicionantes do meio físico em projetos de planejamento como, por exemplo, os planos diretores, acabou por gerar um encandeamento de impactos ambientais, tais como: na água (poluição, assoreamento, impermeabilização do solo, intensificando os eventos de cheias e inundações), no ar (alteração da atmosfera urbana, com a presença de partículas que comprometem a saúde das pessoas), no solo (remoção da cobertura vegetal, erosão, deslizamentos e a substituição por asfalto que tendem a aumentar a temperatura).

No âmbito climático, uma das alterações observadas é a formação de ilhas de calor nas cidades, fenômeno que, segundo Tahery Shahraiyni et al. (2016, p. 01), “é definida como temperatura do ar significativamente mais quente em uma área urbana em comparação com a área não urbana circundante, como resultado da urbanização”.

No Brasil, as Ilhas de Calor Urbano - ICU são um fenômeno presente nas cidades e já foram investigadas por pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, em especial, por pesquisadores da climatologia geográfica, com maior número de estudos concentrados na região Centro-Sul do país (MENDONÇA, 2015). Na região Nordeste, a literatura também é vasta, porém, concentrada nas cidades-capitais, conforme levantamento realizado por Zanella e Moura (2012, 2013) e pelos autores deste artigo, através do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (CAPES, 2019). Não obstante, cresce o número de pesquisas realizadas em cidades de portes médio e pequeno, entre elas, cidades do Semiárido, a exemplo dos trabalhos realizados por Bezerra (2013), Saraiva (2014), Lucena (2016), Estevão (2016), Cordeiro (2016), Muniz e Caracristi (2018), Luna et al. (2019) e Gomes et al. (2019).

Conforme Zanella e Moura (2012), a grande maioria das cidades nordestinas apresenta intenso calor e possui temperaturas médias anuais que variam entre 25°C e 27°C e com valores máximos ultrapassando os 33°C; isso tudo, quando somado ao fator urbanização, provoca um excesso de carga térmica, intensificando o aquecimento urbano e, conseqüentemente,

promovendo o desconforto térmico ao calor para a população. Em média, nas cidades nordestinas, a intensidade/magnitude das ilhas de calor é superior a 3,0 °C.

Considerando o exposto, o presente trabalho propõe contribuir com informações sobre a natureza das ilhas de calor na zona urbana do município do Crato, através da mensuração da temperatura do ar em setores geocológicos distintos do sítio urbano e, posteriormente, correlacionando esses dados com os diferentes padrões de uso e ocupação do solo e com os elementos naturais da cidade, que possam influenciar na distribuição espaço-temporal das ICU.

## **2. Localização e caracterização da área de estudo**

O Crato (figura 1) integra a Região Metropolitana do Cariri, composta por 09 municípios (Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Jardim, Missão Velha, Caririaçu, Farias Brito, Nova Olinda e Santana do Cariri), instituída em junho de 2009.

A cidade encontra-se situada em meio a vales fluviais e bem próxima à Chapada do Araripe, no setor barlavento, situação geográfica que insere a cidade em uma área de exceção dentro do ambiente semiárido, apresentando uma maior pluviosidade, com média de 1.094 mm/ano e maior volume de chuvas entre os meses de janeiro a maio, concentração devida, principalmente, à atuação da Zona de Convergência Intertropical na região, nesse período do ano (SILVA, 2017).

A cidade do Crato está inserida na bacia sedimentar paleo-mesozóica do Araripe. As principais formas de relevo associadas a essa estrutura geológica são o Planalto Sedimentar do Araripe e a Depressão Periférica, ou Planalto Sertanejo (RIBEIRO, 2014). Segundo Ribeiro (2014), o Planalto do Araripe constitui o grande marco geomorfológico do sul cearense, com um platô de topo conservado de, aproximadamente, 800m, de maior extensão leste-oeste, com quase 180 km, e média de 50 km no sentido norte-sul.



A área de estudo (limite entre os bairros) encontra-se em altitude variando de 670 metros a 380 metros. Uma diferença de 190 metros do ponto de maior altitude (Ponto 10 - Bairro Lameiro, 597 metros) para o ponto de menor altitude (Ponto 7 - Bairro Pinto Madeira, 404 metros). O quadro 1 expõe as principais características dos bairros eleitos para a pesquisa, com ordem de apresentação de acordo com as formas do relevo e altitude de cada local. Os dados da população tiveram como base o censo do IBGE (2010), as informações de cada bairro, com as contribuições de Siebra (2014) e dos trabalhos de campo, e os elementos de natureza geomorfológica elencados por Ribeiro (2014).

O Crato é uma área de atração para a educação de ensino superior, através da Universidade Regional do Cariri (URCA), atendendo municípios de outros estados vizinhos. Além da Universidade, a cidade possui o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE) - Campus Crato, e o curso de Agronomia do Campus da Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Sousa (2015) e Queiroz (2013) ressaltam que não apenas o Crato se destaca no segmento do ensino superior, essa lógica se inverteu nos últimos anos quando Juazeiro do Norte passou a despontar nesse setor com a criação da Universidade Federal do Cariri (UFCA), incorporando o campus avançado da UFC, além dos cursos de faculdades particulares.

Conforme Sousa e Pereira (2017), em relação à economia, a cidade possui a indústria de calçados Grendene, localizada no bairro Seminário, empresas nos setores de bebidas, alumínio e plásticos, e o trecho ocupado por cerâmicas na saída da cidade, ao longo da CE-055, em direção à região Centro-Sul do estado. Segundo o Regic (2008), o Crato é considerado uma Capital Regional C, incluindo o aglomerado Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, em ordem hierárquica.

**Quadro 1****PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS BAIRROS/PONTOS ELEITOS NA PESQUISA**

<b>Relevo</b>	<b>Altitude (metros)</b>	<b>Bairro</b>	<b>N° do ponto</b>	<b>Localização/características</b>
Encosta do Planalto Sedimentar do Araripe	597	Lameiro	10	Localizado em direção à escarpa da Chapada, possui vegetação mais densa que os demais pontos da cidade, tem um número de aproximadamente 1.102 pessoas. Bairro residencial, além de possuir loteamentos e um hotel e clube recreativo.
	588	Granjeiro	5	Localizado muito próximo à escarpa da Chapada, com vegetação densa e baixo número de habitantes (783 moradores). Possui áreas de loteamento, restaurantes e hotel.
Depressão periférica	486	Seminário	6	Localizado no interflúvio entre o Rio Granjeiro e o Rio Batateiras, vizinho ao bairro França Alencar, onde está localizado o Parque Estadual Sítio Fundão. População de 12.859 pessoas. O bairro conta com estabelecimentos comerciais e empresas, como a Grendene.
	444	Muriti	4	Localizado na Av. Padre Cícero que dá acesso ao Centro da cidade e ao Município de Juazeiro do Norte. É um bairro com muitos pontos comerciais, casas de show, e o Centro de Convenções do Cariri. Possui 4.958 residentes e poucas áreas verdes.
	434	Santa Luzia	3	Localiza-se ao lado da Avenida Perimetral, via de entrada e saída da cidade, com área residencial, alguns pontos comerciais e também de loteamentos, apresenta, também, algumas áreas verdes e a população é de 1.538 pessoas.
	433	Pimenta	1	Localiza-se em uma parte central da cidade, contém alguns comércios, serviços e instituições de ensino fundamental, médio e superior. A população é de 1.914 pessoas e apresenta baixo índice de vegetação.
	418	Mirandão	8	Bairro residencial com vegetação moderada (algumas áreas desmatadas para loteamento), presença de órgãos públicos. No bairro é presente o Rio Saco - Lobo. A população é de 1.314 pessoas.
Depressão periférica	412	Centro	9	No bairro, é possível observar uma parte da planície do Rio Granjeiro. A área comercial e de serviços, com presença também de residências e de órgãos públicos, conta com uma população de 3.842 pessoas. Possui três praças principais da cidade: Sé, Siqueira Campos e São Vicente.
	407	Zacarias Gonçalves	2	Localizado entre os bairros Novo Lameiro e Pimenta, sendo uma área residencial com alguns estabelecimentos comerciais, população de 1.504 pessoas e presença de vegetação moderada.
	404	Pinto Madeira	7	Bairro com predominância de residências e comércio, baixíssima cobertura vegetal e população de 5.443 pessoas.

Organização: Autores.

### 3. Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi realizada em três etapas, as quais são apresentadas de forma sumária a seguir.

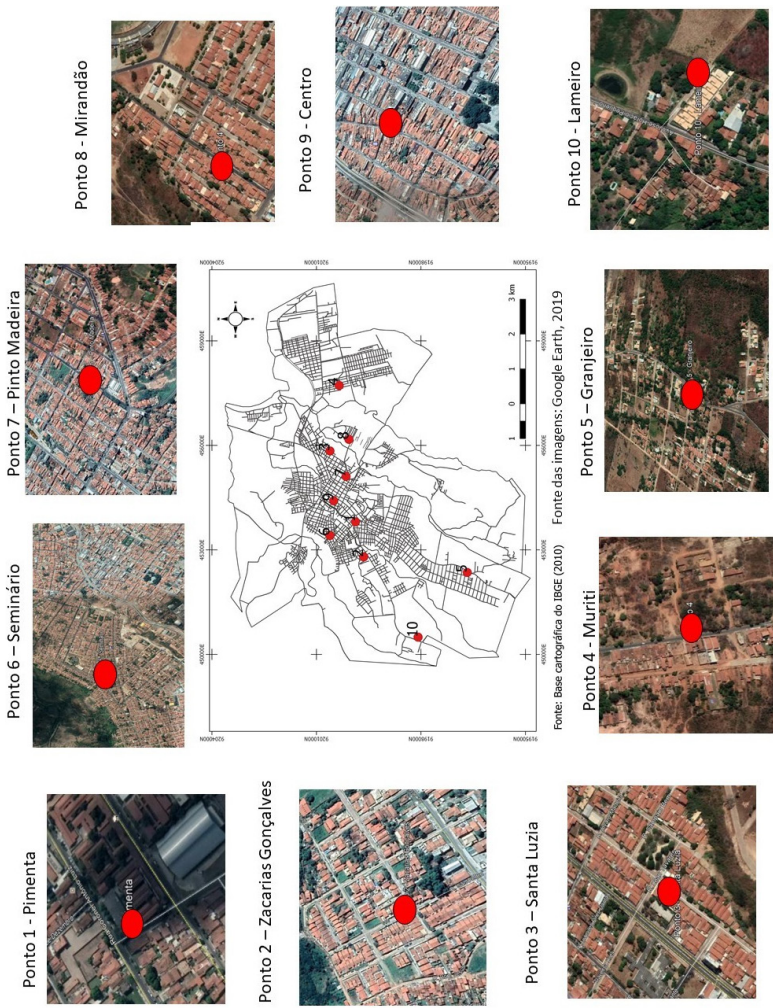
*Da produção de mapas:* A cartografia da área de estudo constando os limites municipais, a divisão por setor censitário e o traçado das ruas em formato 'shapefile' foi adquirida através do IBGE, no site do órgão [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), bem como os dados populacionais. Para a produção dos mapas básicos da área de estudo necessários para a caracterização geoecológica, escolha dos pontos de medição e espacialização dos dados de temperatura, utilizou-se o Qgis 2.18.

*Da eleição dos pontos de coleta:* Para a escolha dos pontos de medição, levou-se em consideração alguns aspectos elencados, tanto de ordem geoecológica, como relacionados a características urbanas, incluindo os tipos de uso e ocupação do solo, além da segurança dos equipamentos e dos observadores e de suas logísticas de transporte. Selecionou-se pontos experimentais distribuídos em 10 bairros da zona urbana (figura 2).

*Do trabalho de campo e da análise dos dados:* Para a coleta de dados de temperatura do ar, utilizou-se 10 termohigrômetros (*Datalogger*, modelo HT-50 da marca *Instrutherm*) programados para registrarem os dados de hora em hora. Os equipamentos foram instalados em abrigos confeccionados para a pesquisa. Dois experimentos de campo foram realizados durante o ano de 2018, com duração de 24 horas cada: um ocorreu no mês representativo do período chuvoso da cidade (abril, com média pluviométrica de 175mm), entre os dias 25 e 26/04/2018, e o outro no mês representativo do período seco (outubro, com média de 19mm e baixos índices de umidade), entre os dias 25 e 26/10/2018.



**Figura 2**  
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS EXPERIMENTAIS



Organização: Os autores. Fonte das Imagens: Google Earth, 2019.

Os dados coletados foram tratados considerando-se a diferença e a intensidade de seus valores em dois contextos espaciais, ou seja, nas dimensões intra e interurbana. Assim, a diferença e a intensidade da ICU foram obtidas considerando:

- 1) ICU no contexto intraurbano: diferenças da temperatura do ar que ocorrem dentro dos limites territoriais da cidade (MOURA; SALES; ZANELLA, 2008). Além disso, aferiu-se a medição excluindo-se dois pontos de maior altitude (Ponto 5 - Granjeiro e Ponto 10 - Lameiro);
- 2) ICU no contexto interurbano: para cada horário, calculou-se a diferença de temperatura do ponto com valor mais alto de cada ponto, com o ponto representativo da zona rural (neste caso, utilizou-se os dados da estação automática do INMET, que fica no município vizinho, em Barbalha). De acordo com Gartland (2010), a diferença entre a temperatura urbana e a temperatura rural é definida como intensidade da ICU;
- 3) Para a intensidade das ICU, seguiu-se a proposta de García (1996): de *Fraca magnitude*, quando as diferenças entre os pontos mais quentes e mais frios variam de 0°C a 2°C; de *Média magnitude*, variação de 2°C a 4°C; de *Forte magnitude*, quando variam de 4°C a 6°C e de *Muito Forte*, quando superiores a 6°C.

#### 4. Resultados

Nos pontos/bairros mais urbanizados, com área densamente construída e pouca vegetação, registraram-se os maiores valores de temperatura, fato também constatado em outros contextos urbanos das cidades brasileiras de diferentes padrões/tipos climáticos.

Os dados apresentados referem-se a uma parte da pesquisa que investiga o clima urbano na cidade, portanto, ao episódio eleito para a pesquisa, nesse caso considerando o intervalo de 24 horas. Apesar do tempo curto de análise, ressalta-se que o propósito é o de investigar como a temperatura variou ao longo do dia em locais com diferentes usos da terra.

A temperatura mais baixa registrada na coleta em abril ocorreu no período da madrugada, no ponto 5 - Bairro Granjeiro, de 21,4°C, às 4 horas da manhã. No ponto 8 - Bairro Mirandão, ocorreu a temperatura mais alta,

33,1°C, às 13 horas. Já no mês de outubro de 2018, a menor temperatura registrada foi de 23,3°C, às 5h, no ponto 10 - Bairro Lameiro e a maior, de 41°C, no ponto 6 – Seminário, às 14h.

Os horários de intenso aquecimento da cidade se deram entre 9h e 16h, e os picos nos quais se registraram os valores máximos de temperatura foram entre 13h e 15h. No horário das 14h, a maioria dos locais registrou a máxima temperatura. Conforme Moura; Sales; Zanella (2008), são nesses intervalos de horários durante os quais a radiação solar atua com maior incidência na superfície, assim como é o período de maior devolução dessa energia para a atmosfera. As condições de formação das ilhas de calor e a intensidade nos contextos inter- e intraurbanos foram analisadas em quatro categorias: Manhã (7h às 12h), Tarde (13h às 17h), Noite (18h às 23h) e Madrugada (0h às 6h).

#### 4.1 *ICU no contexto interurbano nos períodos chuvoso (abril) e seco (outubro)*

A literatura aponta que é durante a noite que as intensidades das ilhas de calor são verificadas, uma vez que as superfícies urbanas continuam a liberar calor e diminuem o arrefecimento durante o período noturno (GARTLAND, 2010).

As pesquisas desenvolvidas em áreas tropicais demonstraram que no período diurno também ocorrem ilhas de calor. Segundo Fialho (2012), cabe salientar que essas diferenças podem estar associadas a dois fatores: a localização latitudinal, influenciando na variabilidade sazonal da temperatura, e a escala topoclimática em termos de orientação das vertentes, facilitando ou não a chegada dos raios solares, bem como a influência do sombreamento e do acúmulo de ar frio no fundo do vale durante a madrugada. Os quadros 2 e 3 indicam as temperaturas coletadas em cada ponto para o experimento de abril e outubro.

De manhã, quando se inicia o aquecimento, em alguns horários os pontos dos bairros do Lameiro e Granjeiro mostraram dados inferiores da estação meteorológica de Barbalha, caracterizando-se como uma pequena Ilha de Frescor. Segundo Moura; Sales; Zanella (2008), esse termo é utilizado quando a diferença do valor da temperatura do ar, obtido no ambiente urbano em contraste com o valor mensurado no meio rural, é negativa.

Isso pode ser justificado por fatores naturais como altitude e presença de vegetação. O ponto do Lameiro localiza-se a 597 metros de altitude, o que favorece temperaturas mais amenas, e a cobertura vegetal do local é mais significativa, sem muita ocupação ou obstáculos para a circulação do ar.

Para o experimento do mês de abril pela manhã, a maior ilha de calor interurbana foi às 12h, e a de menor intensidade foi identificada para o horário das 7h. No mês de outubro, ocorre uma intensificação do fenômeno: A maior no horário das 9h e a menor também no horário de 7h.

No período da tarde, a intensidade das ilhas de calor em abril variou de “Fraca” a “Média” magnitude. O padrão “Forte” apareceu com mais frequência no mês de outubro. Identificou-se, nessa ocasião, as maiores intensidades das ilhas de calor, corroborando a literatura sobre climas urbanos no Nordeste, onde a intensidade das ilhas verificadas acontecera no período diurno (manhã e tarde), por causa do aquecimento da superfície.

#### Quadro 2

TEMPERATURAS (°C) COLETADAS EM CADA HORÁRIO NOS PONTOS DE MEDIÇÃO NO EXPERIMENTO DO MÊS DE ABRIL

Horário	Pimenta	Zacarias	Santa Luzia	Muriti	Granjeiro	Seminário	Pinto Made	Mirandão	Centro	Lameiro	INMET
7	24	24,3	22,6	21,9	21,4	24	22,7	24,7	24,1	21,5	23
8	25,5	28,2	24,2	24	23,1	24,1	28,2	27,5	24,5	24,2	25
9	26,7	27,4	26,1	25,6	24,5	24,5	28,9	28,2	25,1	24,2	26
10	28,3	28,7	27,4	27,2	26,3	25,3	30	29,5	26	26,4	27
11	28,9	28,6	29,4	28,8	26,1	25,9	30	30,8	26,3	26,2	29
12	31	30,5	30,3	29,9	26,8	26,9	31,6	32	26,9	26,8	28
13	31,5	30,8	30,8	30,5	27,4	27,8	31,8	33,1	27,7	27,5	30
14	30,6	30,8	30,5	31,2	27,6	27,8	31,5	33	27,4	26	30
15	30,5	30,5	30,2	31	27,5	29,5	30,6	31,9	27,1	26,2	30
16	30	29,9	29,4	30,9	26,6	29,2	29,9	31,4	27,1	26	28
17	29,3	28,6	28,3	28,3	25,7	28,2	28,9	29	27,1	26,4	27
18	28,6	27,8	27,4	26,6	25,1	27,4	27,9	27,6	26,9	25,4	26
19	27,6	26,9	26,5	25,6	24,2	27	26,9	26,4	26,7	24,8	25
20	26,8	25,7	25,5	24,9	23,2	26,5	25,9	25	26,3	23,8	24
21	25,8	24,6	25	23,7	22,4	25,9	25,2	24	25,9	23	23
22	24,9	23,6	24,4	23,1	21,8	25,4	24,7	23,2	25,5	23	22
23	24,3	23,2	23,7	23	21,5	25,1	23,9	22,7	25	22	22
0	24,6	23,6	23,9	22,8	22,2	24,9	24,2	22,9	25	22,4	22
1	24,4	23,4	23,5	22,7	21,9	24,9	25,3	22,7	25,7	22,2	22
2	24,1	23,1	23,4	22,6	21,5	24,7	25,8	22,7	26,1	21,9	22
3	24	23,2	23,6	22,6	21,6	24,6	26,1	22,8	26,3	21,9	22
4	24	23,1	23,4	22,6	21,8	24,6	26,3	22,9	26,3	22	22
5	24	23,1	23,4	22,6	22	24,6	26,3	22,9	26,3	21,9	22
6	23,9	23	22,9	22,3	21,9	24,5	26,3	22,7	26,1	21,8	22

Organização: Os autores.

### Quadro 3

TEMPERATURAS (°C) COLETADAS EM CADA HORÁRIO NOS PONTOS DE MEDIÇÃO NO EXPERIMENTO DO MÊS DE OUTUBRO

Horário	Pimenta	Zacarias	Santa Luz	Muriti	Granjeiro	Seminário	Pinto Mac	Mirandão	Centro	Lameiro	INMET
7	27,2	26,6	26,6	24,9	24,5	23,8	25,8	25,3	27,6	25,5	26,6
8	31,5	29,4	30,7	30,5	26,8	31,8	30,5	28	32	27	28,5
9	34,1	30,2	33	32,5	29,3	33,9	34,8	30,5	34,9	29,8	29,8
10	34,4	33	34,9	33,4	31,8	34,4	36,8	34	33,8	31,5	31,9
11	35,2	34,5	36,1	34,2	33,9	35,9	36,6	36,4	36	34	34
12	35,9	36,2	38,1	35,6	34,4	37,7	37,6	38,3	35	34,8	34,6
13	36,7	37	39,2	37	34,3	39,6	37,1	40,2	35,9	35,8	36
14	36,8	38,1	39,2	37,3	34,3	41	36,7	40,7	35,3	34,5	36,7
15	36,6	35,3	39,3	37,6	34,4	40,7	36,1	40,6	35,5	34,4	36,7
16	36	35,7	38,5	37,2	34,1	40	35,8	39,1	35,9	34,6	36,3
17	35,4	34,4	36	35,4	33,5	37,5	34,9	35,8	34,9	32,6	34,7
18	34	32,7	33,7	31,9	31,6	33,6	34,9	33,3	33,3	30,5	31,6
19	32,9	31,2	32	30,4	30,5	30,5	31,8	31,2	32,3	29,4	28,9
20	31,6	29,9	31	29	29,8	29,1	30,5	29,6	31,3	28,4	28,2
21	29,8	28,4	30,1	27,3	27,4	27,5	29,5	28,3	30,6	27	27
22	28,8	27,3	28,8	26,8	26,7	26	28,2	27,3	30	26,1	26,7
23	28,6	27,1	28,6	27	27,5	26,6	27,8	26,7	29,9	26,4	25,2
0	28,1	26,5	27,9	25,4	27,6	25,5	27,5	25,7	29,8	25,6	25,5
1	27,6	25,8	27,3	24,8	25,1	25,1	26,7	24,9	29,3	24,4	24,6
2	26,8	25,5	26,5	24,4	23,7	24,7	26,2	24,4	28,7	23,7	24,5
3	26,9	25,8	26,7	24,3	24	24,9	26,4	24,5	28,9	23,8	25
4	26,7	25,5	26,8	23,9	24,1	24,8	26,3	24,9	28,8	23,5	24,7
5	26,4	25,1	26,4	24,4	23,8	24,4	26	25,3	28,5	23,3	24,2
6	26,4	25,2	26,4	24,3	23,8	24,2	25,8	25,1	28,5	23,4	24,5

Organização: Os autores

À noite, quando os raios solares não atingem mais a superfície e começa o resfriamento, e nos locais de maior urbanização, as superfícies começam a devolver o calor absorvido durante o dia (GARTLAND, 2010).

Na observação de 18h às 23h, registrou-se intensidade de Ilhas de Calor de “Média” magnitude no mês de abril, sendo a maior no horário das 22h. Em outubro, as intensidades ficaram entre “Média” e “Forte”.

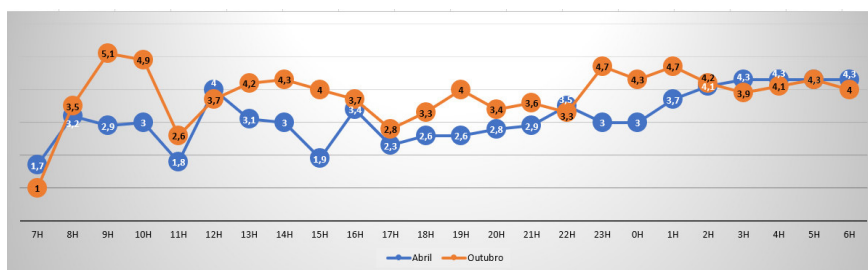
Na última observação de 0h às 6h, identificou-se intensidade de “Média” a “Forte” para ambos os experimentos. As informações sintetizadas sobre as intensidades das Ilhas de Calor estão ilustradas na figura 3.

- 1) No período da manhã, no mês de abril, as magnitudes ficaram entre “Fracas” e “Média” Ilha de Calor. Em outubro, apenas um horário registrou “Fracas magnitude” (7h), e os outros ficaram com “Média” e “Forte” magnitudes.
- 2) No período da tarde, o padrão “Média magnitude” predominou para o mês de abril, e, em outubro, foram dois horários com “Forte” magnitude, e três com “Média”.

3) No turno noturno, em abril, registrou-se em todos os horários “Média magnitude” e, em outubro, cinco horários de “Média magnitude” (18h às 22h) e um com “Forte magnitude” (23h). Na madrugada, em abril e outubro, as ilhas variaram entre “Média” e “Forte” magnitudes.

No total, o padrão predominante das Ilhas de Calor Interurbanas para a cidade do Crato, considerando os dois experimentos de medição (chuvoso e seco), foi o de “Média magnitude”. O horário predominante desse padrão se deu nos três períodos, manhã, tarde e noite, mas, durante a madrugada, o padrão “Forte” aparece tanto para o período chuvoso como para o seco.

**Figura 3**  
INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR INTERURBANA NOS MESES DE ABRIL E OUTUBRO



Fonte: Os autores.

#### 4.2 ICU no contexto intraurbano nos períodos chuvoso (abril) e seco (outubro)

Em relação às ilhas de calor intraurbanas, as magnitudes variaram entre “Média” e “Forte”. As figuras 4 e 5 ilustram a espacialização dos dados de temperaturas encontradas para cada período analisado (manhã, tarde, noite e madrugada) para os meses de abril e outubro, considerando horários específicos.

Pela manhã, os pontos dos bairros do Mirandão (Ponto 8) e Pinto Madeira (Ponto 7) dominaram com as maiores temperaturas, enquanto que Granjeiro (Ponto 5) e Lameiro (Ponto 10) apresentaram as menores (isso vale, também, para os outros horários). Aqui, cabe destacar, novamente, o efeito da altitude e da vegetação como amenizadoras da temperatura, além da baixa ocupação. Segundo Mendonça (1993), quanto maior a variação

altimétrica do relevo de um determinado sítio urbano, maiores variações, em termos de temperatura e umidade, dentre outros, o clima local, urbano e intraurbano, apresentará.

No mês de outubro (figura 5), logo pela manhã, as temperaturas já se encontram elevadas na maioria dos bairros, ultrapassando os 30°C; diferente situação ocorre em abril, pois, no horário das 9h, as temperaturas registradas foram, no máximo, até 28,8°C.

Em abril, a maior ilha de calor pela manhã foi de 5,1°C, às 12h (“Forte magnitude”). Em outubro, a maior magnitude ocorreu no horário das 9h (5,6°C - “Forte magnitude”, com o bairro do Centro registrando 34,9°C e o Lameiro, 29,8°C).

Pela tarde, continuam Mirandão (Ponto 8), Pinto Madeira (Ponto 7) e o Seminário (Ponto 6) com maiores valores. À noite e de madrugada ocorre uma inversão, Centro (Ponto 9), Pinto Madeira (Ponto 7) e Pimenta (Ponto 1) predominaram com as maiores temperaturas, pois são áreas mais densamente ocupadas, absorvem muito o calor durante o dia e o devolvem lentamente no horário noturno.

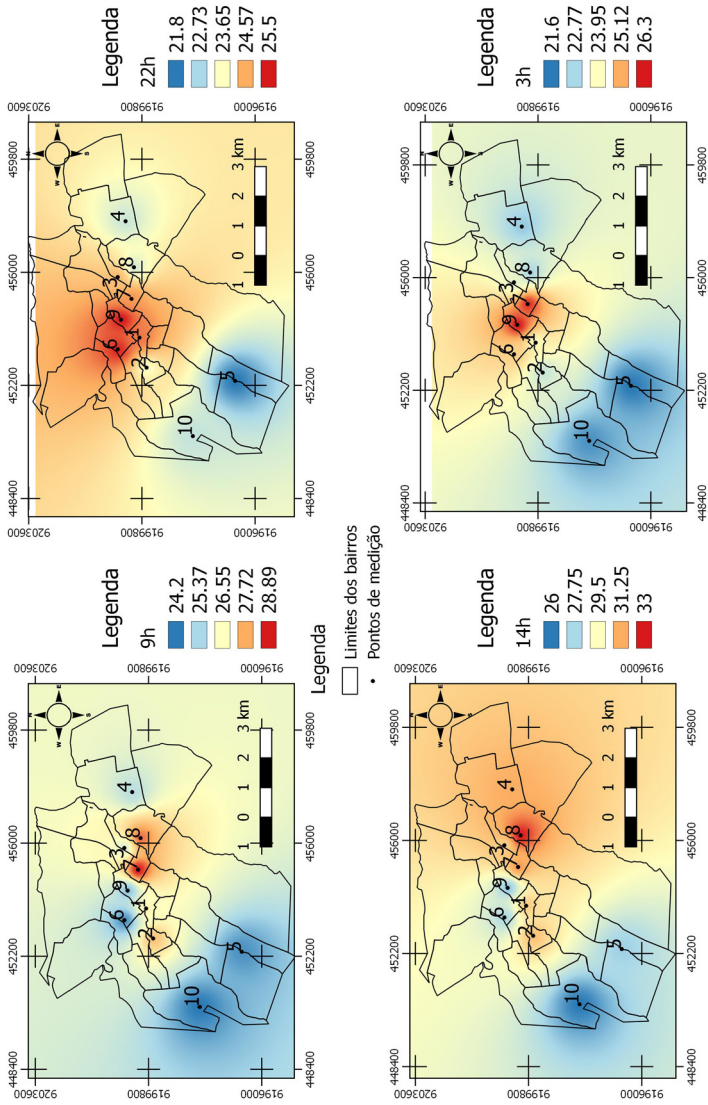
No período da tarde, seguindo a tendência das ilhas de calor interurbanas, as intraurbanas registraram as maiores intensidades. O horário com maior intensidade das ilhas, em ambos os meses, abril e outubro, ocorreu às 14h.

No período noturno e na madrugada, para ambas as medições, o padrão variou entre “Média” e “Forte” magnitudes. Verifica-se uma tendência do bairro Centro e Pinto Madeira (figuras 4 e 5) a apresentarem os maiores valores de temperatura durante a madrugada, contribuindo para as maiores intensidades das ilhas. Em abril, no horário das 3h, e em outubro, no horário das 4h, foram identificadas ilhas de calor de “Forte” magnitude.

Os gráficos (figuras 6 e 7) demonstram a intensidade das ilhas de calor intraurbanas para cada horário. Efetuou-se outra análise nos dados, mas, dessa vez, excluindo os dois bairros Lameiro e Granjeiro, pelo fator da altitude, do grau de ocupação e da vegetação.

Os outros bairros assemelham-se em termos de altitude (em geral em torno de 420 a 450m), possuem ocupação residencial mais densa, comércio, serviços e alguns pontos com baixo grau de cobertura vegetal. Diante dessas condições mais homogêneas, verificou-se como se comportaria a formação das ilhas de calor intraurbanas.

**Figura 4**  
**ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA NO CAMPO DE ABRIL EM DIFERENTES HORÁRIOSOS**



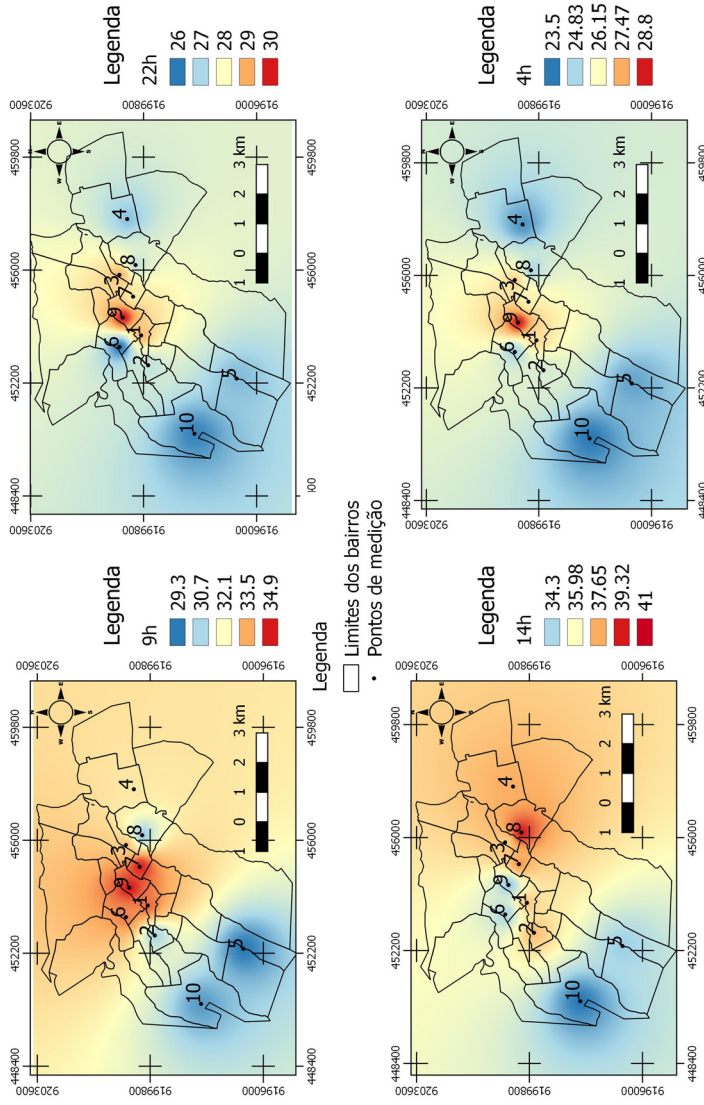
Fonte dos mapas: base cartográfica do IBGE (2010)  
 Elaboração: Autores

Espacialização da Temperatura no campo I (Abril) em diferentes horários

Fonte: Organizado pelos autores.



**Figura 5**  
**ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA NO CAMPO DE OUTUBRO EM DIFERENTES HORÁRIOS**

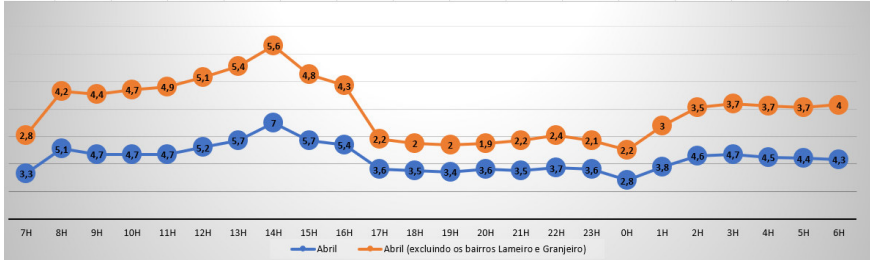


Fonte dos mapas: base cartográfica do IBGE (2010)  
 Elaboração: Autores

Espacialização da Temperatura no campo II (Outubro) em diferentes horários

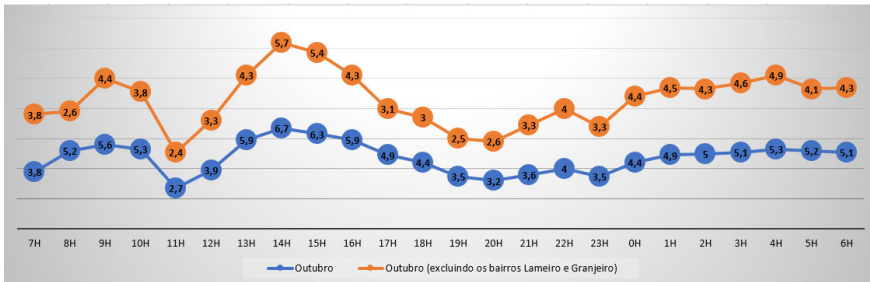
Fonte: Organizado pelos autores

**Figura 6**  
INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR INTRAURBANA PARA O MÊS DE ABRIL



Fonte: Os autores.

**Figura 7**  
INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR INTRAURBANA PARA O MÊS DE OUTUBRO



Fonte: Os autores.

Quando se coloca a questão dos pontos dos bairros Lameiro e Granjeiro, algumas magnitudes podem variar, conforme é apresentado nos gráficos. Durante a noite e a madrugada, o ponto 4 - Muriti apresenta temperaturas mais amenas, em comparação com os outros pontos. O local dessa medição se concentrou em uma área aberta e com vegetação rasteira do tipo gramínea, o que pode ter contribuído para valores mais baixos.

Para o cenário intraurbano, no Crato, na medição de abril, predominou o padrão de intensidade “Forte” (14 horários) e 10 horários de “Média”. Com a exclusão dos pontos localizados nos bairros Granjeiro e Lameiro, o padrão “Moderada” predomina. No mês de outubro, preponderou a magnitude “Forte” (16 horários) e oito horários com “Média”; excluindo-se os dois bairros, o padrão predominante fica igual, 12 com “Forte” e 12 com “Média”.

Portanto, destaca-se a ocorrência de dois padrões predominantes nas Ilhas de Calor intraurbanas: “Média” e “Forte” magnitudes. E, especialmente na madrugada, a intensidade “Forte” aparece para ambos os períodos analisados, sobretudo no mês de outubro, considerando ou não os dois bairros (Lameiro e Granjeiro).

## **5. Considerações Finais**

Com os resultados obtidos, percebe-se uma variação da temperatura ao longo do dia nos dois meses pesquisados entre os dez pontos experimentais distribuídos em bairros na zona urbana da cidade estudada. Ficou evidente que os bairros com maior grau de ocupação e menor quantidade de áreas com vegetação tendem a ser mais quentes. As áreas com temperaturas menores foram os bairros mais próximos à encosta da Chapada, onde os efeitos do meio físico, como a altitude e a vegetação, proporcionaram temperaturas amenas, além de a ocupação ser menos expressiva.

Apesar da cidade em análise ser de porte médio, isso não a impediu de apresentar intensidade de ilhas de calor de “Forte magnitude”, resultado de como diferentes padrões de urbanização podem contribuir para essa magnitude ocorrer, e isso não apenas em cidades de grande porte ou nas metrópoles.

Durante a madrugada, a formação das ilhas de calor pôde ser evidenciada na cidade, e, mesmo sem a influência da radiação direta, esta continua aquecida em alguns pontos, em decorrência do material utilizado nas construções que apresentam propriedades físicas que permitem absorver o calor e demorar a liberá-lo.

Nos ambientes semiáridos, as altas temperaturas ocorrem o ano todo, mas há meses em que baixas pluviosidade e umidade tornam dias e noites muito mais quentes; com a ocorrência das ilhas de calor nessas cidades, esse fenômeno pode ficar ainda mais intensificado.

Portanto, é necessário avançar ainda mais nas pesquisas de clima urbano em cidades do semiárido, pois é possível perceber como os componentes ambientais e de uso e ocupação podem contribuir para a alteração de microclimas locais.

Dessa maneira, o planejamento urbano deve considerar, também, no âmbito da climatologia, as contribuições das pesquisas efetuadas nas cidades que geram resultados significativos em relação às alterações no ambiente urbano, e que poderão nortear políticas ambientais futuras.

## Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do CNPq pelo financiamento através do Edital Universal 01/2016 (processo n°:427168/2016-3) do Projeto “Geotecnologias aplicadas ao estudo do Sistema Clima Urbano (S.C.U) da zona urbana do Município do Crato/Ceará”.

## Referências

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], p. 22-46, jun. 2019.

BEZERRA, P. T. C. **Caracterização de ilhas de calor e conforto térmico em áreas urbanas do semiárido brasileiro**. 2013. 119f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, 2013.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Catálogo de Teses e Dissertações da Capes**. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/> Acesso em: 18 jul. 2019.

CORDEIRO, M.C. **Ilhas de calor urbanas no nordeste brasileiro: uma avaliação com base em imagens de satélite**. 2016. 84f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, 2016.

ESTEVÃO, G.S. **Sensoriamento remoto como contribuição ao estudo das ilhas de calor em Juazeiro do Norte**. 2016. 157f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2016.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões sobre um conceito. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 1, n. 2, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial Síntesis S.A., 1996. 285p.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.

GOMES, J. F.; LUNA, V. F.; DA SILVA, C. C. J.; SILVA, J. M. O. Evolução das diferenças térmicas de temperatura da superfície da zona urbana do município do Crato/CE (1984-2011). **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 993-1005, 2019.

GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 11 jul. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base cartográfica vetorial de setores censitários**. Escala 1: 2500. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2010/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2010/). Acesso em: 27 abr. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Sinopse, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&cod> Acesso em: 07 jul. 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crato/pesquisa/23/22714>. Acesso em: jan. de 2020.

LUCENA, R. L. **Análise climatológica do município de Caicó/RN**: subsídios à avaliação do conforto humano. 2016. 152f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília. 2016.

LUNA, V. F.; GOMES, J. F.; SILVA, C. C. J.; SILVA, J. M. O. Ilhas de calor na zona urbana do Crato/Ceará na perspectiva do S.C.U (Sistema Clima Urbano) sob o nível termodinâmico. **Revista GeoUECE (Online)**, v. 08, n. 14, p. 371-387, jan./jun. 2019.

MENDONÇA, F. O estudo do SCU no Brasil: aplicações e avanços. In: MONTEIRO, C. A. F.; SANTANNA NETO, J. L.; MENDONÇA, F.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas-SP: Alínea Editora, 2015. p. 155-166.

MENDONÇA, F. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1995. 300f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.181p.

MOURA, M. O; SALES, M. C. L; ZANELLA, M. E. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, p. 33-44, 2008.

MOURA, M. O; ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. Conforto Térmico em Fortaleza/CE. **Revista da ANPEGE**, v. 6, p.177-189, 2010.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. As transformações Urbanas e a Sazonalidade: Produtores do Conforto Térmico do Centro de Sobral. **Geografia, Ensino e Pesquisa**, v. 22, p.1-12. 2018.

QUEIROZ, I.S. **A metrópole do Cariri**: institucionalização no âmbito estadual e a dinâmica urbano-regional da aglomeração do Crajubar. 2013. 203f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) - Centro de Artes e Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

REGIC. **Regiões de influência das cidades 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 201 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv40677.pdf> . Acesso em: jul. 2019.

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja**: proposta de classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE com base no conhecimento tradicional sobre relevo e seus processos. Crato (CE): RDS, 2014. 232p.

SARAIVA, A. L. B. C. **O Clima Urbano de Mossoró (RN)**: o subsistema termodinâmico. 2014. 234f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SIEBRA, F. S. F. **Mobilidade nos Centros Urbanos**: Planejamento e Gestão da Acessibilidade na Cidade de Crato/CE. 192f. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2012.

SILVA, J. M. O. Utilização de anos-padrão no estudo da variabilidade pluviométrica no município do Crato/Ceará. In: PEREZ-FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP, 2017. p. 2060-2072.

SOUSA, R. A. F.; PEREIRA, A. Q. A cidade do Crato-Ce no exercício de suas funções urbanas: dinâmica intra-urbana frente ao crajubar caririrense. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 12., Porto Alegre, 2017, **Anais...** Porto Alegre, 2017.

SOUSA, R. A. F. O lugar do Crato no século XX: morfologia e funções urbanas da aglomeração em estudo. **GEOSABERES**: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, p. 439-453, 2015.

TAHERI SHAHRAINY, H.; SODOUDI, S.; EL-ZAFARANY, A.; ABOU EL SEOUD, T.; ASHRAF, H.; KRONE, K. A. Comprehensive Statistical Study on Daytime Surface Urban Heat Island during Summer in Urban Areas, Case Study: Cairo and Its New Towns. **Remote Sens**, v. 8, n. 8, p. 643, 2016.

UGEDA JUNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. C. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, volume especial, p.160-173, 2016.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. Os estudos de Clima Urbano no Nordeste do Brasil. In: SILVA, C. A. S.; FIALHO, E. S. (Org.). **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica**. Dourados: Editora da UFGD, 2012. p. 39-60.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, p. 75-89, 2013.

Recebido em: 20/03/2020

Aceito em: 26/06/2020