



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 7, nº 2 (2021)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n2ID21642>



ILHAS DE CALOR NA ZONA URBANA DE CRATO/CEARÁ/BRASIL

Francisco Bráz Matos¹; Ticiano Moraes de Freitas²; Vinicius Ferreira Luna³; Juliana Maria Oliveira Silva⁴; Marcelo de Oliveira Moura⁵

¹Graduado em Geografia, Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato/CE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-1358>

Email: francisco.matos@urca.br

²Graduando em Geografia, Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato/CE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3506-1447>

Email: ticianomfreitas@hotmail.com

³Graduado em Geografia, Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato/CE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2973-314X>

Email: viniciusluna13@gmail.com

⁴Doutora em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato/CE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0463-2809>

Email: juliana.oliveira@urca.br

⁵Doutor em Geografia, Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Paraíba, PB.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4884-6534>

Email: geommoura@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo identificar as ilhas de calor presentes na zona urbana do Crato-CE, mensurando dados de temperatura e umidade do ar correlacionado tais dados com as características geológicas e geourbanas da referida cidade. Para tanto, adota-se o canal de percepção humana Termodinâmico. Para estruturação da pesquisa foi adotada a metodologia de pontos fixos, analisando a temperatura das 9h, 15h e 21h. Foram feitos o levantamento bibliográfico e a cartografia da área estudada. Os resultados apontam a existência de ilhas de

calor variando de muito forte a moderada intensidade e indica-se as possíveis soluções para amenização das ilhas de calor.

Palavras-chave: Desconforto térmico; Percepção humana; Centros urbanos.

HEAT ISLANDS IN THE URBAN AREA OF CRATO / CEARÁ / BRAZIL

Abstract

The present work aims to identify the islands of heat present in the urban area of Crato-CE, measuring data of temperature and humidity of the air correlated such data with the geocological and geourban characteristics of that city. Therefore, the Thermodynamic human perception channel is adopted. For structuring the research, the fixed point methodology was adopted, analyzing the temperature of 9 am, 3 pm and 9 pm. Bibliographic surveys and cartography of the studied area were carried out. The results indicate the existence of heat islands ranging from very strong to moderate intensity and the possible solutions for mitigating heat islands are indicated.

Keywords: Thermal discomfort; Human perception; Urban centers.

ISLAS DE CALOR EN EL ÁREA URBANA DE CRATO / CEARÁ / BRASIL

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo identificar las islas de calor presentes en el área urbana de Crato-CE, midiendo datos de temperatura y humedad del aire correlacionados con las características geológicas y geourban de esa ciudad. Por lo tanto, se adopta el canal de percepción humana termodinámica. Para estructurar la investigación se adoptó la metodología de punto fijo, analizando la temperatura de las 9 am, 3 pm y 9 pm. Se realizaron levantamientos bibliográficos y cartografía del área de estudio. Los resultados indican la existencia de islas de calor que van desde intensidad muy fuerte a moderada y se indican las posibles soluciones para mitigar las islas de calor.

Palabras-clave: Malestar termal; Percepcion humana; Centros urbanos.

1. INTRODUÇÃO

As cidades, na atualidade, podem ser consideradas como o epicentro de diversos problemas de ordens ambiental, social e econômica. Segundo dados da ONU (2010), 55% da população vive em áreas urbanas. Para 2050, é previsto que 70% da população viva em espaços urbanos. No Brasil, 84,35% de pessoas moram nas cidades. Nesse sentido, esse aumento expressivo da população urbana no Brasil, que vem sendo visto desde a década de 1960 (com o processo de urbanização), não foi acompanhado de uma infraestrutura adequada para prover as necessidades básicas dos habitantes.

Esse aglomerado nas áreas urbanas gera uma série de alterações nos espaços naturais. A substituição das áreas naturais por concretos, casas, asfalto e favelas, altera o equilíbrio natural dos sistemas ambientais. O clima é um dos elementos que tem sido modificado pela urbanização. A estrutura urbana absorve mais calor e demora a liberá-lo para o espaço. A falta de praças, parques, áreas verdes que serviriam para regular o ambiente térmico, por meio da evapotranspiração, são raras.

Todos esses fatores e muitos outros somados criam nos espaços urbano um microclima próprio, que Monteiro (1976) denominou de clima urbano. O referido microclima tem como ação imediata o conforto e/ou desconforto térmico. O conforto térmico “[...] expressa à satisfação do corpo humano em relação às condições climáticas do ambiente” (MUNIZ; CARACRISTI, 2015, p. 8). Nesse sentido, o aumento da temperatura gera nas pessoas uma sensação de (des)conforto térmico, acentuando problemas de saúde, além de prejuízos na realização das atividades cotidianas.

O estudo do clima urbano pode auxiliar de forma significativa o planejamento urbano, uma vez que as condições ambientais são fundamentais para organizar o espaço, pensando em uma estrutura urbana mais confortável, para reduzir os altíssimos índices térmicos. Muniz e Caracristi (2015) acentuam que o clima é um elemento fundamental para a qualidade das populações urbanas.

Nesse contexto, Brandão (2011), afirma que os primeiros indícios da preocupação com a qualidade de vida no ambiente urbano nasceu na época da Revolução Industrial, no século XVIII, na Inglaterra, França e Alemanha, por meio dos estudos realizados por John Evelyn (1620-1706) e Luke Howard (1883), em Londres, e Emillien Renou (1815-1902), na França. Estes pesquisadores já percebiam os problemas do aumento da temperatura causados pelo aglomerado urbano/industrial que estava a se formar.

Assim, as cidades tendem a crescer e, junto ao seu crescimento, vêm os problemas socioambientais que atingem diretamente a população urbana, pois a qualidade de vida está cada dia mais deteriorada, por causa do uso indevido do espaço urbano, sem um planejamento que vise o bem estar dos habitantes. Muitos planejamentos urbanos acabam por priorizar os aspectos econômicos, sem considerar os vieses social e ambiental.

Nesse contexto, a climatologia urbana “[...] se firma como área de saber de destaque na compreensão dessa problemática e seu estudo tem ofertado importantes contribuições à atenuação dos problemas socioambientais urbanos” (ZANELLA; MOURA, 2013, p. 76). Logo, a climatologia urbana pode ser considerada uma importante aliada na mitigação dos problemas de cunho

ambiental, atuando como um campo de conhecimentos a serem pensados nas políticas de planejamento das cidades. Tendo em vista que a qualidade de vida humana depende, *a priori*, da qualidade ambiental. E nas áreas urbanas nem todas as pessoas têm acesso a uma infraestrutura adequada. As pessoas que possuem maior poder aquisitivo acabam ocupando melhores espaços do solo urbano. Consequentemente, desfrutam de melhores infraestruturas, que lhe favorece uma melhor qualidade de vida.

Assim, podemos perceber que a situação da maior parte da população frente à realidade urbana é crítica, pois não possui infraestrutura básica (saneamento básico, renda mensal, moradia entre outros) para viver, o que estrutura um estado de vulnerabilidade social.

Pensando nas questões climáticas, no Brasil, tem destaque os estudos realizados pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que, ao tornar pública sua Tese de Livre-Docência “*Teoria e Clima Urbano*” (1976), formula a Teoria Sistema Clima Urbano (S.C.U), tendo como premissa a Teoria Geral de Sistema (T.G.S), elaborada pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy, na década de 1960. Em linhas gerais, a teoria geral de sistemas é estabelecida na relação existente entre os componentes que formam a natureza, estes estando em integração, onde o todo é maior que a soma das partes.

Zanella e Moura (2012) apontam que Monteiro (1976) tornou-se uma referência para os estudos de clima urbano desenvolvidos no Brasil, com a criação do programa de pesquisa para a cidade de São Paulo, em 1970, e, posteriormente, com a publicação da sua tese, em que potencializa a preocupação e estudos do clima no ambiente urbano. Para Monteiro (1976, 2011, 2015), o clima urbano compreende a urbanização como um fator social, e o clima como um fator natural.

Desse modo, Monteiro (1976) identifica três subsistemas e seus respectivos canais de percepção humana: Termodinâmico (ilhas de calor/frescor), Físico-químico (Qualidade do ar) e Hidrometeorológico (meteoros de impactos). O sub-sistema Termodinâmico tem como um dos produtos gerados as ilhas de calor. O termo “ilha”, “[...] refere-se ao padrão espacial térmico, que se diferenciará na medida em que for afastando da área densamente urbanizada, rumo ao meio rural” (PIMENTEL, 2017, p. 39).

Assim, a ilha de calor pode ser entendida como um microclima com elevadas temperaturas em áreas urbanas, motivadas pela substituição da paisagem natural, por um ambiente artificial. Neste ambiente, podem ser identificadas altas temperaturas tanto em grandes metrópoles, quanto em cidades de pequeno e médio porte. O núcleo térmico destas ilhas, via de regra, se encontra nas áreas centrais das cidades, onde pode se encontrar uma maior massa edificada, variando no tempo e no espaço. Para Gartland (2010), a ilha de calor funciona como um “oásis inverso”, onde a temperatura do ar e as de superfície são superiores do que em áreas rurais. Amorim e Dubreuil (2017) acentuam que as ilhas de calor atmosféricas funcionam como bolsões de ar quente nas áreas urbanas, resultado da capacidade dos materiais da superfície de armazenarem e refletirem a energia solar de formas diferentes, e da produção do calor antropogênico.

Nesse sentido, questiona-se: existem na cidade do Crato áreas que apresentam maiores temperaturas, em relação a outros lugares? Quais os fatores (naturais e sociais) que condicionam o aumento da temperatura (ou diminuição desta, em caso de ilha de

frezor) na cidade do Crato-CE? Como os estudos de clima urbano podem facilitar no planejamento das cidades?

Assim, o presente trabalho objetivou identificar as ilhas de calor na área urbana do município do Crato-Ceará, através da mensuração da temperatura e umidade do ar em diferentes setores geocológicos do município.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi feita, em primeiro plano, a apreciação do material bibliográfico disponível sobre o tema, consultando as obras de Monteiro (1976, 2011, 2015); Zanella e Moura (2012, 2013), Pimentel (2017), García (1996), Amorim e Dubreuil (2017), entre outros. Os autores nos ajudam a compreender o clima urbano e suas modificações presentes nas cidades. Foi feito também o levantamento sobre os dados geoambientais da cidade do Crato (Geologia-Geomorfologia, Clima, Solo, Hidrografia e Vegetação), a partir de trabalhos já existentes como: Ribeiro (2004), IPECE (2010), IBGE (2010), Ceará (1997), pois estes fatores são importantes para entender como se dá o clima urbano. O levantamento bibliográfico também contou com as leituras acerca da história do Crato e sua evolução urbana, para entender o contexto urbano do município em questão, como os trabalhos de Oliveira e Abreu (2010), Abreu e Santana (2016).

A análise dos dados refere-se ao período chuvoso da área de estudo (março), com a média pluviométrica deste mês de 258 mm, tendo como o dia 28 escolhido para as discussões. Para a coleta, foi utilizada a metodologia de pontos fixos utilizando-se termohigromêtros (Datalogger, modelo HT-50 e ITLOG90) programados para registrarem os dados de hora em hora. Estes aparelhos ficaram no abrigo construído de madeira, pintado de branco, absorvendo menos calor, para não ocorresse interferência nos dados coletados. Foram selecionados 10 bairros para a coleta (Pimenta, Palmeiral, Santa Luzia, Muriti, Novo Horizonte, Novo Crato, Parque Recreio, Mirandão, Centro e Lameiro). Para escolha dos bairros, considerou-se as características geocológicas e geourbanas, assim como a logística e seguranças dos equipamentos. A coleta foi feita no horário das 7 às 21h. O presente trabalho faz análise somente de três horários (9h, 15h e 21h).

Em seguida, realizou-se o levantamento cartográfico da área, considerando as bases cartográficas fornecidas pelo IBGE (2015), com a utilização do software Qgis para produção do mapa de localização da área. Os dados, depois de coletados, foram tratados no software Excel, por meio da confecção de gráficos em forma de linhas e tabelas. De acordo com Oke (1978), a característica mais importante da ilha de calor atmosférica é sua intensidade. A intensidade da ilha de calor foi obtida em algumas situações: Ilha de Calor intra-urbana: diferenças da temperatura do ar ocorrem dentro dos limites territoriais da cidade (MOURA, 2008); Ilha de Calor inter-urbana: para cada horário calculou-se a diferença de cada ponto (especificamente dos três pontos que registraram temperaturas mais elevadas, que foram os bairros: Mirandão, Palmeiral e Centro) 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. Para a intensidade das ilha de calor, seguiu-se a proposta de García (1996). Esta propõe o seguinte: 0°- 2° (fraca intensidade), 2°- 4°

(moderada intensidade), 4°- 6° (forte intensidade) e > 6° (muito forte).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Contexto geoambiental de Crato-Ceará

O município do Crato localiza-se no Cariri Cearense, sul do estado do Ceará (Figura 1). Suas coordenadas geográficas são 7°14'03" (lat. S) e 39°24'34" (long. W). Fica a 560 Km de distância da Capital Fortaleza. Apresenta uma área territorial de 1.158 km². A população é de 121.462 habitantes (IBGE, 2010) e com estimativa para (2019) de 132.123 habitantes. Limita-se a Norte com Caririagu e Farias Brito, a Sul com o Estado do Pernambuco e Barbalha, a Leste com Barbalha, Juazeiro do Norte e Caririagu, e a Oeste com Nova Olinda e o Estado do Pernambuco. Apresenta uma taxa de urbanização de 83,11% (IBGE, 2010; IPECE, 2010).

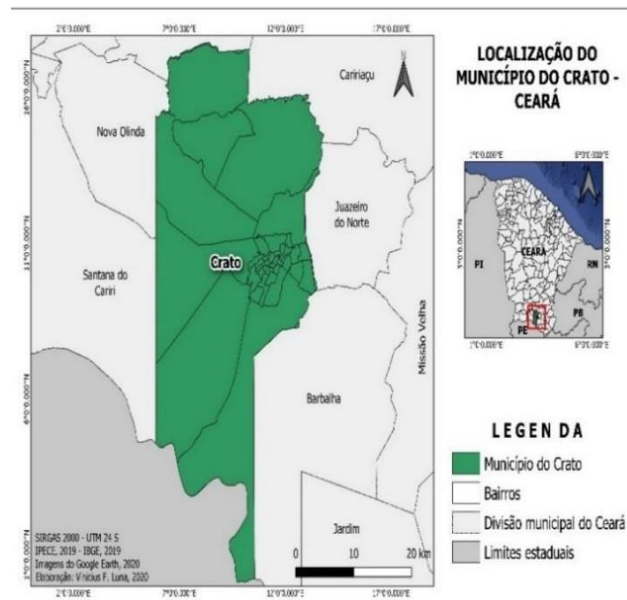


Figura 1 - Mapa de localização da cidade do Crato-Ceará. Fonte: Autores (2020).

O município do Crato está inserido na bacia Sedimentar do Araripe, que se localiza ao sul da porção Setentrional da Província Borborema, sul do estado do Ceará, e faz divisa com os estados da Paraíba, Pernambuco e Piauí. Geomorfologicamente, a Chapada do Araripe, que corresponde a um relevo de “superfície tabular e estrutural, como topo conservado devido a drenagem inexpressiva, com nível de aproximadamente 800 mm em média, e abrangência territorial de 6.230 km²” (RIBEIRO, 2004, p. 80). Nesse sentido, é possível afirmar que a cidade do Crato é privilegiada do ponto de vista geoambiental, pois a Chapada do Araripe confere ao local um ambiente de exceção, em meio às condições próprias do Semiárido Nordestino. Além do relevo da Chapada do Araripe, é possível identificar, segundo Ribeiro

(2004), Depressão Sertaneja, Maciços Residuais, Encosta da Chapada do Araripe e Planície Fluvial.

As condições climáticas, no geral, seguem o padrão do Semiárido nordestino, apresentando um período chuvoso (mais curto) e o seco (mais longo). O clima é Tropical Quente - Aw na classificação de Köppen, e Tropical úmido na porção Nordeste, influenciado pela área de barlavento da Chapada do Araripe. No município, de dezembro a janeiro, começa o período denominado pré-estação chuvosa., em que “[...] essas chuvas são oriundas da instabilidade atmosférica gerada a partir da repercussão de frentes frias localizadas no centro sul do Nordeste, favorecendo a formação de atividade convectiva” (LIMA, 2008, p. 60). A temperatura média oscila de 24° à 26°, e os índices pluviométricos 1.100 mm, com chuvas irregulares e concentradas, no trimestre fevereiro, março e abril.

Os principais rios que se destacam no município são os rios Granjeiro, Batateiras, Saco Lobo e Carás. Tais rios são alimentados pelas fontes perenes que nascem na chapada do Araripe. O Batateiras e o Granjeiro drenam a Sede e as adjacências do município. O rio Granjeiro foi retelinizado no baixo curso, o que gera problemas de inundações na época das chuvas, que chegam a invadir as casas, que foram construídas na área de planície fluvial. Sem contar, no lixo e esgotos domésticos que somam ao volume de água recebido pelo rio, gerando infortúnios (LIMA, 2008).

Os solos predominantes são, segundo, Ribeiro (2004), associado aos sedimentos da Bacia Sedimentar do Araripe como solos arenosos com teor de silte e argila com variação de litologia e localização geomorfológica destacando os Latossolos vermelhos-amarelos distróficos, Neossolos litólico, Luvisolos crômico e Neossolos flúvicos eutrófico.

Em relação à vegetação, Ribeiro (2004) destaca que existe uma grande diversidade na fitofisionomia, recebendo influência, principalmente, do relevo e dos solos, e, também, da presença da umidade que vem das fontes, na encosta. Assim, destaca-se: no topo da Chapada, Carrasco e Cerradão, também é encontrada a chamada Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa, o Cerradão, que, segundo Ribeiro (2004), está sobre solos arenosos distróficos e/ou alcalinos, no nível de 800 a 900 m. A encosta é caracterizada pela vegetação florestal Floresta Subperenefólia Tropical Plúvio-Nebular, conhecida como Mata Úmida. Em altitudes menores, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (mata seca) e no Pediplano Floresta Caducifólia Espinhosa (caatinga arbórea) (RIBEIRO, 2004; IPECE, 2010; CEARÁ, 1997).

3.2. Caracterização urbana do Crato

O povoamento da região do Cariri se dá com os povos indígenas que se distribuíram ao longo do vale úmido da Chapada do Araripe e aos arredores (ABREU; SANTANA, 2016). A Cidade do Crato tem suas origens por volta de 1741, quando surgiram os primeiros aldeamentos dos índios Kariris, que foram o marco inicial para a Missão Miranda, fundada por frades capuchinhos advindos da Itália.

Em relação ao processo de ocupação do Cariri, Oliveira e Abreu (2010), destacam que este se deu de igual modo à ocupação do Brasil, com o massacre (genocídio e etnocídio) dos povos que viviam nessa região. Ainda, ressaltam que os colonizadores devassaram o Cariri entre 1660 e 1680, com perseguição aos índios e conquista de novas terras, a serviço de Portugal.

O município do Crato foi elevado à categoria de Vila em 21 de julho de 1764, sendo a primeira Vila Real. Anteriormente, o município pertencia ao território de Icó. Sobre a condição de Vila, Oliveira e Abreu (2010), apontam que a vila era pobre e pequena, sem uma organização espacial, destacando-se casas de tijolos e adobe ou taipa, cobertas por palha de babaçu e telhas. Os autores supracitados acentuam que, no século XIX, anos 50, a Vila Real do Crato passou a se estruturar, com o surgimento de serviços básicos para a vida coletiva como: mercado, comércio, cemitério, abastecimento de água, entre outros.

No dia 17 de outubro de 1853, a vila Real do Crato, passa à categoria de cidade, sob a força do artigo único Lei Provincial 628, sancionada pelo presidente Joaquim Vilela de Castro Tavares (OLIVEIRA; ABREU, 2010).

Atualmente, a cidade do Crato está englobada pela Região Metropolitana do Cariri (RMCariri) - que foi criada pela lei complementar nº 78, sancionada em 29 de junho de 2009, que surge a partir do processo (ainda em adamento) de conurbação das cidades circunvizinhas (CRATO, Juazeiro do Norte e BARBALHA) - CRAJUBAR, tendo Juazeiro do Norte, despontado à frente das demais cidades que compõe a RMCariri, e assim esta sendo considerada a metrópole do Cariri.

Abreu e Santana (2016); e Oliveira e Abreu (2010) apontam que o Crato continua a exercer um importante papel como cidade média, incorporando funções urbanas, principalmente, no segmento do ensino, com a criação da Universidade Regional do Cariri - URCA, oferecendo diversos cursos de ensino superior; o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE - Campus Crato); a Universidade Federal do Cariri (UFCA) e demais faculdades privadas.

Os autores, ainda sobre o Crato, ressaltam que existem o Centro de Eventos, o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) que liga Crato à cidade de Juazeiro do Norte, indústrias de calçados, como a Grendene. Atualmente, é possível observar, também, a expansão urbana voltada para Juazeiro do Norte, com loteamentos, onde promotores imobiliários negociam o solo urbano.

3.3. Análise dos dados coletados do campo: pontos fixos

Foram escolhidos dez bairros específicos: Pimenta, Palmeiral, Santa Luzia, Muriti, Novo Horizonte, Novo Crato, Parque Recreio, Mirandão, Centro e Lameiro (Figura 2), tais bairros foram elencados seguindo alguns critérios, entre eles, uso e ocupação do solo.

A Tabela 1 apresenta os dados escolhidos para a análise (28 de março de 2019), que ocorreu durante o período diurno, 7 às 21h.

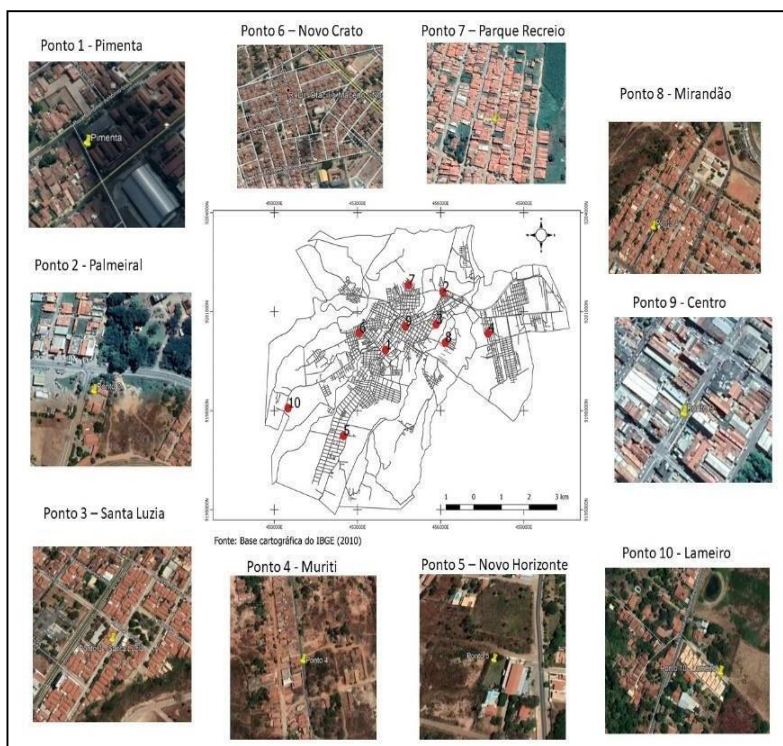


Figura 2 - Espacialização dos pontos de coleta da pesquisa. Fonte: Autores (2019). Fonte das imagens: Google Earth, 2019.

Tabela 1 - Dados de temperatura e umidade dos pontos de coleta. Organização: Autores (2019).

Dados de Temperatura e Umidade						
Bairros	Temperatura (°C)			Umidade (%)		
	9h	15h	21h	9h	15h	21h
Pimenta	26,5	34,2	26,6	80,3	49,0	77,7
Palmeiral	27,4	36,2	26,9	77,9	47,1	73,9
Santa Luzia	27,8	32,3	27,2	75,1	53,0	71,9
Muriti	25,0	31,4	24,5	73,7	59,5	70,4
Novo Horizonte	25,2	28,7	24,3	80,8	53,4	80,3
Novo Crato	27,9	32,6	26,6	74,5	50,9	70,6
Parque Recreio	26,4	32,4	25,5	81,0	52,4	79,2
Mirandão	28,5	35,8	27,1	78,1	47,5	75,2
Centro	26,9	34,7	27,3	77,8	46,1	69,7
Lameiro	26,1	28,7	25,1	80,6	64,1	78,1

Foi possível notar que a maior temperatura registrada ocorreu no bairro Palmeiral, às 15h, registrando uma temperatura de 36,2 °C. O ponto de coleta foi o Centro de Zoonoses, onde se pode observar pouca vegetação e calçamento.

No horário das 15h, havia reduzida quantidade de nuvens, vento fraco e circulação moderada e muito ensolarado. Somados à falta de vegetação, estes são fatores que contribuíram para essa alta temperatura, que também está associada à diminuição da umidade, que era 47,1%.

Embora estando no período chuvoso, às 9h, no bairro Palmeiral, foi registrada uma temperatura de 27,4 °C, diferentemente de outros bairros, como Novo Horizonte, com 25,2 °C, por estar geograficamente mais próximo da encosta da Chapada do Araripe. Os bairros mais urbanizados como Novo Crato, Palmeiral, Mirandão, Centro apresentaram, durante às 9h, temperaturas de 27,9, 27,4, 28,5 e 26,9 °C, respectivamente. Se comparados a bairros mais próximo à Chapada do Araripe, como Novo Horizonte e Lameiro, apresentaram 25,2 e 26,1 °C, ou seja, os bairros supracitados apresentam temperaturas mais amenas, decorrentes da maior presença de vegetação e condicionados pelas características da Chapada do Araripe. Além disso, deve-se levar em consideração as estruturas das casas, os lotes são maiores e não têm uma grande concentração urbana.

A menor temperatura das 9h foi encontrada no bairro Muriti, 25 °C, embora haja grande predominância de veículos, por se

localizar numa área de saída da cidade do Crato e o grande número de residências. No entanto, no ponto de medição, ainda é possível observar uma predominância maior de vegetação, além do fato de que o aparelho estava localizado em um espaço mais aberto e ventilado. Pode-se observar pela tabela que, durante o período das 15h, são registradas as maiores temperaturas. Tendo como exemplo os bairros que apresentam temperatura mais amena, Lameiro e Novo Horizonte, registraram, respectivamente 28,7 e 28,7 °C, a mesma temperatura durante o período da tarde.

O bairro Centro, com maior aglomerado urbano, entre lojas e pouca presença de vegetação, marcou, às 15h, temperatura de 34,7 °C. Consequentemente, registrou a menor umidade do horário das 15h, chegando a 46,1%. O bairro Mirandão também

apresentou uma temperatura elevada, registrada de 35,8 °C, durante as 15h. O bairro vem se expandido nos últimos anos, apresentando alguns comércios e a presença de vegetação em alguns setores é muito espaçada.

Às 21h verifica-se que o bairro Centro apresenta a maior temperatura 27,3 °C. Esta é condicionada pela estrutura de muitas construções, grandes equipamentos urbanos e pouca vegetação na localidade, do bairro. A umidade subiu um pouco em relação ao período das 15h, chegando a 69,77%.

Durante o período das 21h, o bairro que registrou a menor temperatura e maior umidade foi o Novo Horizonte, devido a sua localização e características geocológicas serem diferenciadas dos demais pontos de coleta. A temperatura do referido bairro foi de 24,3 °C e umidade de 80,3%. Os bairros Pimenta, Palmeiral e Novo Crato apresentaram, respectivamente, temperaturas em torno dos 26,6, 26,9 e 26,6 °C, no horário das 21h. No bairro Lameiro foi registrada a temperatura de 25,1 °C, às 21h, também condicionada por suas características geocológicas.

Muriti foi o bairro que apresentou a segunda menor temperatura no horário das 21h, correspondendo a 24,5 °C, associado ao aumento da umidade que foi de 70,4%. A amplitude térmica foi calculada levando em considerando os bairros Palmeiral (36,2 °C) e Novo Horizonte (24,3 °C), que são os bairros que registraram as maiores e menores temperaturas, respectivamente. A amplitude térmica foi de 11,9 °C (amplitude alta), levando em consideração que é o período chuvoso, durante o qual as temperaturas, na maioria das cidades médias nordestinas,

são mais amenas, que têm suas maiores taxas pluviométricas registradas nos trimestres fevereiro, março e abril (IPECE, 2010).

Pela análise dos dados, pode-se notar que as temperaturas dos três horários (9h, 15h e 21h) tiveram comportamentos semelhantes, relacionados aos dados referentes à maioria das cidades nordestinas, tendo como aspecto principal as ilhas de calor de maior intensidade, identificadas no período diurno (manhã e tarde), e no período da noite (ocorrem também, mas com menor intensidade), as temperaturas começam a diminuir, pelo arrefecimento das superfícies. Os maiores picos estão no horário entre as 14h e 15h (horário da maior presença da radiação solar).

Verifica-se, também, considerando o horário de maior pico (15h), que, nos bairros que apresentam maior cobertura vegetal, presença de corpos hídricos, como Novo Horizonte e Lameiro, as temperaturas são mais amenas, ratificando a ideia que a vegetação é um elemento primordial e indispensável para a regulação do clima, propiciando amenidades no campo térmico. Corroborando o presente pensamento, em estudo, realizado no Estado do Piauí, Albuquerque e Lopes (2016), denotam que:

Assim, ao se fazer o confronto das temperaturas com menores e maiores valores, que coincide com os bairros dotados de menores e maiores áreas de vegetação, observa-se diferença média de 2,67 °C correspondendo aos valores 3,08, 1,76 e 3,18 °C, respectivamente para os horários de 9, 15 e 21h. (ALBURQUEQUE; LOPES, 2016, p. 56).

Pode-se notar que a cidades nordestinas seguem um padrão de desenvolvimento de ilhas de calor, sendo no período diurno, e seu pico ocorrendo entre 14 e 15h, e que as principais causas dessa anomalia térmica são a substituição da natureza por uma estrutura urbana, sem pensar em formas de atenuar os efeitos causados por alterações climáticas. Mas também identifica-se intensidades moderadas e forte no horário da noite/madrugada.

3.4. Ilha de Calor (IC) intra-urbana e inter-urbana

O cálculo da ilha de calor (IC) intra-urbana foi feito considerando a maior e menor temperatura de cada horário. Assim: às 9h (Mirandão e Muriti), às 15h (Palmeiral e Lameiro) e às 21h (Centro e Novo Horizonte). Os dados foram analisados seguindo o modelo proposto por Garcia *et al.* (2008), que realizaram um estudo referente à ilha de calor na cidade de Madri, Espanha, e fez uma classificação que é referência para muitos trabalhos desenvolvidos no Brasil.

No horário das 9h, à análise entre os bairros Mirandão e Muriti (28,5 e 25 °C), foi identificada uma ilha de calor de 3,5 °C (classificada como Moderada). Às 9h, geralmente, o tempo se encontra um pouco mais ameno, caracterizando uma temperatura mais agradável.

Seguindo esse padrão, analisa-se que no horário das 15h foi encontrado no bairro Palmeiral e Lameiro (36,2 e 28,7 °C) uma ilha de calor de 7,5 °C (classificada como Muito Forte). Ou seja, o resultado comprova o que já vem sendo discutido ao longo do texto: o horário das 15h foi o pico das ilhas de calor na cidade.

No horário das 21h, com o arrefecimento das superfícies, de modo que foi observado nos bairros Centro e Novo Horizonte (27,3 e 24,3 °C, respectivamente), identificando uma ilha de calor de 3 °C (Moderada intensidade).

Os cálculos da IC inter-urbana seguem o mesmo padrão da intra-urbana no horário das 9h, 15h e 21h. O cálculo foi feito com os bairros de maior temperatura durante os três horários: Mirandão, Palmeiral e Centro, onde as temperaturas foram 28,5, 36,2 e 27,3 °C, respectivamente.

As ilhas de calor foram mais amenas, como demonstrado na Tabela 2, considerando que os dados do INMET são recolhidos na área rural, com maior presença de vegetação e corpos hídricos. Assim, no bairro Mirandão foi encontrada uma ilha de 1,3 °C (Fraca), no Palmeiral, 5 °C (Forte) e no Centro, 2,4 °C (Moderada).

Tabela 2 - Dados da Ilha de Calor inter-urbana. Organização: Autores (2019).

Horário	Bairros	Temperatura (°C)	INMET (Barbalha)	Cálculo IC	Magnitude da IC
9:00 h	Mirandão	28,5 °C	27,1 °C	1,3 °C	Fraca
15:00 h	Palmeiral	36,2 °C	31,2 °C	5 °C	Forte
21:00 h	Centro	27,3 °C	24,9 °C	2,4 °C	Moderada

3.5. Possíveis Soluções para amenizar as Ilhas de Calor (IC)

Considerado que um dos critérios apresentados por Monteiro (1976), para a estruturação do Sistema Clima Urbano (S.C.U), é o “Pragmatismo”, este considera a aplicação prática dos estudos como possíveis soluções para os problemas encontrados. Neste caso, as Ilhas de Calor (IC). Assim sendo, reafirma-se a importância do planejamento urbano para a mitigação dos problemas ambientais e sociais nas cidades brasileiras.

O planejamento é o fator chave para reduzir os impactos e potencializar os aspectos positivos das alterações climáticas urbanas e os estudos de clima urbano tem fornecido informações e propostas importantes nesse sentido, muito embora ainda sejam

pouco aplicados no âmbito do planejamento (ZANELLA; MOURA, 2013, p. 76).

Os autores destacam a importância do planejamento de qualquer aglomerado urbano para evitar os impactos de ilha de calor ambiental e social. Ao mesmo tempo, afirmam que, embora já se tenham muitos dados e propostas para mitigação das ilhas de calor, que é subsidiado pela área da climatologia urbana, estes, via de regra, não são utilizados. Nesse contexto, é necessário que os gestores públicos em nível municipal, estadual e federal, criem políticas públicas e valorizem os trabalhos que estão sendo produzidos nos meios científicos, sendo que estes têm potencial de aplicabilidade na organização espacial, proporcionando uma melhor qualidade de vida aos cidadãos.

Com base em Gartland (2010), propõe-se algumas medidas naturais como a arborização de áreas urbanas. As árvores, além de todas as características cênicas, servem para sombrear e purificar o ar. A construção de áreas verdes e abertas, como praças e/ou parques, que permitem a circulação de ventos, também é uma possibilidade. Os telhados verdes também são alternativas, porque diminuem o barulho dentro dos ambientes, além de manter o ar úmido e absorvem a radiação solar direta (GARTLAND, 2010).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a cidade do Crato, assim com as demais cidades brasileiras, passou por um processo de urbanização rápido e desordenado, que gerou inúmeros problemas. Entre eles, os ambientais são, *a priori*, os mais evidentes. A modificação nas paisagens naturais alteram o equilíbrio natural do ambiente, assim como o balanço de energia nos ambientes urbanos.

Destarte, é possível inferir que, na área de pesquisa, encontram-se ilhas de calor de maior pico, nas áreas centrais (estas por vez mais urbanizadas). O período das 14 às 15h foi comprovado, nesse estudo, para a área em questão, como o horário que apresentou maiores temperaturas encontradas (variando de muito forte a moderada intensidade), e, à noite, as ilhas de calor variam de intensidade, ficando entre Fraca a Moderada.

Nesse contexto, sugere-se a aplicação do planejamento urbano como elemento imprescindível para diminuir os impactos ambientais na cidade, além de medidas naturais e humanas, de baixo custo, como arborização, construção de áreas verdes abertas, para amenizarem os processos de formação de ilhas de calor.

5. REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*. São Paulo, v. 5, n. 1, p. 91-104, dez. 2017.
- ALBUQUERQUE, M. M.; LOPES, W. G. R. Influência da Vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. *Revista Ra'ega*, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 38-68, abr. 2016.
- ABREU, R. C.; SANTANA, A. N. C. Dinâmica Urbana de uma Cidade Média: Crato no Contexto da Região Metropolitana do Cariri no Estado do Ceará. In: CARACRISTI, I. et al. (Orgs). *Diversidade socioespacial e questões do Semiárido Noroeste Brasileiro*: Sobral: Edições UVA; SertãoCult, 2016, p. 193-207.
- BRANDÃO, A. M. P. M. de. O Clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Orgs.) *Clima Urbano*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011. p. 121-154.
- CEARÁ. Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. *Atlas do Ceará*. Fortaleza: IPLACE, 1997. 56 p.
- GARTLAND, L. *Ilhas de calor*: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 256 p.
- GARCÍA, F. F. *Manual de climatologia aplicada*: clima, médio ambiente y planificación. 2. ed. Madrid: Editorial Síntesis, S. A., 1996. 285 p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico*. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 27 set. 2019, 11:35:00.
- IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. *Crato: perfil básico do município*. Fortaleza, 2010. 10 p.
- LIMA, F. J. de. *Proposta de zoneamento geoambiental do município do Crato/CE*. 2008. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e clima urbano*. 1976. 181 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F. et al. A construção da Climatologia geográfica no Brasil. Campinas: Alínea Editora, 2015, 120 p.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. *Clima urbano*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011. 192 p.
- MOURA, M. O. *O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico*. 2008. 318 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de Sobral (CE). *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, Sobral, v. 17, n. 1, p. 4-17, mar. 2015.
- OLIVEIRA, J. C. A.; ABREU, R. C. Resgatando a história de uma cidade média: Crato capital da cultura. *Revista Historiar*, Sobral, ano II, n. 1, p. 244-262. abr. 2019.
- OKE, T. R. *Boundary layer climates*. 2. ed. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978. 372 p.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS/BANCO MUNDIAL. *Relatório sobre o desenvolvimento mundial de 2010: Desenvolvimento e mudança climática*. São Paulo: Editora UNESP, 2010. 440 p.

PIMENTEL, F. O. *O clima urbano: o uso de modelos aeroespaciais na investigação do comportamento térmico em Juiz de Fora*. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

RIBEIRO, S. C. *Susceptibilidade aos processos erosivos superficiais com base na dinâmica geomorfológica na microbacia do Rio Granjeiro, Crato/CE*. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. Os estudos de Clima Urbano no Nordeste do Brasil. In: SILVA, C., A.; FIALHO, E. F. (Org.). *Concepções e ensaios da climatologia geográfica*. 1 ed. 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*, João Pessoa, v. 9, n. 11, p. 75-89, jan./jun. 2013.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Funcap pelo financiamento do projeto denominado “Aplicação do Sistema Clima Urbano (S.C.U) no Município do Crato/Ceará sob o nível Termodinâmico”. (BP3-0139-00214.01.00/18 SPU: N°: 4373948/2018).

Recebido em: 10/10/2019

Aceito para publicação em: 23/04/2020