
Ocorrência de ilhas de calor no espaço urbano: reflexões no contexto da cidade de Sobral, Ceará

Occurrence of heat islands in urban space: reflections in the context of the city of Sobral, Ceará

Presencia de islas de calor en el espacio urbano: reflexiones en el contexto de la ciudad de sobral, ceará

Francisca Mairla Gomes Brasileiro¹ <https://orcid.org/0000-0002-6398-0224>

Maria Elisa Zanella² <https://orcid.org/0000-0003-3475-2705>

¹Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil, mairlagomesgeoufc@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil, elisazv@terra.com.br

Recebido em: 13/09/2021

Aceito para publicação em: 30/12/2021

Resumo

As cidades de grande porte e metropolitanas, devido aos seus espaços urbanos consolidados, já são base de diferentes estudos na identificação de fenômenos climáticos. Este artigo parte dessa reflexão para identificar como os estudos climáticos estão sendo formatados em cidades médias, haja vista, que mesmo com uma dimensão espacial menor, esses espaços são passíveis de gerarem fenômenos climáticos, como as ilhas de calor. Para tal, realizamos uma revisão bibliográfica do tema, destacando as principais características do fenômeno em estudo e correlacionando com a realidade de Sobral, uma cidade média cearense. Como resultado, identificamos que a área em estudo convive com fenômenos do clima, a saber, ilhas de calor urbana.

Palavras-chave: Espaço Urbano; Paisagem modificada; Ilhas de calor; Clima de Cidades Médias; Clima Semiárido.

Abstract

Large and metropolitan cities, due to their consolidated urban spaces, are already the basis of different studies in the identification of climatic phenomena. This article starts from this reflection to identify how climate studies are being formatted in medium-sized cities, in view of which, even with a smaller spatial dimension, these spaces are capable of generating climatic phenomena, such as heat islands. For this, we performed a bibliographic review of the theme, highlighting the main characteristics of the phenomenon under study and

correlating with the reality of Sobral, an average city in Ceará. As a result, we identified that the area under study coexists with climate phenomena, namely urban heat islands.

Keywords: Urban Space; Modified Landscape; Heat Islands; Medium Cities Climate; Semi-arid Climate.

Resumen

Las ciudades de gran porte y metropolitanas, debido a sus espacios urbanos consolidados, ya son base de diferentes estudios en la identificación de fenómenos climáticos. Este artículo parte de esa reflexión para identificar cómo los estudios climáticos están siendo formateados en ciudades medias, haya vista, que incluso con una dimensión espacial menor, esos espacios son susceptibles de generar fenómenos climáticos, como las islas de calor. Para ello, realizamos una revisión bibliográfica del tema, destacando las principales características del fenómeno en estudio y correlacionando con la realidad de Sobral, una ciudad media cearense. Como resultado, identificamos que el área en estudio convive con fenómenos del clima, a saber, islas de calor urbano.

Palabras clave: Espacio Urbano; Paisaje modificado; Islas de calor; Clima de Ciudades Medias; Clima Semiárido.

Introdução

O processo de urbanização teve como principal efeito o aumento da concentração populacional nas cidades. De acordo com a ONU (Organização da Nações Unidas) metade da população mundial habita os centros urbanos. E estimativas indicam que cerca de 70% da população mundial estará vivendo nestes espaços até o ano de 2050 (ONU, 2013; 2019). No caso do Brasil, cerca de 80% da população nacional está concentrada em centros urbanos e estima-se que esta estatística ultrapassará os 90% até 2050 (IPEA, 2006; IBGE, 2016).

Essa concentração populacional nas cidades é mais evidente em algumas regiões, como o Sudeste e o Nordeste do Brasil. Estes dados são elucidativos para percebermos a importância destes espaços, pois eles se configuraram como polos de atração, em primeiro plano para as atividades econômicas e serviços e, conseqüentemente, para os fluxos de pessoas.

Esse crescimento demográfico demasiado nas cidades gerou diversos problemas sociais e ambientais, pois o aumento da população não foi acompanhado por ações de planejamento por parte do estado. Isto se reflete nas paisagens que se visualizam dentro da cidade, sobretudo pela formação das favelas e ocupações irregulares.

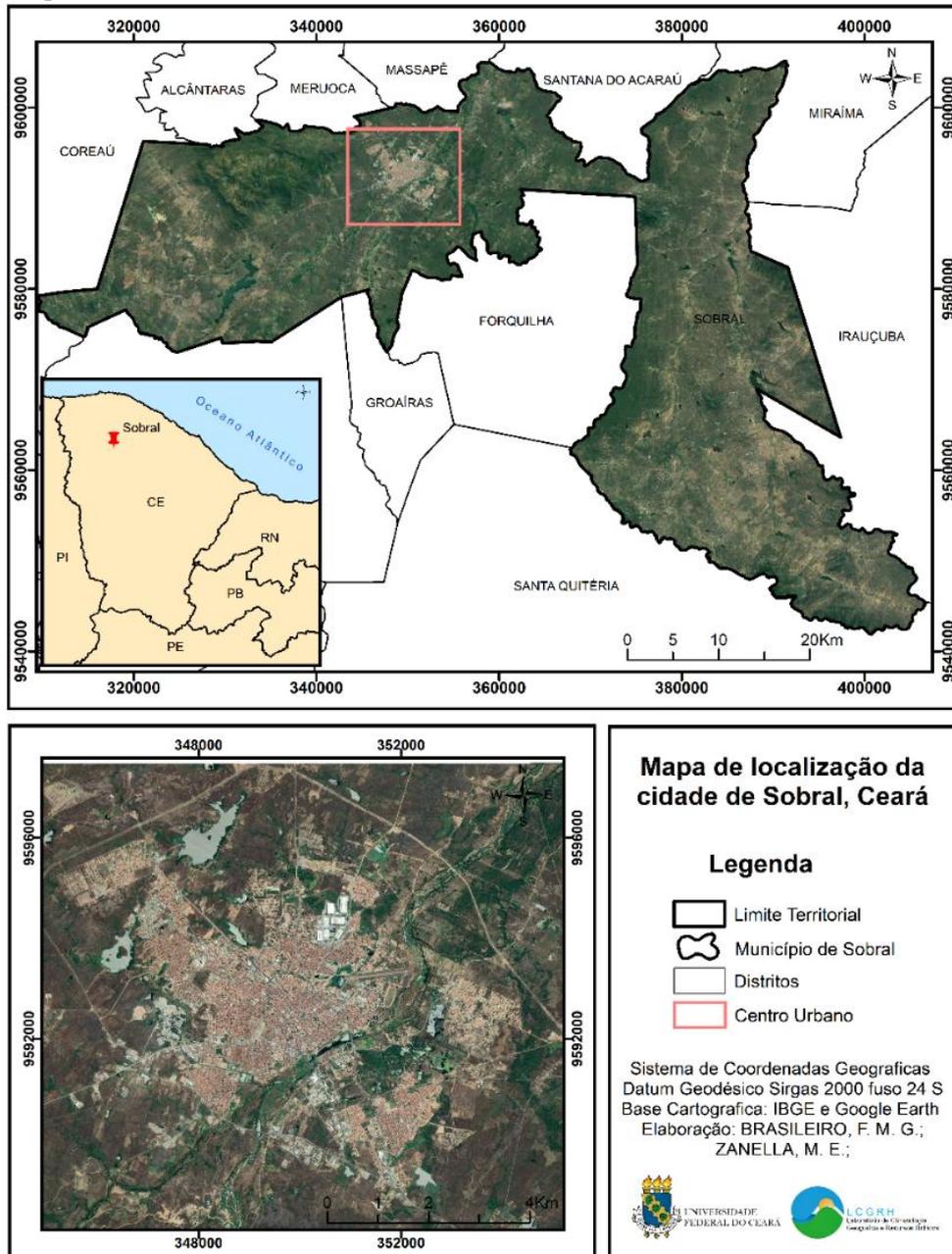
A ocupação das cidades foram avançando e a configuração espacial se transformando, ao ponto de os elementos estruturais e construtivos se sobreporem aos elementos naturais. As áreas vegetadas foram suprimidas, os rios canalizados e poluídos e o avanço das atividades econômicas e industriais, juntamente com o crescimento do fluxo de automóveis, geraram partículas nocivas que são lançadas constantemente na atmosfera, tornando o ar prejudicial à saúde.

Do ponto de vista climático, as cidades se configuram como um espaço com diversas possibilidades de estudo, haja vista, que o processo de urbanização acarretou alterações diretas no uso e ocupação do solo, com modificação das paisagens naturais por espaços construídos, adensados e com inexistência parcial ou total de áreas vegetadas. Assim, convencionou-se afirmar que a cidade é geradora de um clima urbano específico, que se diferencia do clima de áreas rurais e regiões menos urbanizadas. Para Monteiro (1976) o clima da cidade pode ser apreendido com base na dinâmica dos fluxos de energia, sendo percebido a partir dos canais de percepção, a saber, o físico-químico, o hidrometeorológico e o termodinâmico. Nesta abordagem, o autor destaca que o clima urbano resulta da interação dos aspectos da organização social e dos elementos naturais do clima.

Dentre os problemas climáticos que visualizamos no espaço urbano, podemos citar a formação de ilhas de calor, que consistem na elevação da temperatura média em diferentes pontos da cidade e resultam, diretamente, da interação dos elementos construtivos com a atmosfera (LOMBARDO, 1985; GARTLAND, 2010). Diversos estudos tem mapeado a atuação das ilhas de calor (IC) no espaço urbano, sendo que estes, em sua maioria, são realizados nos grandes centros urbanos, tendo em vista,

que são espaços que concentram os centros de pesquisa e onde estas questões apresentam maior destaque.

Mapa 1 - Localização da cidade de Sobral



Fonte: elaborado por Brasileiro; Zanella(2020)

Entretanto, convém destacar a importância de estudos neste âmbito nas cidades médias e pequenas, pois estes espaços nas últimas décadas veem apresentando um crescimento significativo, com a formação de centros urbanos dinâmicos regionalmente e que seguem a mesma proposta de delineamento espacial observado nas grandes metrópoles (DUBREUIL *et al*, 2020; FOISSARD; DUBREUIL;

QUENOL, 2019). A realização de estudos nestes espaços geográficos encontra algumas facilidades, principalmente porque são áreas em desenvolvimento e que, portanto, podem a partir das análises climáticas obtidas nos estudos científicos, elaborar um planejamento mais eficaz, considerando tais resultados.

Partindo destes pressupostos busca-se entender como o clima urbano de uma cidade média é modificado, tendo em vista a dinâmica de transformações que ocorreram neste espaço nas últimas décadas. Para tal, a área de estudo escolhida para a pesquisa consiste no município de Sobral (Mapa 1), localizado no noroeste do estado do Ceará. O mesmo é considerado uma cidade média que apresenta uma dinâmica urbana intensa, configurando-se como um polo regional.

Convém salientar que este artigo parte das leituras preliminares acerca da temática em estudo, trazendo como foco um resgate bibliográfico dos temas que são basilares ao entendimento do clima urbano em cidades médias e os resultados preliminares encontrados para o objeto em estudo.

Transformações do espaço urbano e seus efeitos no clima da cidade

O processo de industrialização promoveu mudanças significativas na estrutura econômica, social e cultural à nível mundial. Estas modificações são visualizadas a partir da constituição de novas formas produtivas, que enfatizaram a divisão social e territorial do trabalho, o consumo, a concentração de renda, etc. (GALVAN; FLÁVIO, 2007). Além dos fatores elencados, observa-se que um efeito direto do processo industrial, foi a expansão da urbanização, haja vista que a industrialização “atraiu a oferta da força de trabalho, infraestrutura, acessibilidade, progresso técnico e acumulação capitalista para os espaços urbanos” (GALVAN; FLÁVIO, 2007, p. 1).

Conforme Santos (1994) as mudanças promovidas por esses processos, que formataram e reestruturaram o espaço urbano e as paisagens urbanas, apresentam tanto uma dimensão quantitativa quanto uma dimensão qualitativa. Observa-se que

“o meio urbano é cada vez mais um meio artificial, fabricado com restos da natureza primitiva crescentemente encobertos pelas obras dos homens” (SANTOS, 1994, p. 42).

Ao discutir a perspectiva das mudanças ocasionadas pela urbanização e a industrialização, Santos (1994) destaca como esses processos afetaram o espaço rural, pois com o desenvolvimento da industrialização e a expansão da urbanização, o campo passou a ser o responsável por abastecer a cidade, haja vista a concentração de atividades do setor secundário e terciário no espaço urbano. Tal fato, foi crucial para a visualização de algumas modificações no espaço rural, pois como o autor destaca,

A urbanização ganha, assim, novo impulso e o espaço do homem, tanto nas cidades como no campo, vai tornando-se um espaço cada vez mais instrumentalizado, culturizado, tecnificado e cada vez mais trabalhado segundo os ditames da ciência. O capital constante que, antes, era um apanágio das cidades, sobretudo naquelas onde se concentrava a produção industrial, passa, também a caracterizar o próprio campo, na forma de implementos, fertilizantes e inseticidas, máquinas e sementes selecionadas. Esse capital constante fixo ou localizado chega, aliás, a toda parte apoiado pela rede de estradas de ferro e de rodagem [...] (SANTOS, 1994, p. 43).

Entretanto, o espaço rural permaneceu como um subsidiário da cidade, absorvendo o aparato tecnológico produzido no espaço urbano, mas sem gerar as transformações em sua paisagem que visualizamos na cidade, como a atração de infraestruturas, concentração populacional, remodelação parcial ou total da natureza primária, com a substituição desta por novas formas de uso e ocupação do solo e por novas estruturas urbanísticas. Convém salientar que o meio urbano pressupõe também um modo de vida urbana, como destaca Lefebvre (1999, p. 15) que ao comparar os dois espaços mencionados, relembra que “o tecido urbano prolifera, estende-se, corrói os resíduos da vida agrária”.

De base destas percepções é possível notar que o espaço urbano se diferencia do espaço rural, sendo intensamente modificado, com diferentes usos do solo e com processos diferentes do meio rural, que inferem, inclusive, um modo de vida

específico. Isso resulta na formação de variadas paisagens, que oscilam a partir do modo de produção engendrado e das variações temporais.

Como principal marco histórico, o processo de urbanização, ao tempo que promoveu o crescimento das cidades, favoreceu o aumento e a concentração populacional nos centros urbanos. Essa concentração foi acentuando-se ao longo dos anos, transformando as paisagens da cidade e gerando impactos sociais e ambientais.

Grande parte das problemáticas sociais e ambientais visualizadas na cidade apresentam relação direta com a falta de planejamento do estado durante o processo de uso e ocupação. Convém destacar que o estado, em grande parte, também falha na aplicação de medidas mitigadoras para lidar com as questões sociais e ambientais inerentes à cidade. Observa-se que devido ao processo acelerado de ocupação, diversas áreas inadequadas à moradia foram sendo ocupadas, e isto, pode ser visualizado tanto em áreas onde residem classes sociais mais abastadas quanto nas mais pobres, o que se diferencia são as repercussões ambientais e sociais visualizadas em cada espaço.

Dentre as problemáticas visualizadas no espaço urbano, destacam-se as de ordem social, como a questão da moradia, a favelização, a ocupação de áreas ribeirinhas e/ou de lagos etc., tais questões, por vezes, desembocam em problemas de ordem ambiental como as inundações, desmatamento, assoreamento dos mananciais, poluição do ar e da água, etc. Destaco ainda as alterações que se dão na cidade e que afetam a qualidade de vida no contexto climático, como o uso do concreto, a verticalização, a preferência por materiais construtivos que absorvem calor, a diminuição de parques e áreas verdes, a emissão exacerbada de poluentes pelos automóveis e indústrias, etc.

O clima da cidade, a partir das alterações engendradas pelas atividades econômicas e expansão da estrutura urbana, como verificado, sofreu modificações. De acordo com Souza (2010, p. 19) “o aumento da estrutura urbana, mais extensa e densa, das cidades passaram a afetar, significativamente, a dinâmica da superfície atmosférica e, conseqüentemente a modificar o clima local”.

Como nos confirma Monteiro e Mendonça (2011) a questão climática consiste,

[...] Numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, são derivadas da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2011, p.93)

Deste modo, convencionou-se afirmar que a cidade é geradora de um clima urbano, que resulta diretamente da interação das atividades desenvolvidas, das formas e infraestruturas dispostas na paisagem e como essas interagem com a atmosfera próxima à superfície (LANDSBERG, 1956; OXE, 1987; MONTEIRO, 1991; SANT'ANNA NETO, 1998; PARTIDÁRIO, 2001; MOURA, 2008; ZANELLA; MOURA, 2013; ZANELLA, 2014). Neste sentido, Hasenack e Flores (1992, p.60) confirmam que “o tipo de cobertura do solo da cidade [...] impõe um balanço de energia distinto daqueles das áreas rurais [...]”. Destacam, ainda, que as diferenças entre a dimensão climática urbana e a rural, resulta das condições atmosféricas visualizadas em cada espaço.

Monteiro (1976) a partir do estudo do Sistema Clima Urbano (SCU), acrescenta que a geração de um clima tipicamente urbano não depende somente das formas dispostas na paisagem, para compreendê-lo é necessário considerar os balanços de energia. Ademais, é essencial conhecer como a cidade considerou o sítio urbano e suas características, durante o processo de crescimento e urbanização.

Alguns fenômenos naturais podem ocorrer na natureza sem a intervenção humana, entretanto, como nos relata Monteiro (1976) e Ugeda Júnior e Amorim (2016), na cidade as ações engendradas no campo da dimensão social, tem papel importante na caracterização de fenômenos do clima. Com base nesta teoria, o clima urbano pode ser apreendido como um resultado da interação dos elementos naturais e das ações sociais. Buscando entender de que formas essas ações se configuram, Monteiro (1976) classificou os impactos climáticos na cidade a partir de canais de percepção, que estão alocados dentro de uma abordagem sistêmica. Assim, o clima

urbano pode ser apreendido por três subsistemas: o Hidrometeorológico (impactos pluviométricos), o físico-químico (qualidade do ar) e o termodinâmico (conforto térmico).

Neste mesmo caminho Souza (2010) elenca que a dimensão do clima urbano, pode ser pensado, além do tamanho da cidade, pela disposição da “topografia, a vegetação, a forma urbana e a proporção entre espaços abertos (campos, praças, corpos d’água, entre outros) e áreas edificadas” (SOUZA, 2010).

Dentre as peculiaridades do clima urbano, verifica-se a formação de ilhas de calor urbanas, que consistem no aumento da temperatura em algumas zonas da cidade, em comparação com seus arredores (LOMBARDO, 1985; ESTEVÃO, 2016; ESTEVÃO; ZANELLA, 2016; PINHEIRO, 2017; MARANHOLI; GONZALEZ, 2018; SOUZA; PARANHOS FILHO; GUARALDO, 2020).

Para Gartland (2010, p. 9) as ilhas de calor “são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais ou regiões menos urbanizadas”.

Corrêa (2016) explicita que o aumento da temperatura superficial terrestre e a do ar, em áreas urbanas e suburbanas em relação as áreas circundantes, podem ser definidas como ilhas de calor (IC). E a intensidade da IC pode ser medida a partir das diferenças do gradiente térmico encontrado nos dois espaços. Para Souza, Paranhos Filho e Guaraldo (2020), ilhas de calor urbanas são geradas por fatores físicos naturais (velocidade dos ventos regionais) e artificiais (materiais construtivos que oferecem respostas diferenciadas a absorção e liberação de calor).

Mendonça e Dubreuil (2005) em seus estudos sobre as características climáticas da Região Metropolitana de Curitiba, identificaram a formação de zonas de temperaturas elevadas dentro da mancha urbana e variações na temperatura dentro destas zonas, evidenciando que a cidade produz diferenciações na sua temperatura, tanto em relação as áreas rurais, quanto em relação aos espaços intraurbanos. Os autores destacam que essas variações na temperatura da cidade, podem ser definidas como ilhas de calor, e, trazem a luz outro conceito, as ilhas de

frescor que são áreas de baixa temperatura dentro da mancha urbana. Estes espaços estão relacionados com a ocorrência de áreas verdes e recursos hídricos.

Neste mesmo caminho, Souza, Paranhos Filho e Guaraldo (2020) defendem que os estudos em clima urbano, na perspectiva das ilhas de calor, devem seguir a metodologia de definição de zonas homogêneas, haja vista, que as mudanças intraurbanas no uso do solo, na estrutura da superfície, material construtivo e atividade humana produzem variações no clima urbano, a partir das diferenças térmicas visualizadas nestes espaços. A proposição de zonas climáticas consiste na setorização da mancha urbana em áreas homogêneas, com tipos de usos semelhantes e que terão respostas termiais similares. A partir da definição das zonas e identificação de como se comportam as ilhas de calor nestes ambientes, podem-se elaborar mapas temáticos que representam a variação da temperatura local (RICHARD, 2018).

O estudo das ilhas de calor, portanto, pressupõem diferentes perspectivas, escalas e formas de abordagem, sendo um ponto comum, o fato de que devemos identificar sua ocorrência, tendo em vista os impactos negativos destas para a cidade e para quem nela mora. Como ressalta Gartland (2010) as ilhas de calor afetam as pessoas de diferentes formas, estando associadas diretamente à prejuízos na saúde humana.

Ilhas de calor não causam apenas pequenos desconfortos adicionais; suas temperaturas mais elevadas, a falta de sombra e seu papel no aumento da poluição do ar têm sérios efeitos sobre a mortalidade e a saúde da população. Elas desperdiçam dinheiro ao aumentar a demanda de energia, ao despender maiores esforços para construção e manutenção de infraestruturas, para gerenciar enchentes e para a disposição de resíduos. Além disso, as técnicas construtivas insustentáveis que promovem as ilhas de calor tendem a não ser atraentes, chamativas ou saudáveis para a flora e fauna urbanas (GARTLAND, 2010, p. 10 e 11)

Em contrapartida, a mitigação desse fenômeno apresenta benefícios essenciais à cidade e a população local, pois resultará em um espaço com mais áreas verdes, com um ar mais puro e com infraestruturas adequadas que absorvem menos calor.

Apontamentos sobre as ilhas de calor em cidades médias

As ilhas de calor no espaço urbano consistem em uma problemática emergente, haja vista, que estas afetam diretamente a qualidade de vida dos cidadãos. Alguns trabalhos científicos avançam no entendimento do conceito de ilhas de calor no espaço urbano, sendo que todos eles concordam que o fenômeno consiste em uma diferenciação de temperaturas entre os ambientes com maior urbanização e os menos urbanizados e/ou rurais. Destaca-se também a contribuição dos materiais construtivos da cidade, variações nas temperaturas do ar e terrestre, o que pressupõe diferenças metodológicas nas abordagens (AMORIM, 2019; DORIGON, 2019; GARTLAND, 2010; SOUZA, PARANHOS FILHO; GUARALDO, 2020).

Diversos estudos na perspectiva do clima têm mapeado a atuação das ilhas de calor (IC) no espaço urbano, haja vista que é um problema muito recorrente nestes ambientes, devido as modificações constantes no uso e ocupação do solo. Entretanto, observa-se que esses, em sua maioria, são realizados nos grandes centros urbanos (ALGRETAWEE; RAYBURG; NEAVE, 2019; CORRÊA, 2016; MARANHOLI; GONZALEZ, 2018; VIANNA, 2018; YU; CHEN; WONG, 2020). Isto se deve tanto ao fato de que as grandes metrópoles apresentam processos de desenvolvimento mais antigo e uma remodelação de seu espaço mais consolidada, o que favorece a identificação de fenômenos do clima, quanto ao fato da grande concentração dos centros de pesquisa nas metrópoles, sobretudo no Brasil.

Neste mesmo sentido, Monteiro e Mendonça (2011) ao tratar da qualidade de vida nos grandes centros urbanos, relatam que os estudos do clima nestes,

Tem atraído mais a atenção de estudiosos que aquele de cidades de menor porte, talvez porque nas grandes concentrações os problemas ambientais pareçam ser mais graves que nas pequenas. Entretanto, o acelerado crescimento apresentado por algumas destas nas últimas décadas e a sua representação quantitativa e qualitativa, particularmente no território brasileiro, tem despertado cada vez

mais o interesse para a investigação de seus ambientes. Isto se deve também ao fato de que intervenções apontadas pelo planejamento urbano em tais contextos apresentam menor problemática de execução que nas grandes cidades com urbanização praticamente consolidada (MONTEIRO; MENDONÇA, 2011, p. 95).

Desse modo, convém destacar a importância de estudos sobre o clima das cidades médias e pequenas, pois estes espaços nas últimas décadas veem apresentando um crescimento significativo, com a formação de centros urbanos dinâmicos regionalmente e que seguem a mesma proposta de delineamento espacial observado nas grandes metrópoles (AMORIM, 2017; AMORIM, 2020; CASTRO; COSTA, 2016; TEIXEIRA; OLIVEIRA, 2020).

As cidades de porte médio e pequeno apresentam características geográficas bem diferenciadas das cidades de grande porte e metropolitanas, mas observa-se que este não é um empecilho para o desenvolvimento dos estudos na perspectiva das ilhas de calor, pois essas apresentam “consideráveis facilidades para a identificação de suas paisagens intraurbanas; estas, previamente identificadas, permitirão uma melhor compreensão da interação sociedade-natureza na construção do clima urbano” (MONTEIRO; MENDONÇA, 2011, P. 96).

Entretanto, as cidades de porte médio e pequeno, pressupõem abordagens metodológicas diferentes das empregadas nas áreas metropolitanas, haja vista, que alguns fenômenos podem não se manifestar da mesma maneira nos dois espaços (PORANGABA; TEIXEIRA; AMORIM, 2017). Para exemplificar, Mendonça e Monteiro (2011) chamam a atenção para a inexistência de subúrbios nas cidades pequenas, onde impediria a formação de “ambientes de transição” entre o rural e o urbano.

Ao considerarmos os estudos em cidades de pequeno e médio porte, devemos nos atentar a três aspectos fundamentais para a compreensão das particularidades oferecidas por esse objeto de estudo.

a) são cidades que, sobretudo nos países tropicais [...], carecem, tanto quanto as cidades grandes e metropolitanas, de estudos de toda ordem. Nestas, vive cerca de 1/3 da população do país,

principalmente depois dos anos setenta, década a qual tais cidades vêm ganhando importância socioeconômica, política e ambiental [...]; b) o planejamento e intervenção no desenvolvimento urbano das cidades de porte médio e pequeno podem, pelo próprio estágio de desenvolvimento das mesmas, ser praticamente mais eficaz que nas cidades grandes e metropolitanas [...]; c) O detalhamento cartográfico concernente à representação do fato urbano – e suas diferenças internas e circunvizinhas – ganha maior riqueza quanto maior for a escala de trabalho da cidade objeto de estudo [...] (MONTEIRO; MENDONÇA 2011, p.98).

No que concerne as cidades pequenas e médias semiáridas no contexto brasileiro, observa-se que estas, ao contrário das grandes metrópoles, apresentam menores quantitativos de estudos investigativos sobre a questão dos efeitos das ilhas de calor urbana. Os estudos estão concentrados, em sua maioria, no centro-sul do país, existindo importantes lacunas sobre o clima das cidades pequenas e médias no norte e nordeste do Brasil, sobretudo das cidades que apresentam influência de um clima tropical semiárido (AMORIM, 2018; AMORIM, 2020; CARDOSO et al, 2017; ESTEVÃO, 2016; GOMES et al, 2019; OLIVEIRA, 2020; SILVA; MOURA; LUNA, 2020).

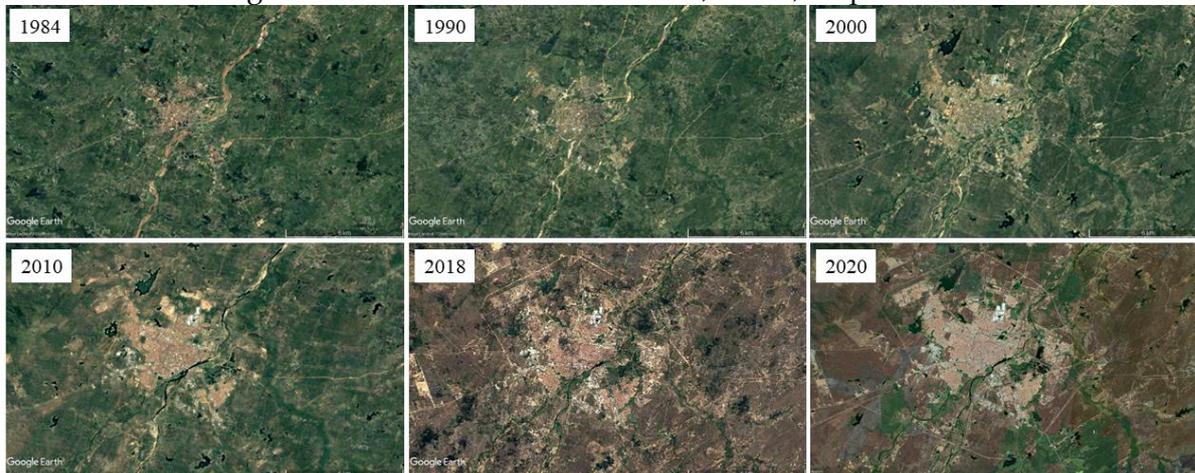
Neste contexto, encontra-se a cidade de Sobral/CE, que vem vivenciando um crescimento urbano considerável nas últimas décadas e, portanto, necessita de estudos que entendam os impactos desta rápida urbanização no âmbito climático.

Reflexões iniciais sobre ilhas de calor em Sobral, Ceará

A cidade de Sobral convive com diversas questões ambientais devido ao avanço do processo de urbanização, dentre estas, a ocorrência de ilhas de calor urbana. É possível observar que a partir da década de 1990, com a chegada de indústrias de grande porte, a cidade vivenciou um processo de desenvolvimento crescente, tornando-se um dos principais polos da região noroeste cearense, com grande influência local e regional (painel 1). Seguindo um processo semelhante aos grandes centros, o município de Sobral tendeu a concentrar todos os serviços e

atividades no centro urbano, fato que em parte justifica a grande concentração populacional neste espaço geográfico.

Painel 1 – Imagens históricas da cidade de Sobral, Ceará, no período de 1984 a 2021.



Fonte: Google Earth. (Série Histórica)

Segundo dados do Atlas Brasil (2010) cerca de 88% da população total desse município habita a área urbana, o que denota afirmar que este espaço convive com diversas questões, tanto de âmbito social quanto ambiental. No clima pressupõe-se que as mudanças no uso e ocupação do solo, o padrão construtivo, a organização estrutural da cidade e as atividades desenvolvidas geraram diferenciações e modificações no clima local, possibilitando a ocorrência de ilhas de calor urbanas (ZHOU; CHEN, 2018).

Ao analisar as imagens históricas da cidade de Sobral (Figura 1), percebemos como o espaço urbano da cidade foi sendo adensado ao longo das décadas e como a malha urbana foi se expandindo continuamente. Com a chegada das indústrias novas formas foram acrescentadas à paisagem, com materiais que apresentam diferentes respostas a radiação atmosférica. Ademais, a própria ocupação dos cidadãos foi modificando as paisagens da cidade, com a construção das residências e a instalação de infraestruturas.

É notável que na década de 1980, a área correspondente a cidade de Sobral apresentava uma ocupação menor, uma área vegetada mais preservada e as

dimensões do rio Acaraú, que corta a cidade, eram bem maiores do que as visualizadas na atualidade.

Segundo o IBGE (2017), ao analisar a ocupação urbana de Sobral e seus impactos, constata-se que,

A expansão urbana desordenada, inclusive nas margens do Rio Acaraú, ocasionou a canalização de esgotos que derramavam seus dejetos diretamente nas águas do Rio sem que houvesse nenhum tratamento prévio. O mesmo ocorreu com algumas indústrias e um hospital que desaguavam seus esgotos em direção do velho Acaraú que, desde então, sofreu uma mudança danosa em sua história natural. [...] Com tantas mudanças no trato do Rio, a consequência foi quase o total desaparecimento da mata ciliar e dos animais que viviam à sua margem (IBGE, 2017).

Na transição entre as décadas de 1990 e 2000, a malha urbana da cidade sofreu uma alteração considerável, sobretudo em suas porções norte, leste e ao sul. Nos estudos sobre o avanço da industrialização na cidade de Sobral, Alves e Silva (2004) atribuem as alterações no espaço urbano sobralense à chegada das indústrias, sobretudo a Grendene Calçados S/A. Esta foi responsável por atrair uma rede de novas indústrias para atender suas demandas, além de atrair pessoas ao espaço urbano devido as vagas de empregos gerados.

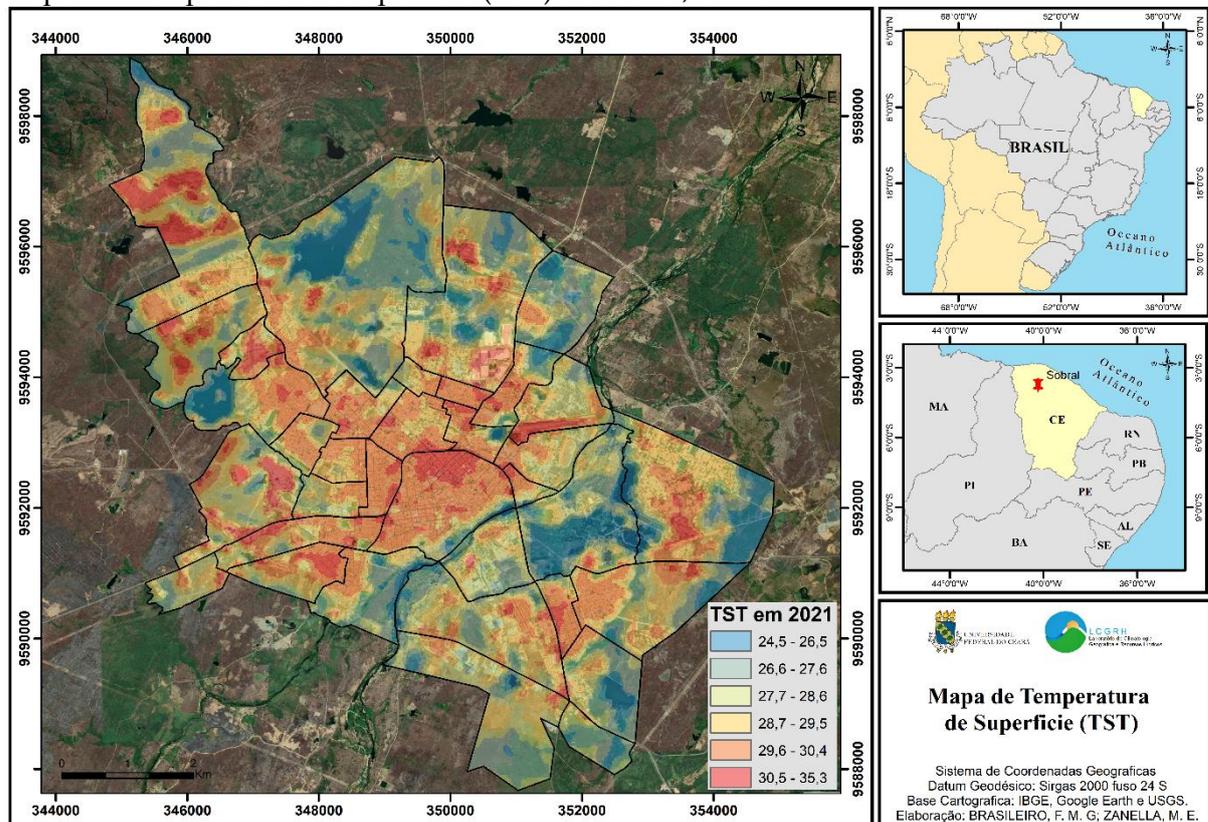
Essas mudanças no sítio urbano da cidade de Sobral são cruciais para a formatação do fenômeno de ilhas de calor urbana. Nos mapas 2 e 3, apresentamos dois mapas iniciais que destacam a relação entre o sítio urbano e seus efeitos no clima local. Nesses evidenciamos a temperatura superficial (TST) da cidade de Sobral, que consiste em um produto obtido por meio do sensoriamento remoto e pelo emprego das técnicas de geoprocessamento. A TST resulta da interação entre os usos e ocupação do solo e dos materiais dispostos na paisagem com a radiação atmosférica, ou seja, dependendo das características dos elementos da paisagem, eles trarão respostas singulares, retendo, absorvendo ou refletindo os raios solares. Geralmente, as cidades por apresentarem uma variedade de materiais que retém a radiação solar,

apresentam cartas com temperaturas elevadas, que são indicadores da ocorrência de ilhas de calor nesses espaços.

Na cidade de Sobral nota-se o predomínio de temperaturas superficiais superiores a 29°C, sendo que estas se concentram, sobretudo, nas áreas densamente ocupadas e centrais. Ao observar o mapa abaixo é possível perceber que essas temperaturas seguem o delineado das construções, estradas e estruturas disponíveis na paisagem, o que denota afirmar que as áreas mais ocupadas e com maiores alterações do solo, são as regiões de maior probabilidade para ocorrência de ilhas de calor superficiais.

Por outro lado, as regiões com cobertura vegetal, menor ocupação e com ocorrência de corpos d'água apresentaram temperaturas mais baixas, que variaram entre 24,5°C e 27,6°C. Estes pontos onde as temperaturas se apresentaram com menor intensidade consistem em áreas com ocorrência de ilhas de frescor, ou seja, ambientes dentro da cidade que geram arrefecimento no clima urbano.

Mapa 2 – Temperatura de Superfície (TST) de Sobral, em 2021.

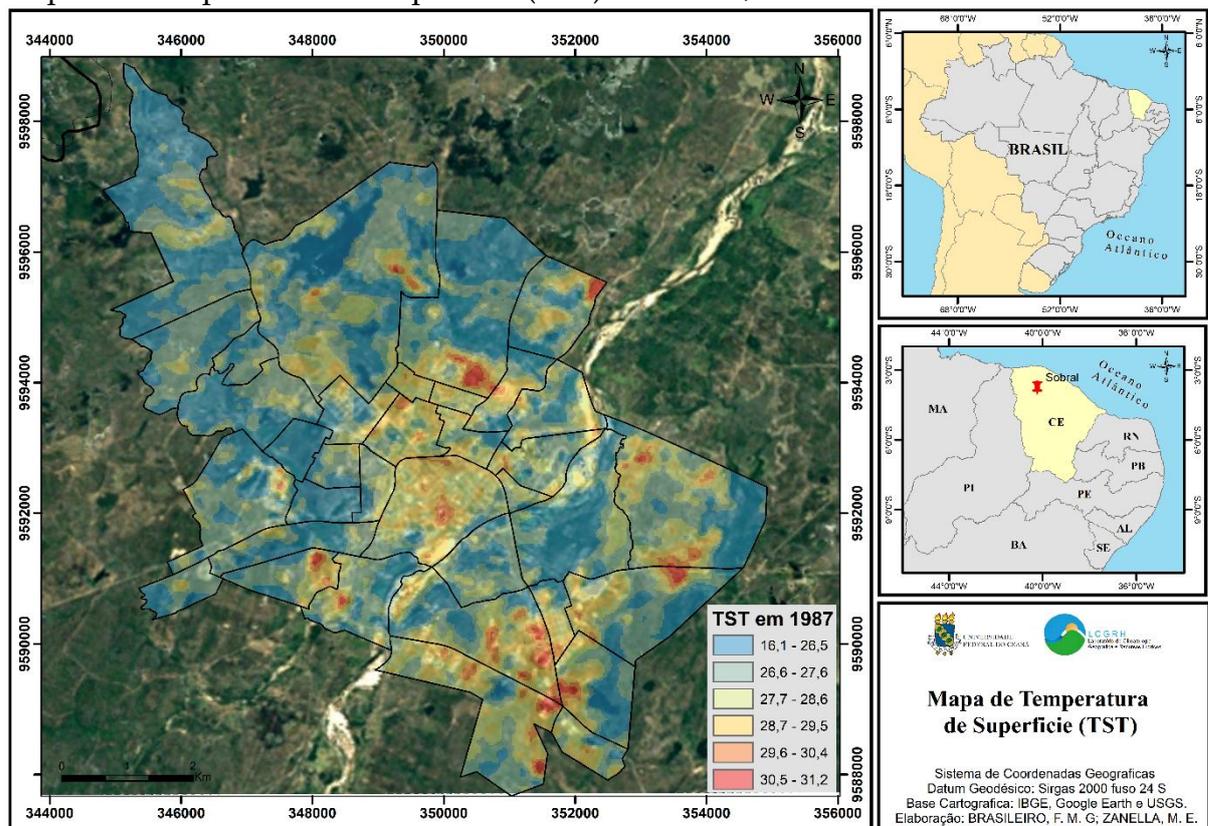


Fonte: elaborado por Brasileiro; Zanella (2020)

Ao compararmos a carta de temperatura atual com a de 1987, um período anterior ao marco da urbanização de Sobral, constatamos o avanço das temperaturas elevadas conforme a expansão e densidade da malha urbana. Nota-se que na década de 1980, as baixas temperaturas predominavam, com alguns pontos mais quentes, associados a algumas construções já existentes (Mapa 3).

Ao analisar a carta de temperatura de 1987, nota-se que os extremos máximos e mínimos de temperaturas encontrados foram diferentes, haja vista, as variações sazonais de cada período analisado. E mesmo que as imagens utilizadas no processamento estejam sob influência de tipos de tempo semelhantes, essas variações devem ser consideradas. Entretanto, buscou-se aplicar métodos que equiparassem as legendas para fins comparativos e, desse modo, ser possível observar a relação entre o padrão construtivo e a geração de temperaturas elevadas na cidade.

Mapa 3 – Temperatura de Superfície (TST) de Sobral, em 1987.



Fonte: elaborado por Brasileiro; Zanella (2020)

As cartas de temperaturas, portanto, evidenciam que Sobral, devido as alterações do solo, tem gerado um clima tipicamente urbano, com indicação para

formação de ilhas de calor de superfície. Ao tempo que identificamos alterações na temperatura superficial, apontamos a probabilidade de ocorrência de ilhas de calor atmosféricas, tendo em vista que a TST é um elemento que influencia na dinâmica do clima local, sendo então um indicativo da ocorrência de tal fenômeno. Identificado isto, torna-se necessário a realização de estudos que avancem neste sentido, a partir da identificação da ocorrência de ilhas de calor atmosféricas, considerando os outros elementos constituintes da paisagem e o modo como interagem com o clima da cidade.

Considerações finais

A cidade é um espaço intensamente modificado pelos diversos usos e ocupações engendrados durante o processo de expansão e crescimento econômico. Essa modificação acarreta diferentes problemáticas no âmbito social e ambiental, gerando repercussões no espaço urbano, entre elas destaca-se as alterações no contexto climático. Portanto, a cidade é geradora de um clima urbano específico, caracterizado pela ocorrência de diversos fenômenos, entre eles, as ilhas de calor urbana.

Analisando a realidade de Sobral, uma cidade média cearense, que apresenta crescimento urbano vertiginoso nas últimas décadas, constatamos, por meio do uso de sensoriamento remoto, áreas da cidade com temperaturas elevadas associadas as áreas de maior ocupação. Sendo, portanto, um indicativo de ilhas de calor superficiais. Estas, por sua vez, são um elemento importante para os estudos de ilhas de calor atmosféricas, sendo necessário estudos mais avançados para identificar esses fenômenos em diferentes escalas. Além de correlacionar com outros elementos da paisagem, visando uma melhor acurácia na identificação de tal fenômeno.

Desse modo, esse artigo parte de uma análise preliminar, buscando discutir as principais temáticas envolvidas no estudo de ilhas de calor em uma cidade média, indicando novos rumos de estudos. Destaca-se que esse trabalho compõe a proposta

de tese em desenvolvimento que busca combinar os diferentes elementos pontuados ao longo do texto para melhor identificar a ocorrência de ilhas de calor em Sobral.

Referências

ALGRETAWEE, H.; RAYBURG, S.; NEAVE, M. Estimating the effect of park proximity to the center of Melbourne city on urban heat island (UHI) relative to land surface temperature (LST). **Ecological Engineering**, v. 138 p. 374-390, 2019.

ALVES, M. C.; SILVA, G. R. Análise do território de Sobral - CE a partir da indústria Grendene Calçados S/A. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v.6/7, n. 1, p. 73-83, 2004.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. 1ª edição. Curitiba: Appris, 2020. 161 p.

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

AMORIM, M. C. C. T. Spatial variability and intensity frequency of surface heat island in a Brazilian city with continental tropical climate through remote sensing. *Remote Sensing Applications*. **Society and Environment**, v. 9, p. 10-16, 2018.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. **Climate**. São Paulo, v.5, p.91-104, 2017.

ATLAS BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil**. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

CARDOSO, R. D. S *et al.* Assessment of Urban Heat Islands in Small- and Mid-Sized Cities in Brazil. **Climate**, v. 5, p. 1-13, 2017.

CASTRO, F. S.; COSTA, R. A. Clima urbano em cidades pequenas: uma reflexão sobre sua construção teórica-metodológica. In. XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia/GO. **Anais...Goiânia**, 2016.

CORRÊA, P. B. *et al.* Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor na Cidade de Manaus/AM: Um Estudo a Partir de Dados de Sensoriamento Remoto, Modelagem e Estações Meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 2, p. 167-176, 2016.

DORIGON, L. P. As ilhas de calor urbanas em Jundiaí-SP. 2019. 147 f. **Tese** (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2019.

DUBREUIL, V. *et al.*; Fréquence et intensité des îlots de chaleur à Rennes: bilan de 16 années d'observations (2004-2019). **Climatologie.**, v. 17, p. 1-17, 2020.

Geopauta, Vitória da Conquista, ISSN: 2594-5033, V. 5, n.4, 2021, e9499

Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da CC BY

ESTEVIÃO, 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.

ESTEVIÃO, G. S; ZANELLA, M. E. A influência das superfícies naturais e urbanas na temperatura de superfície terrestre. In: XII Simpósio brasileiro de climatologia geográfica. **Anais...Goiânia**, 2016.

FOISSARD, X.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H. Defining scales of the land use effect to map the urban heat island in a mid-size European city: Rennes (France). **Urban Clim.**, v.29, p. 1-13, 2019.

GALVAN, C.T. G.; FLÁVIO L. C. **Estudo bibliográfico sobre o processo de industrialização, a urbanização e o desenvolvimento da habitação no Brasil**. Revista unioeste, v. 9, n. 9, 2007.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução Silva Helena Gonçalves. São Paulo: oficina de textos, 2010. 248p.

GOMES, J. F *et al.* 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.

HASENACK, H.; FLORES, F. E. V. O ambiente Urbanizado e o clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 19,1992

IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil / IBGE, Coordenação de Geografia**. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2016. E-Book (PDF).

IBGE. **Vista aérea da cidade: Rio Acaraú: Sobral (CE)**. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=437028&view=detalhes#:~:text=O%20Rio%20Acara%C3%BA%2C%20localizado%20na,o%20exerc%C3%ADcio%20de%20suas%20atividades>. Acesso em 14 ago. 2021.

IPEA. **Urbanização - Metrôpoles em movimento**. 2006. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=994>. Acesso em: 25 mai. 2020.

LANDSBERG, H. E. **The climate of towns. Man's role in changing the face of the Earth**. Edited by W. L. Thomas. Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research: The University of Chicago Press, 1956.

LEFEBVRE, Henri. **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Humanitas, 1999. 178p.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor das metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MARANHOLI, H. N. G.; GONZALEZ, A. Z. D. **Análise da evolução da ilha de calor na cidade de Cuiabá e alterações durante o evento el niño**. Revista Equador, v. 7, n. 1, p. 01 – 19, 2018.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **Revista RAEGA**. Curitiba, n. 9, p. 25-35, 2005.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F.; (orgs). **Clima urbano**. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 2011. 192p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. 318 f. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Centro de ciências, Programa de pós-graduação em Geografia, Fortaleza, 2008.

ONU. **As cidades de todo o mundo querem ser resilientes. Mas o que isso significa?**. 2013. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/as-cidades-de-todo-o-mundo-querem-ser-resilientes-mas-o-que-isso-significa/>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

ONU. **ONU: mais de 70% da população mundial viverá em cidades até 2050**. 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

OLIVEIRA, J. R. F. O clima urbano em cidade de pequeno porte no semiárido cearense: o caso de Crateús. 2020. 151 f. **Tese** (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

OXE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Routledge, 1987.

PARTIDÁRIO, M. R. **Indicadores de qualidade do ambiente urbano**. Direção geral do ordenamento do território e do desenvolvimento urbano, Lisboa, 2001.

PINHEIRO, J. **Análise espaço-temporal da Temperatura de Superfície Terrestre (TST) como subsídio para o estudo do clima urbano de Fortaleza – Ceará**. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

PORANGABA, G. F. O.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 225-247, 2017.

RICHARD, Y. et al. How relevant are local climate zones and urban climate zones for urban climate research? Dijon (France) as a case study, **Urban Climate**, v. 26, p. 258-274, 2018.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia- universidade estadual de Maringá**, v. 16, n.1, 1998.

Geopauta, Vitória da Conquista, ISSN: 2594-5033, V. 5, n.4, 2021, e9499

Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da CC BY

- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 1994.
- SILVA, J. M. O.; MOURA, M. O.; LUNA, V. F. Ilhas de calor urbano em cidade do semiárido nordestino. **GeoTextos**, v. 16, p. 107-129, 2020.
- SOUZA, C. A.; PARANHOS FILHO, A. C.; GUARALDO, E. Estudo bibliométrico sobre ilhas de calor urbanas e zonas climáticas locais. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 26, p. 51 – 69, 2020.
- SOUZA, V. S. **Mapa climático urbano da cidade de João Pessoa /PB**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Centro de Tecnologia Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, p. 239-256, 2017.
- UGEDA JÚNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. C. T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia USP**. v. Especial, p. 160-173, 2016.
- VIANNA, E. O. O campo térmico urbano: ilhas de calor em Brasília - DF. 2018. 267 f. **Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)** - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- YU, Z.; CHEN, S.; WONG, N. H. Temporal variation in the impact of urban morphology on outdoor air temperature in the tropics: A campus case study. **Building and Environment**, v. 181, p. 1-14, 2020.
- ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**. v. especial, p. 126-142, 2014.
- ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, n. 11, p. 75-89, 2013.
- ZHOU, X.; CHEN, H. Impact of urbanization-related land use land cover changes and urban morphology changes on the urban heat island phenomenon. **Sci. Total Environ.**, v. 635, p. 1467-1476, 2018.

Agradecimentos

As autoras agradecem aos financiamentos dos projetos CAPES PGPSE Proc.88887.123947/2016-00: Sistemas Ambientais costeiros e ocupação econômica do **Geopauta**, Vitória da Conquista, ISSN: 2594-5033, V. 5, n.4, 2021, e9499

Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da CC BY

Nordeste; CAPES PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change; e o Programa CAPES/FUNCAP Proc. 88887.165948/2018-00: Apoio às Estratégias de Cooperação Científica do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFC.

Contribuição dos autores:

Autor 1: Elaboração, discussão dos resultados, pesquisa bibliográfica, revisão do texto.
Autor 2: Supervisão, análise final dos resultados e revisão/correção do texto.