



REVISTA
Casa da

ISSN 2316-8056

GEOGRAFIA
de Sobral

ILHA DE CALOR URBANA NO SEMIÁRIDO: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE IGUATU/CEARÁ

Urban heat island in the semiarid: a case study in the city of Iguatu/Ceará

Isla de calor urbana en el semiárido: un estudio de caso en la ciudad de Iguatu/Ceará

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v25.916>

Mayra Alves Pinheiro¹

Rebecca Luna Lucena²

Juliana Maria Oliveira Silva³

Histórico do Artigo:

Recebido em 12 de março de 2023

Aceito em 12 de novembro de 2023

Publicado em 07 de dezembro de 2023

RESUMO

Iguatu, cidade localizada no interior da região Nordeste do Brasil, está na lista dos 299 municípios mais populosos do Brasil e dos 9 mais populosos do Ceará, configurando-se como o principal polo econômico da região Centro-Sul do Estado do Ceará. Nesse contexto, o presente artigo pretende discutir a composição do clima urbano em uma cidade de médio porte do semiárido brasileiro, bem como o comportamento higratérmico e a sensação térmica, considerando que as formas de uso e ocupação do solo têm influência direta na modificação do clima de uma cidade. Os resultados mostraram que a diferença de temperatura ao longo dos pontos estudados nas duas rotas dos transectos chegou a 4,4°C. Os setores mais afastados do centro urbano ficaram caracterizados pelas menores temperaturas, entre 25,1°C e 27,0°C. O índice de temperatura efetiva para o período chuvoso apresentou que a sensação térmica da área de estudo varia de 19,1°C a 22,3°C (sensação agradável), e para o período seco, os valores de temperatura efetiva variaram de 23°C a 25,5°C (sensação moderadamente quente). Os resultados encontrados corroboram com a existência de ilhas de calor atmosférica, cuja forma, intensidade e magnitude dependem de vários fatores de origem natural e antropogênica e que as mesmas interferem na sensação térmica no município de Iguatu/CE.

Palavras-Chave: Clima urbano, Conforto Térmico, Semiárido, Temperatura do ar.

¹ Mestra em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: mayra.acops@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4254-0446>

² Doutora em Geografia pela Universidade de Brasília (UnB) e Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (GEOCERES/UFRN). E-mail: rebecca.luna@ufrn.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4670-265X>

³ Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Docente do curso de Geografia da Universidade Regional do Cariri (URCA). E-mail: juliana.oliveira@urca.br

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

ABSTRACT

Iguatu, a city located in the interior of the Northeast region of Brazil, is on the list of the 299 most populous municipalities in Brazil and the 9 most populous in Ceará, becoming the main economic hub in the Center-South region of the State of Ceará. In this context, this article intends to discuss the composition of the urban climate in a medium-sized city in the Brazilian semi-arid region, as well as the hygrothermal behavior and thermal sensation, considering that the forms of land use and occupation have a direct influence on climate modification. of a city. The results showed that the temperature difference along the points studied on the two transect routes reached 4.4°C. The sectors furthest from the urban center were characterized by the lowest temperatures, between 25.1°C and 27.0°C. The effective temperature index for the rainy season showed that the thermal sensation in the study area ranged from 19.1°C to 22.3°C (pleasant sensation), and for the dry season, the effective temperature values varied from 23 °C to 25.5°C (moderately warm feeling). The results found corroborate the existence of atmospheric heat islands, whose shape, intensity and magnitude depend on several factors of natural and anthropogenic origin and which interfere with the thermal sensation in the municipality of Iguatu/CE.

Keywords: Urban climate, Thermal Comfort, Semiarid, Air Temperature.

RESUMEN

Iguatu, ville située à l'intérieur de la région nord-est du Brésil, figure sur la liste des 299 municipalités les plus peuplées du Brésil et des 9 municipalités les plus peuplées du Ceará, devenant ainsi le principal pôle économique de la région Centre-Sud de l'État de Ceara. Dans ce contexte, cet article entend discuter de la composition du climat urbain dans une ville moyenne de la région semi-aride brésilienne, ainsi que du comportement hygrothermique et de la sensation thermique, en considérant que les formes d'utilisation et d'occupation du sol ont une influence directe sur la modification du climat d'une ville. Les résultats ont montré que la différence de température le long des points étudiés sur les deux tracés des transects atteignait 4,4°C. Les secteurs les plus éloignés du centre urbain ont été caractérisés par les températures les plus basses, entre 25,1°C et 27,0°C. L'indice de température effective pour la saison des pluies a montré que la sensation thermique dans la zone d'étude variait de 19,1°C à 22,3°C (sensation agréable), et pour la saison sèche, les valeurs de température effective variaient de 23°C à 25,5 °C (sensation de chaleur moyenne). Les résultats trouvés corroborent l'existence d'îlots de chaleur atmosphériques, dont la forme, l'intensité et l'ampleur dépendent de plusieurs facteurs d'origine naturelle et anthropique et qui interfèrent avec la sensation thermique dans la commune d'Iguatu/CE..

Palabras clave: Clima Urbano, Confort Térmico, Semiárido, Temperatura del Aire.

INTRODUÇÃO

Com a introdução de novos elementos no solo urbano e a evolução e crescimento da mancha urbana, o ambiente físico-natural passa por muitas mudanças, desencadeando uma gama de impactos ambientais. Dentre esses problemas ambientais, ressalta-se a alteração do clima local como um importante reflexo do impacto dessa ocupação e da atividade antrópica inconsequente sobre o meio ambiente. O crescente desenvolvimento urbano aliado a falta de planejamento ambiental contribuiu para a alteração do clima nas cidades. A urbanização provoca perda da vegetação nativa, causando mudanças climáticas resultantes das modificações nos balanços energéticos, hídricos e térmicos (MACIEL *et al.*, 2011). O processo de urbanização no Brasil no início do século XX se caracterizou como atrasado, rápido e desordenado (MONTEIRO & MENDONÇA, 2003). Esse processo rápido interferiu nas

condições ambientais, substituindo a vegetação natural pela impermeabilização do solo, principalmente devido a pavimentação asfáltica e aglomerações de edificações (BARBOZA et al, 2020).

Assim sendo, no Brasil, o crescimento das cidades ocorreu sem a implantação de infraestrutura urbana adequada ou suficiente para que não ocorresse a degradação do ambiente. As cidades, muito embora não ocupem grandes extensões territoriais, são elas as maiores transformadoras do meio natural (AMORIM, 2010). As cidades, portanto, podem gerar um clima próprio, denominado de clima urbano (MONTEIRO & MENDONÇA, 2003). A aglomeração humana nos espaços urbanos, somada a aculturação em muitas cidades tropicais quentes, dentro de um modelo globalizado, resultam no uso de materiais de construção, vestimentas e hábitos de vida incompatíveis às condições do tempo e clima dessas regiões (RIBEIRO & OLIVEIRA, 2010). Os fatores geourbanos são os responsáveis por esta modificação em escala local, podendo variar de acordo com o grau de urbanização da cidade ou mesmo da complexa interação entre estes fatores (ALVES, 2017). Além disso, as atividades urbanas, com a forma de ocupação da terra, provocam alterações nos processos dinâmicos da atmosfera e consequentemente nos elementos climáticos. Nas últimas décadas se tem observado estudos do clima urbano também em cidades de pequeno e médio porte (AMORIM, 2019).

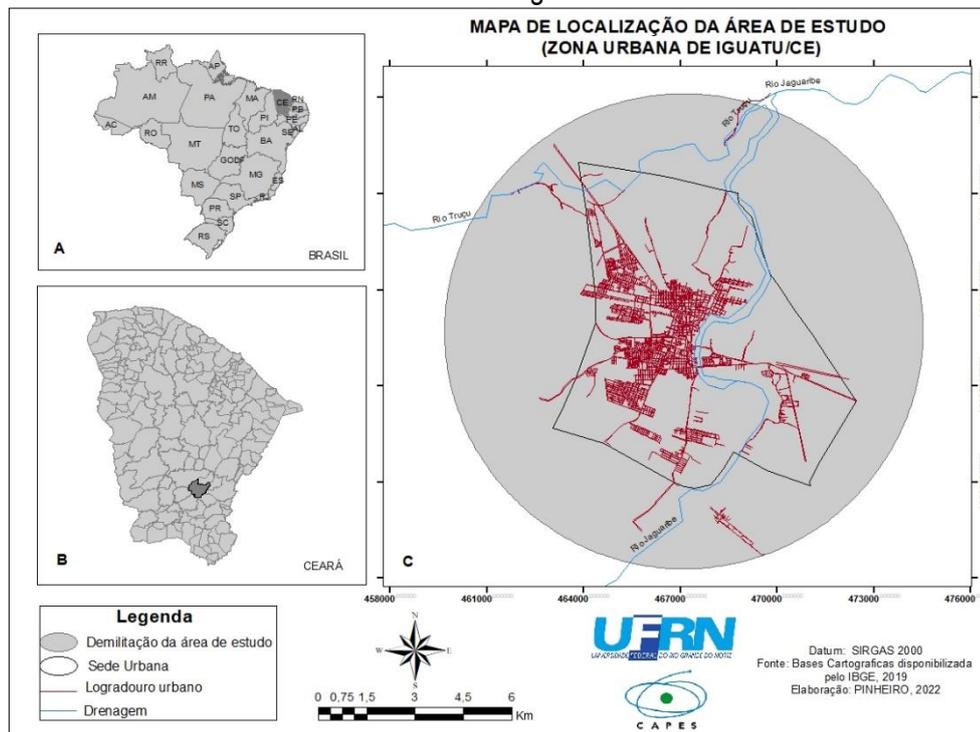
O monitoramento de variáveis climáticas tem se tornado cada vez mais indispensável para a avaliação das condições do tempo e do comportamento climático, além de servir como um subsídio para o planejamento ambiental, pois o clima constitui uma das variáveis mais importantes para o monitoramento das condições ambientais. Segundo Santos (2012), o estudo do clima busca esclarecer a influência desse elemento na vida, na saúde e nas atividades humanas da área planejada. Com o surgimento de geotecnologias, o monitoramento de variáveis climáticas e ambientais tem ganhado uma rapidez e uma certa disponibilidade de informações cada vez maior, apesar de que no Brasil, algumas regiões ainda não dispõem de amplos equipamentos para as medições de grande escala e longo prazo.

Na região Nordeste do Brasil, onde a grande maioria das cidades possui temperaturas médias anuais elevadas que variam entre 25°C e 30°C, e com valores máximos que ultrapassam os 33°C, estas condições naturais quando somadas ao fator urbanização, provocam um excesso de carga térmica agravando o aquecimento urbano e consequentemente promovendo situações de desconforto térmico para a população (ZANELLA & MOURA, 2012, LUCENA et al 2016). Nesse contexto, a presente pesquisa pretende discutir a composição do clima urbano em uma cidade de médio porte, bem como o comportamento higratérmico, considerando que as formas de uso e ocupação do solo têm influência direta na geração de novos atributos do clima em uma cidade. Sendo o clima urbano entendido como o

clima de um dado espaço associado ao seu processo de urbanização, que expressa as condições atmosféricas resultantes da interação de diferentes escalas climáticas e de superfície (MONTEIRO, 1976).

O município de Iguatu, localizado no estado do Ceará, a 368km de distância de Fortaleza, capital do Estado, possui uma área de 1.029,21 km² (Figura 1), com uma população de 102.498 habitantes, onde 59% dos habitantes reside na zona urbana do município (IBGE, 2019). Iguatu está na lista dos 299 municípios mais populosos do Brasil e dos 9 mais populosos do Ceará, configurando-se como o principal pólo econômico da região Centro-Sul do Estado, onde as ocupações mais intensivas das atividades se dão na área urbana do município. É através dessas características que elencamos Iguatu como nosso lócus de estudo empírico. A Região Geográfica Intermediária de Iguatu é uma das seis intermediárias do Ceará criadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2017 (IBGE, 2019). É composta por 15 municípios, distribuídos em duas regiões geográficas imediatas onde Iguatu, enquanto polo, exerce forte influência socioeconômica na rede urbana cearense.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (zona urbana de Iguatu/CE). **A** – Mapa do Brasil com ênfase ao estado do Ceará; **B** – Mapa do estado do Ceará com o município de Iguatu; **C**–Mapa da sede urbana de Iguatu.



Nossa hipótese considera que, mesmo sendo de uma cidade de médio porte, Iguatu apresenta alterações das suas características pretéritas que contribuem para a formação de um clima específico. Com isso, a proposta desse estudo é examinar o clima urbano em Iguatu, uma cidade

localizada em uma área semiárida, com um foco especial no aspecto térmico. Para alcançar esse objetivo, investigamos como as condições climáticas variam dentro da cidade, considerando diferentes tipos de uso do solo, como áreas urbanas, zonas industriais e espaços verdes, entre outros.

Este estudo visa compreender como a distribuição de temperatura varia em várias partes da cidade e quais fatores contribuem para essas variações. Essa análise é fundamental para entender os desafios relacionados ao conforto térmico dos residentes de Iguatu e fornecer informações para o planejamento urbano sustentável e a mitigação das ilhas de calor nas áreas urbanas da cidade.

PROCEDIMENTO METODOLOGICO

Análise da normal climatológica de Iguatu/CE

Para realizar a análise do clima do município de Iguatu, usou-se a série histórica de 1981-2010 (normal climatológica) como referência, através dos dados disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022). Valores mensais e anuais de Temperatura do ar média compensada (°C), Umidade relativa do ar (%), Precipitação (mm) e Evapotranspiração potencial (mm), foram utilizados. Primeiramente foi elaborado um gráfico do tipo Climograma e posteriormente foram aplicados o índice de Temperatura Efetiva (TE) e o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) para a respectiva série histórica, conforme descrito nos próximos subtópicos.

Índice de Temperatura Efetiva (TE)

A partir dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, foi calculada a “sensação térmica” através do Índice de Temperatura Efetiva (TE), segundo a equação 1, e os resultados qualitativos estão expostos na tabela 1.

$$TE = T - 0,4 (T - 10)(1 - UR/100) \quad (\text{Eq 1})$$

Onde T é a temperatura do ar (° C) e UR é a umidade relativa do ar (%)

Tabela 1: Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica.

TE (°C)	Descrição da sensação humana
>30	Muito quente
24 – 30	Moderadamente quente
12 – 24	Agradável
6 – 12	Suavemente Frio
0 – 6	Frio

-12 – 0	Muito Frio
-24 – -12	Extremamente frio
-30 – -24	Perigo de congelamento (início)
<-30	Perigo de congelamento (aumentando)

Fonte: Suping et al, 1992.

O índice de Temperatura Efetiva foi aplicado tanto à normal climatológica quanto para os dados obtidos através dos transectos móveis.

Balanço Hídrico Climatológico

O cálculo do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi realizado com base nas variáveis Precipitação, Temperatura do ar e Evapotranspiração potencial. O balanço hídrico climático foi inicialmente proposto por Thornthwaite em 1948 e adaptado em planilha por Rolim & Sentelhas (1998). A planilha (DCE – ESALQ/USP) transforma esses valores em gráficos dinâmicos contendo valores de Deficiência hídrica, Excedente hídrico, Retirada e Reposição hídrica e dados de Evapotranspiração real. O BHC foi aplicado somente para a série histórica (1981-2010).

Coleta e mapeamento de dados higrotérmicos (transecto móvel)

Para a verificação das temperaturas do ar interurbanas, realizaram-se medidas em transectos móveis de acordo com a metodologia proposta por Amorim (2015), abrangendo o período seco e chuvoso na área de estudo. A técnica do transecto móvel consiste no registro da temperatura do ar ao longo de trajeto predeterminado que cubra locais representativos da paisagem urbana. Os pontos de coleta de dados foram definidos em função dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo existente dentro da área de estudo. Para isso, foi realizada a classificação da cobertura do solo urbano em cada ponto pesquisado com base em imagens de satélite com alta resolução, onde foi usada a imagem de *Landsat 8* (24 de agosto de 2021) para cobertura de uso do solo e também imagens disponibilizadas pelo software Google Earth 2021.

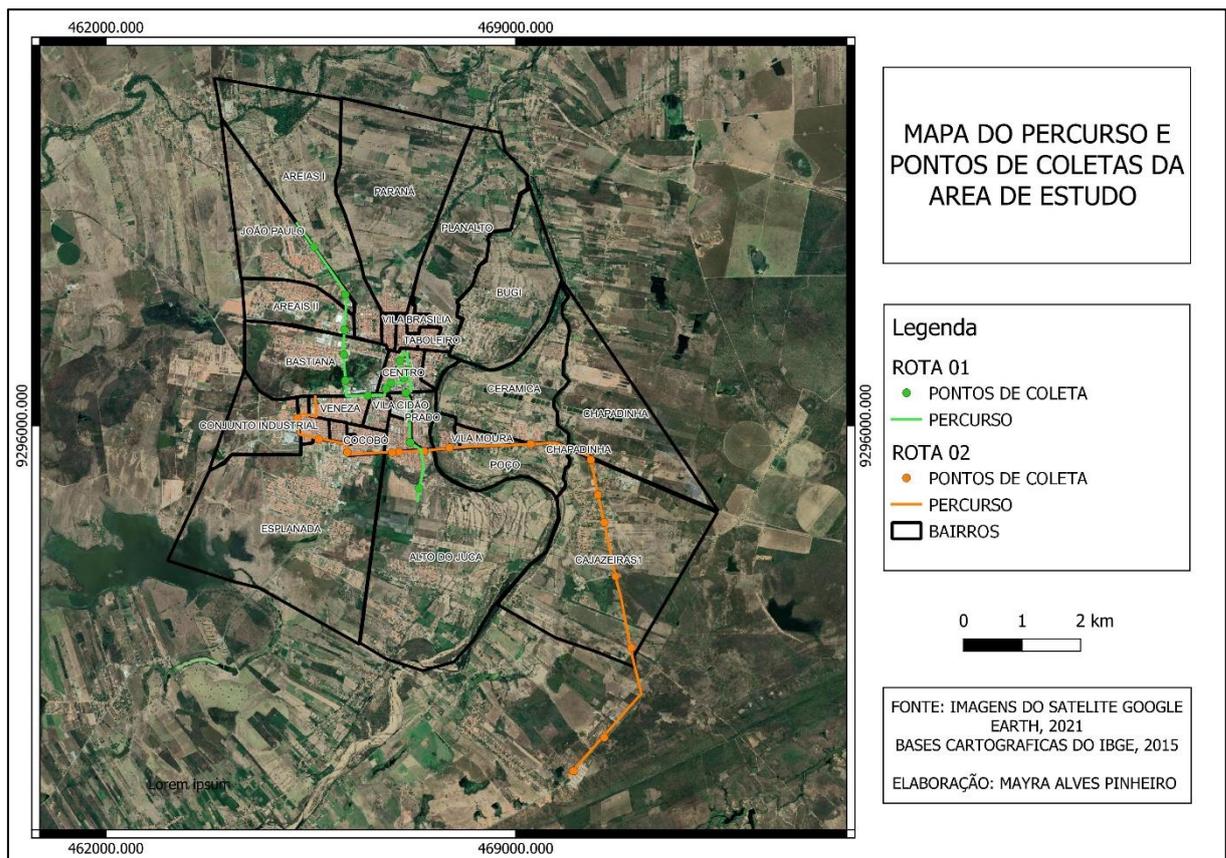
O aparelho utilizado foi o *Termohigrômetro* portátil da marca *Instrutemp* (modelo ITHT 2210) (figura 02). Para realização do transecto móvel foi utilizada uma motocicleta do modelo Titan 150 (figura 2), onde a velocidade durante o trajeto não ultrapassou 30 km por hora, conforme os trabalhos de Teixeira e Amorim (2017), Minaki (2017), Assis *et al* (2016), Fialho *et al* (2016) e Amorim (2005), o percurso se desenvolveu logo após o pôr do sol, com duração de 1 hora para cada rota (17h30 as 18h30). A escolha do horário foi baseada em dois motivos: o primeiro para evitar a insolação sobre o instrumento; e o segundo por se tratar de um horário próximo ao mais quente do dia.

Figura 2: Moto e instrumento usados para realização do transecto móvel.



As rotas foram planejadas considerando a justificativa de uso e ocupação do solo, visando disponibilizar uma grande variedade de equipamentos de construção para fins de pesquisa. A seleção dos pontos foi orientada pela diferenciação dos materiais de construção ao longo dos percursos, de forma a otimizar a adaptação à metodologia. (Figura 3)

Figura 3: Mapa do percurso e pontos de coletas da área de estudo.

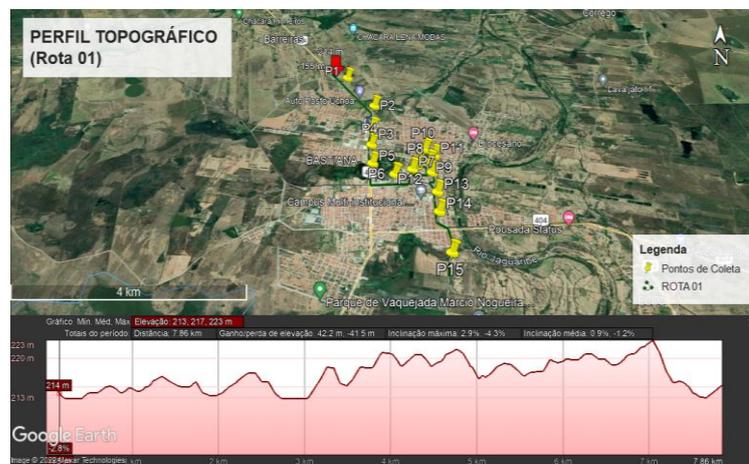


No total foram coletados dados de 30 pontos, distribuídos em duas rotas: a rota 01 (7,8 km); e a rota 02 (12,3 km), como mostram as Figuras 4 e 5. Em cada ponto foi necessário esperar de um a

dois minutos, para que o equipamento se estabilizasse devido ao deslocamento realizado de um ponto a outro sendo assim, pensado de maneira a contemplar diferentes locais da cidade, partindo das áreas com baixa ocupação, adentrando na parte urbana propriamente dita — Centro — e voltando às áreas de baixa ocupação.

A rota 01, teve início dentro do perímetro urbano, a escolha do traçado da rota foi motivada pelo seu percurso abrangente por todo o núcleo urbano, especialmente na zona comercial, onde se verifica a maior densidade de áreas construídas.

Figura 4: Pontos de coleta de dados e perfil topográfico da rota 01.



Fonte: Google Earth, 2022.

A rota 02, teve início em área situada fora do perímetro urbano, próximo a comunidade de Gadelha. A escolha desse ponto se deu para justificar e analisar dados de área rural e compará-la a área urbana dentro do município. O ponto 01 desta rota tem como ponto de referência o conjunto habitacional e o final da rota é próxima ao distrito industrial do município, tendo como ponto de referência a indústria de calado “Dakota”.

Figura 5: Pontos de coleta de dados e perfil Topográfico da rota 02.



Fonte: Google Earth, 2022.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar registrados pelo equipamento foram anotados manualmente e posteriormente organizados em tabela no programa Excel. Seguindo as etapas, realizou-se a espacialização dos dados de temperatura do ar obtidos através do software ArcGIS para interpolar e confeccionar os mapas de temperatura. O interpolador escolhido foi o Inverso do Quadrado da Distância (sigla em inglês, IDW). A escolha do interpolador se deu pelo fato deste se basear na dependência espacial, ou seja, quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior deverá ser a correlação entre seus valores (FIALHO *et al*, 2016), na qual justifica que os valores mais próximos são mais parecidos do que as mais distantes. Neste sentido, o modelo consiste em multiplicar os valores das amostras pelo inverso das suas respectivas distâncias, para prever um valor para um determinado ponto, usando de valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes (VARELLA e SENNA JUNIOR, 2008; JAKOB e YOUNG, 2006; FIALHO *et al*, 2016)..

RESULTADOS E DISCUSSÃO

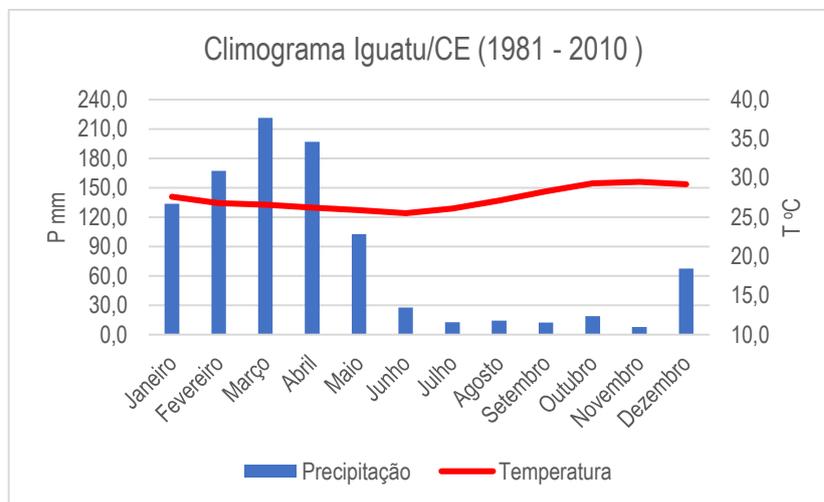
Climatologia de Iguatu/CE

O município de Iguatu/CE está situado no domínio das Caatingas - depressões interplanálticas dos sertões secos (AB' SABER, 2003). A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, rico em espécies e endemismos. De acordo com Ab' Saber (2003), o domínio da Caatinga tem como características principais a irregularidade no volume das precipitações, a fraca decomposição das rochas, onde predominam solos pedregosos e lajedos e uma rede de drenagem intermitente, relacionadas com o ritmo desigual das precipitações. Abarcando uma área de cerca de ~1 milhão de quilômetros quadrados, distribuídos, entre os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco,

Alagoas, Sergipe, Bahia e pelo norte de Minas Gerais, o semiárido, engloba o domínio da Caatinga, corresponde a 18% do território brasileiro, e 53% da região Nordeste do Brasil.

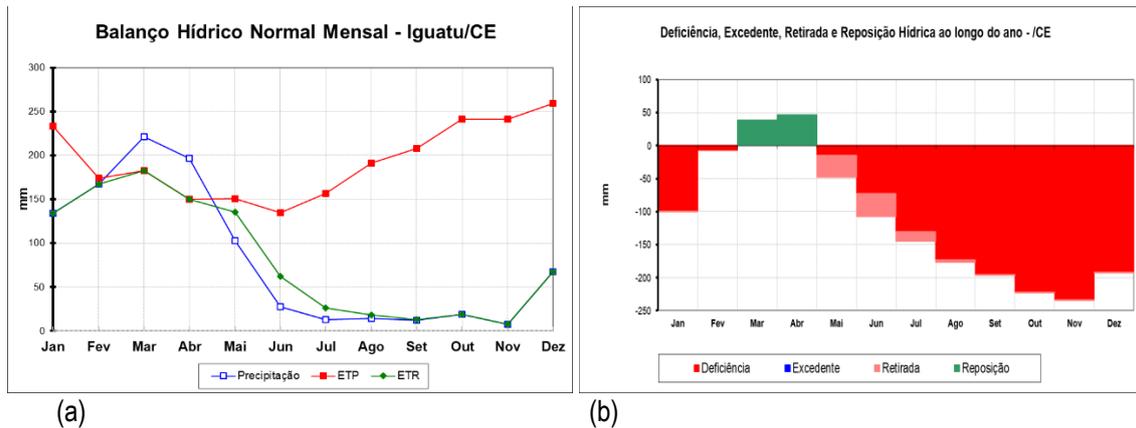
Com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior aos 800 milímetros, típica de regiões semiáridas no qual o Índice de aridez é de até 0,50, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, e o risco de seca é maior que 60%, são sob estas condições que habitam um total de 22,6 milhões de habitantes, que corresponde a 12% da população brasileira (Sá & Silva, 2010). Na região de clima semiárido do domínio da Caatinga, se encontra o município de Iguatu/CE, que apresenta as condições climáticas médias mostradas nas figuras 6, 7 e 8 A figura 6 exibe o climograma de Iguatu, mostrando sua característica termopluiométrica predominante.

Figura 6: Climograma do município de Iguatu (1981 – 2010).



A figura 7 exibe os gráficos referentes ao balanço hídrico climatológico para a mesma série histórica (1981-2010). No município de Iguatu - CE a precipitação pluviométrica média mensal é de 81,2 mm, onde os meses de janeiro a abril são os mais chuvosos, com valores oscilando de 130 a 220 mm mês, este período é conhecido como a quadra chuvosa desta região (Figuras 5 e 6). Observa-se que a precipitação atende à demanda da ETp somente de janeiro a abril, onde o volume de P não é suficiente para repor a ETp de maio a dezembro, resultando em déficit de água no solo durante este período.

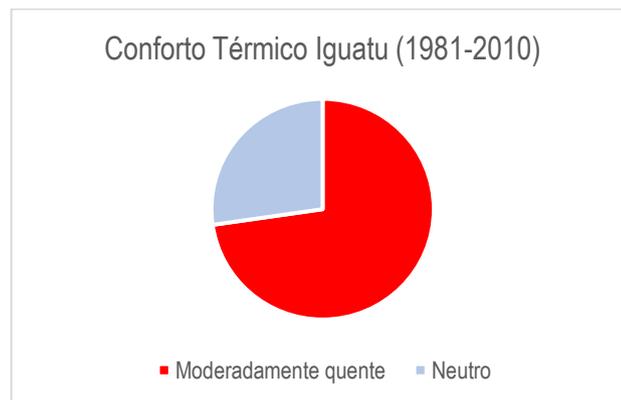
Figura 7: Balanço hídrico do município de Iguatu (1981 – 2010).



Segundo dados do balanço hídrico climatológico, no município de Iguatu/CE somente nos meses de março e abril (meses mais chuvosos), existe reposição hídrica no solo, demonstrando que nos meses de maio, junho, julho ocorre a retirada (período de transição entre as estações chuvosa e seca), e de agosto à janeiro temos deficiência hídrica, predominando a deficiência hídrica no segundo semestre do ano e por ~6 meses, valores esses típicos da região de clima semiárido do Brasil.

Através do gráfico de Temperatura efetiva de Iguatu (figura 08), percebe-se que predomina a condição térmica de “moderadamente quente”, com exceção para o período de inverno onde a condição de neutralidade aparece, em especial nos meses de junho, julho e agosto.

Figura 8: Conforto Térmico de Iguatu/CE, segundo o índice de temperatura efetiva (1981 – 2010).



As informações climáticas médias apresentadas confirmam que Iguatu possui clima quente e semiárido se enquadrando nas características definidas para o domínio das Caatingas e para a delimitação do polígono semiárido conforme a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Análise higrotérmica (zona urbana de Iguatu/CE)

Considerando o contexto climático do município de Iguatu, foi realizada a análise higrotérmica de seu ambiente urbano nos períodos chuvoso e seco.

No período seco, o transecto foi realizado no dia 16 de dezembro de 2021, com duração de 1 hora (17h30 às 18h30) e os resultados dos valores de temperatura e umidade podem ser vistos na tabela 02. Vale destacar que esse dia foi marcado pela ausência de nuvens, tempo aberto e seco e presença de temperaturas elevadas, características típicas da estação seca na região.

Tabela 2: Temperatura e umidade do ar registradas nos pontos de coleta período seco.

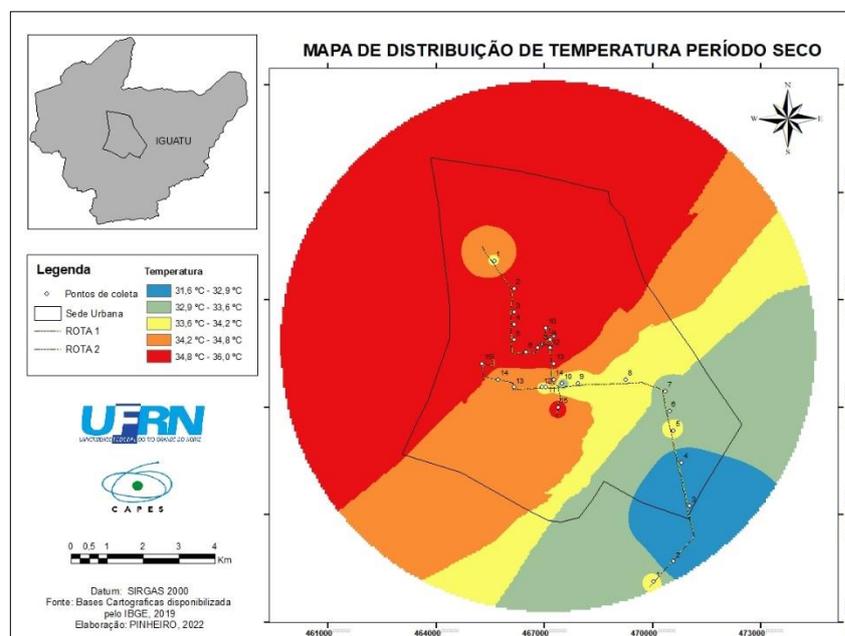
Pontos ROTA 01	Temperatura (°C)	Umidade (%)
P – 01	34,2	39,8
P – 02	35,2	38,1
P – 03	35,7	35,8
P – 04	35,6	35,7
P – 05	36,0	35,2
P – 06	34,8	39,2
P – 07	35,2	36,0
P – 08	35,9	35,2
P – 09	35,8	35,0
P – 10	35,5	35,9
P – 11	35,5	35,4
P – 12	35,5	35,2
P – 13	35,1	39,1
P – 14	34,9	37,2
P – 15	35,3	37,5
Pontos ROTA 02	Temperatura (°C)	Umidade (%)
P – 01	33,8	40,1
P – 02	32,3	48,4
P – 03	31,6	48,4
P – 04	32,3	44,1
P – 05	33,8	40,7
P – 06	33,6	45,8
P – 07	33,6	42,4
P – 08	33,7	43,2
P – 09	33,7	41,7
P – 10	32,9	48,4

P – 11	34,1	43.1
P – 12	34,2	41.7
P – 13	34,4	39.2
P – 14	34,4	39.3
P – 15	35,5	39.8

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A partir do mapa gerado (figura 10), observa-se que a diferença de temperatura ao longo dos pontos nas duas rotas é superior a 3 °C e esse fato pode ser explicado pela diferença do uso e cobertura do solo que é bem distinto em pontos de coleta dentro da área urbana e em sua periferia.

Figura 10: Distribuição de temperatura de Iguatu/CE.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Ao analisar os dados da rota 01 (figura 10), verificou-se que os pontos que apresentaram maior temperatura foram os que estão situados na parte central da cidade, onde a ocupação se dá por prédios comerciais, com pouca presença de vegetação e com ruas asfaltadas, fato que contribui para o aumento da temperatura ainda na rota 01. Os pontos que obtiveram menores temperatura foi o ponto 01 que obteve uma temperatura de 34,2 °C, onde a ocupação predominante são casa residências, loteamentos e uma área de pastagem.

No que se compreende, a rota 02 (figura 10) o ponto 2 foi o que apresentou os menores valores de temperatura, isso porquê está mais afastado do centro urbano da cidade, com temperatura

de 31,6°C, tendo como principal uso do solo a pastagem. Observou-se que as temperaturas mais altas foram justamente em áreas em que a concentração urbana é mais elevada, principalmente ao longo da rodovia onde o uso de materiais não porosos e não evaporativos podem ter contribuído para este acontecimento. Na rota 02, a diferença de temperatura chegou a 4,4°C, entre o ponto mais quente e o mais fresco.

No Período chuvoso o transecto foi realizado no 23 de abril de 2022. A partir dos dados coletados em campo, foi elaborada a tabela 03 e um mapa (figura 11) de distribuição de temperatura, onde podemos observar alguns resultados acerca da temperatura e também da umidade relativa do ar para cada ponto de análise. Neste dia o tempo estava nebuloso, porém não foi registrada chuva.

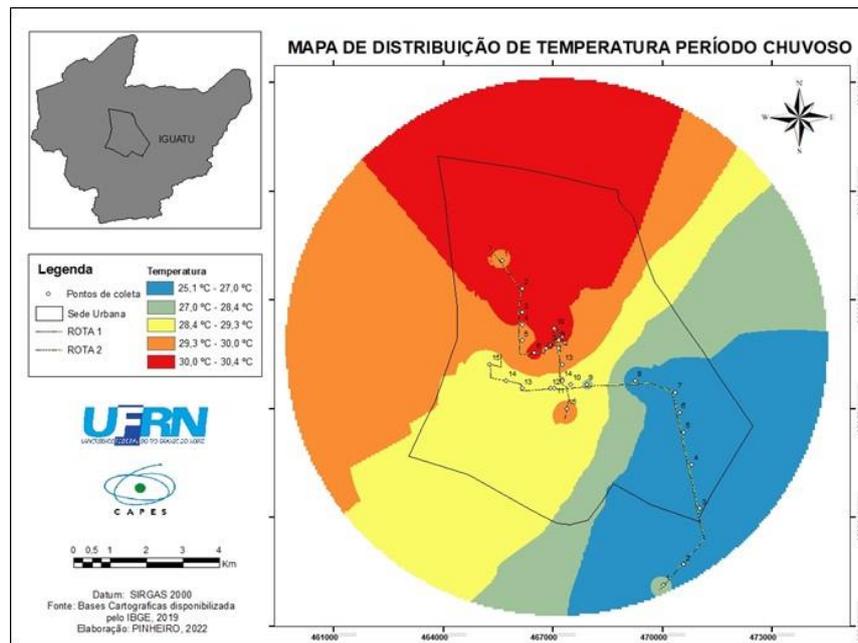
Tabela 3: Temperatura e umidade registradas nos pontos de coleta período chuvoso.

Pontos ROTA 01	Temperatura (°C)	Umidade (%)
P – 01	30,0	67,7
P – 02	30,3	66,3
P – 03	30,5	64,2
P – 04	30,0	65,8
P – 05	29,8	66,8
P – 06	30,3	66,1
P – 07	30,0	66,5
P – 08	30,3	65,3
P – 09	30,1	66,3
P – 10	30,3	65,1
P – 11	30,2	66,3
P – 12	29,6	68,4
P – 13	29,5	69,2
P – 14	29,5	68,7
P – 15	29,8	69,2
Pontos ROTA 02	Temperatura (°C)	Umidade (%)
P – 01	25,1	89,8
P – 02	26,0	88,0
P – 03	25,4	90,5
P – 04	26,7	85,3
P – 05	26,8	86,6
P – 06	26,8	85,0
P – 07	26,3	87,7
P – 08	28,2	75,3
P – 09	28,4	76,8

P – 10	28,9	73,6
P – 11	29,0	72,6
P – 12	29,0	74,0
P – 13	29,1°C	71,0
P – 14	28,9°C	73,1
P – 15	25,1°C	89,8

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Figura 11: Mapa de temperatura no período chuvoso.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

No período chuvoso houve uma variação de temperatura do ar mais significativa com valores entre 25,1°C e 30,4°C, detectando uma diferença de 5,3°C entre as diferentes superfícies. Os setores da mais afastado do centro urbano ficaram caracterizados pelas menores temperaturas do ar, entre 25,1°C a 27,0°C. As áreas urbanizadas e de solos expostos, atingiram as maiores temperaturas, com valores de até 30,4°C.

De acordo com Amorim (2013), os transectos mostram que a urbanização e as características do uso do solo são responsáveis pela distribuição da temperatura do ar gerando ilhas de calor nos bairros densamente construídos, ou com concentração de matérias construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância. As ilhas de calor ocorrem devido aos intensos processos de urbanização, com transformações na cobertura do solo, principalmente pela retirada da camada natural de vegetação e substituição por superfícies impermeáveis, como concreto ou asfalto, e

alteram todo o ciclo energético da superfície, reduzindo e inviabilizando a evapotranspiração da vegetação e elevando a absorção de energia solar pela camada da superfície (BUYANTUYEV; WU, 2009). Desse modo, como aborda Bezerra *et al.*, (2018), o processo de urbanização também afeta a Temperatura de Superfície do Terreno (TST) que tem grande importância nos estudos sobre centros urbanos, pois seu papel é essencial no balanço energético da superfície, que resulta numa visão mais ampla sobre a influência da temperatura no conforto térmico dos cidadãos. A diferença observada entre essas temperaturas pode ser explicada em razão da urbanização do ambiente, ou seja, a presença de asfalto, calçadas e telhados que pode ocasiona um maior processo de refletância da radiação eletromagnética, conhecida como albedo, o que resulta no aumento da temperatura de superfície (OSCO *et al.*, 2015).

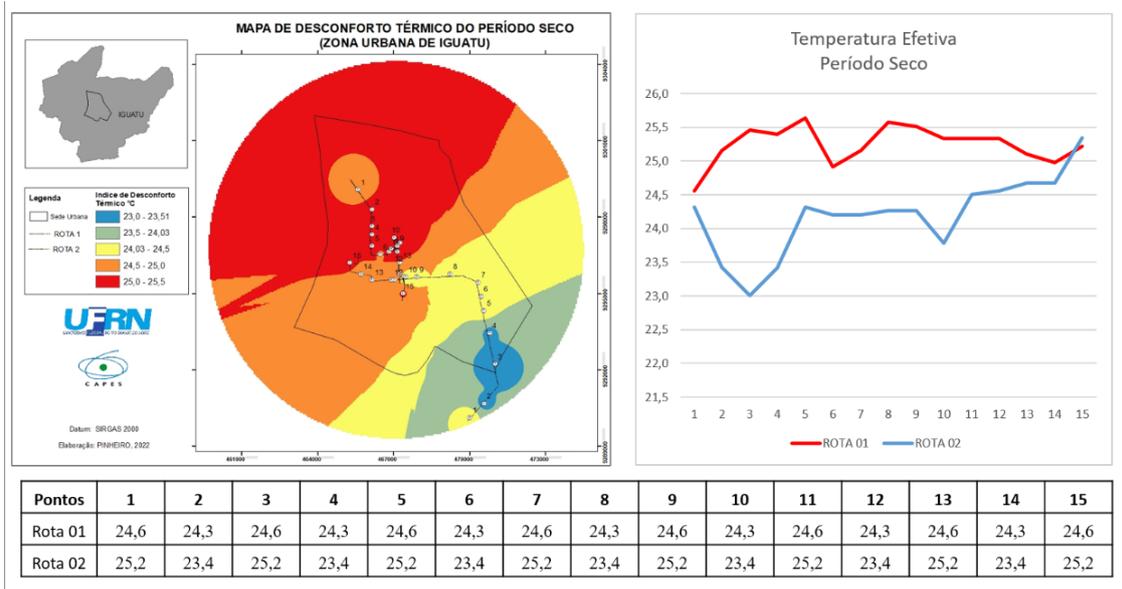
Análise da Temperatura Efetiva

Dentro do Sistema de Clima Urbano do SCU o conforto térmico é entendido como um efeito paralelo perceptivo, que está inteiramente ligado ao fenômeno da Ilha de Calor – alterações na precipitação e ventilação. O conforto térmico influencia diretamente o desempenho humano, seja no nível individual (fisiológico e psicológico), como o social (problema sanitário e de higiene pública) (VIANA, 2013)

Durante a realização da pesquisa, foram registradas condições climáticas de desconforto térmico em vários pontos da cidade, isso mostra que as altas temperaturas coincidiram com menores valores de umidade relativa e as baixas temperaturas com maiores valores de umidade.

De acordo com os dados de temperatura efetiva para o período seco, que os valores variaram de 23°C a 25,5°C, diferente dos dados para o período chuvoso, que nesse período os valores foram acima de 23°C de desconforto térmico para toda área de estudo, a rota 01 apresentou valores mais altos com que a rota 02 para esse período, os menores valores, na qual, foi constatado que a presença de vegetação tem papel importante para o maior ou menor aquecimento (figura 12).

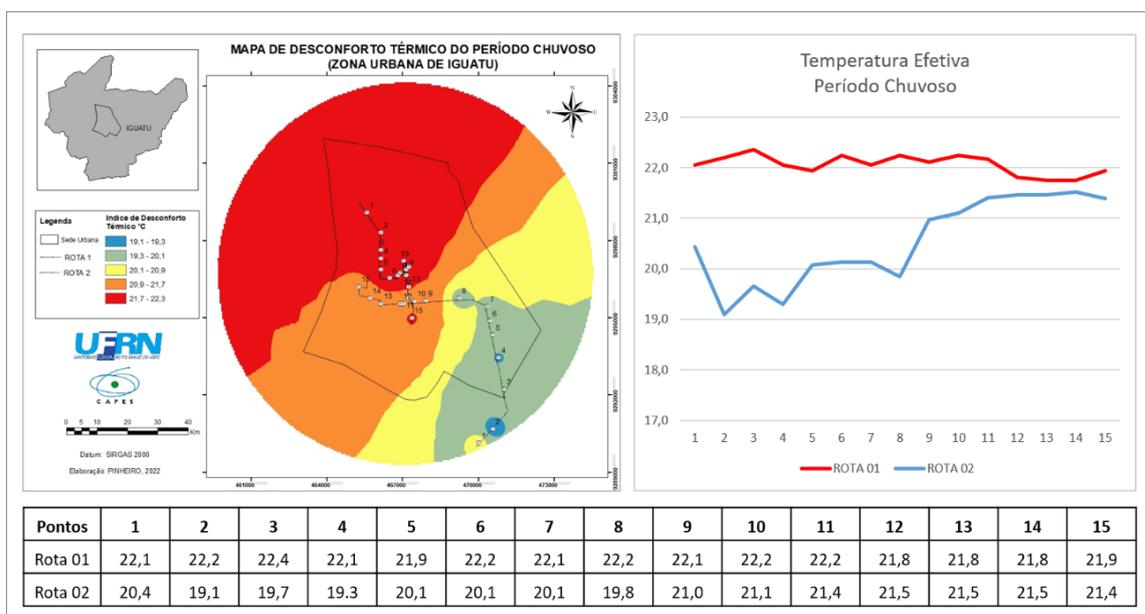
Figura 12: Desconforto térmico no período seco.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O índice de temperatura efetiva para o período chuvoso apresenta que a sensação térmica da área de estudo está variando de 19,1 °C - 22,3 °C, com destaque para a rota 02, nos pontos representativos afastados da zona urbana a ela, com baixa densidade de construção também estiveram entre os mais úmidos, devido às características da superfície de sensação confortável e os pontos que atingiram índice de 22 °C no entorno da parte mais central da zona urbana, nas proximidades do hospital regional e da fábrica de calçado, com características de maior índice de urbanização (ver figura 13).

Figura 13: Desconforto térmico no período chuvoso.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Assim, conforme as características da superfície, as respostas da atmosfera foram diferentes para os dois períodos (chuvoso e seco), logo, podemos afirmar que a presença de água e vegetação tem um papel fundamental para amenizar as altas temperaturas durante o dia, fato que também observamos nos mapas de distribuição de temperatura.

De acordo com os resultados da pesquisa, verificou-se que há um núcleo de calor principal visualizado nitidamente, juntamente com outros núcleos de calor de menor extensão territorial, embora estes núcleos de calor mostrem-se em maior número no período seco. Estas diferenciações de comportamento, também verificadas na pesquisa realizada na cidade de Juazeiro do Norte/CE, podem ser comprovadas pela sazonalidade, que altera a disponibilidade hídrica, repercutindo na vegetação (déficit hídrico e comprometimento das funções fisiológicas e metabólicas) e nas superfícies líquidas que agem na atenuação da temperatura da superfície terrestre (ESTEVÃO, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assinala-se que as características urbanas expressas pelo uso da terra confirmam que as áreas densamente construídas e desprovidas de vegetação são mais aquecidas do que o seu entorno. Diferenças térmicas intraurbanas determinaram-se em função do tamanho dos terrenos, da maior ou menor impermeabilização da superfície, da presença da vegetação, entre outras questões vinculadas à estruturação do espaço urbano. Os resultados corroboram a existência de ilhas de calor (atmosférica e superficial), cuja forma, intensidade e magnitude dependem de vários fatores de derivações naturais e antropogênicas

Desta forma, com base nas análises dos transectos móveis, pode-se afirmar que as características urbanas de Iguatu, mesmo sendo de médio porte, já influenciam a atmosfera urbana, no que tange a temperatura do ar. Evidenciou-se que as áreas densamente construídas e sem a presença de vegetação arbórea significativa são as mais aquecidas, enquanto, onde se tem vegetação arbórea a temperatura tende a ser mais amena, como também nas áreas próximas a zona rural. Na análise do período chuvoso, a temperatura do ar apresentou-se mais elevadas nas porções centrais da cidade, já no período seco, as temperaturas mais altas se deram ao entorno rural, o que pode ter como causa o início da temporada de focos de queimadas da região, deixando o solo mais cada vez mais exposto. Com relação a temperatura efetiva, foi perceptível que a sensação térmica é mais agradável durante o período chuvoso. Com relação a zona urbana de Iguatu, a sensação térmica apresenta melhores resultados no transecto da rota 2, em ambos os períodos, chuvoso e seco.

O centro da cidade mostrou temperaturas do ar mais elevadas e umidade mais baixa, resultado do calor acumulado na superfície urbana, durante o período seco. Sendo assim, pode-se afirmar que a qualidade ambiental urbana, nesses locais, fica comprometida, uma vez que o aumento da temperatura causa desconforto térmico e muda a circulação do ar da cidade. O desconforto térmico, em ambos os períodos, ocorreu a rota 01, que compreende a área central da cidade, este fato condiz com muitos resultados de clima urbano, os quais apontam as magnitudes máximas das ilhas de calor.

Nessa perspectiva, vale destacar que a cidade merece atenção especial no seu planejamento ambiental urbano, para que os efeitos do clima urbano sejam amenizados, uma vez que os elementos que os comprometem a qualidade ambiental, como as ilhas de calor encontradas na cidade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. 2003. "Caatingas: o domínio dos sertões secos". In **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas**. 6ª Ed. 83-100, São Paulo: Ateliê Editorial.
- ALVES, E. D. L. ILHA DE CALOR URBANA EM CIDADE DE PEQUENO PORTE E A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS GEOURBANAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 97-116, 2017.
- AMORIM, M. C. C. T. **Climatologia e gestão do espaço urbano**. Mercator (Fortaleza. Online), v. 9, p. 71-90, 2010
- AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano: estrutura térmica e ilhas de calor. In: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant'Anna Neto; Ana Monteiro. (Org.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1ed.São Paulo: Outras Expressões, 2013, v. 1, p. 191-220.
- AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano: concepções teóricas, metodologias, aplicações e perspectivas. **Revista Equador**, v. 4, p. 49-66, 2015.
- AMORIM, M. C. C. T.. O Sensoriamento Remoto no diagnóstico das Ilhas de Calor Superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente Tropical/Brasil. **FINISTERRA** (LISBOA. 1966), v. 52, p. 111-133, 2017.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. Esp., p. 22-46, 2019.
- AMORIM, M. C. C. T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins (Paris)**, v.7, p.1-16, 2009.
- BARBOZA, E. N.; ALENCAR, G. S. S. ; ALENCAR, F. H. H. . Influência do asfaltamento nas variáveis de conforto térmico em ruas de Missão Velha / CE / Influence of asphaltting on heating comfort variables in Missão Velha- CE streets. **Brazilian Journal of Development (BJD)**, v. 6, p. 599-607, 2020.

- BARBOZA, E. N.; LIMA, B. M. R. ; ALENCAR, F. H. H. ; ALENCAR, G. S. S. . Análise temporal do regime pluviométrico na cidade de Iguatu - Ceará. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1-19, 2020.
- BEZERRA, P. E. S.; DE MORAES, E. T. I.; SOARES, I. R. da C. Análise da Temperatura de Superfície e do índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 70, n. 3, p. 803–818, 2018.
- BUYANTUYEV, A.; WU, J. Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: a case study of the Phoenix Metropolitan Region, USA. **Journal Of Arid Environments**, V. 73, N. 4, 2009. pp. 512-520.
- ESTEVIÃO, Gabriela de Souza. **Sensoriamento remoto como contribuição ao estudo das ilhas de calor de superfície em Juazeiro do Norte, Ceará**. 144.P. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará. 2016
- FIALHO, E. S.; CELESTINO, E. J. ; QUINA, R. R. . **Comportamento da temperatura em uma cidade de pequeno porte: um estudo de caso em Cajuri-MG**. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia. VARIABILIDADE E SUSCETIBILIDADE CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SOCIAS. Goiânia: ABCILIMA-UFG, 2016. v. 1. p. 1279-1290.
- IBGE **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2019** /, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019
- LIMA, Valéria; AMORIM, MC de CT. A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e da temperatura da análise de qualidade ambiental urbana. **XV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, p. 1028-1035, 2011.
- LUCENA, R. L.; SANTOS, T. H. F. ; FERREIRA, A. M. ; STEINKE, E. T. . Heat and human comfort in a town in Brazil's semi-arid region. doi:10.18848/1835-7156/CGP. **The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses**, v. 8, p. 15-30, 2016.
- MACIEL, C. D. R; NOGUEIRA, M. C. J. A; NOGUEIRA, J. D. S. Cobertura do Solo e sua Influência na Temperatura de Microclimas Urbanos na Cidade de Cuiabá - MT. **Caminhos de Geografia**, Cuiabá - MT, v. 12, n. 38, p. 40-57, ago./2011
- MINAKI, C. Análise das características termo higrométricas de transectos móveis noturnos em episódios de inverno em Maringá-PR. In: PEREZ FILHO, Archimedes; AMORIM, R. RAUL. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. 1ed.Campinas-SP: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS -UNICAMP, v. 1, p. 1622-1633, 2017.
- MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003
- OSCO, L. P.; BOIN, M. N.; RAMOS, A. P. N.; FELICIO, M. J. **Avaliação da temperatura de superfície a partir do uso de Geotecnologias** – um estudo de caso no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho/SP. I Simpósio de Águas, Solo e Geotecnologias-SASGEO. Uberaba –MG. Brasil, 2015
- RIBEIRO, E.L.; OLIVEIRA, J.C.F. de. Biometeorologia urbana e saúde coletiva em duas cidades de clima tropical úmido. In: OLIVEIRA, J.C.F. de (Org.) **Atmosfera e sociedade: a ação da atmosfera sobre os seres vivos e a qualidade de vida humana**. v.1. Maceió: EDUFAL, p. 23-41, 2020.
- ROLIM, Glauco de Souza; SENTELHAS, Paulo Cesar; BARBIERI, Valter. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133-137, 1998.
- SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2010.
- SANTOS, F. M. M. **Influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. 102 f. Tese Doutorado em Física Ambiental – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012
- VIANA, S. S. M.; O conforto Térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP. In: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant’Anna Neto; Ana Monteiro. (Org.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1ed.São Paulo: Outras Expressões, 2013 V. 1. P. 221 – 245
- 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 Ensaios da Climatologia Geográfica**. Dourados: Editora da UFGD, 2012. p. 39-60