

Análise dos contrastes térmicos em episódios de inverno e verão em Juazeiro do Norte, Ceará

Gabriela de Souza Estevão
Gabriella Saraiva de Albuquerque
Mirelle Oliveira Silva

Universidade Estadual do Ceará
Programa de Pós-Graduação em
Geografia - PROP GEO

Revista GeoUECE
ISSN: 2317-028X
<https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/index>

FICHA BIBLIOGRÁFICA

ESTEVÃO, G. S.; ALBUQUERQUE, G. S.; SILVA, M. O.; Análise dos contrastes térmicos em episódios de inverno e verão em Juazeiro do Norte, Ceará. *GeoUECE* (online), v. 09, n. 17, p. 169-193, 2020.



Análise dos contrastes térmicos em episódios de inverno e verão em Juazeiro do Norte, Ceará

Gabriela de Souza Estevão
Universidade Federal do Ceará
gabriela.de.souza.estevao@gmail.com

Gabriella Saraiva de Albuquerque
Universidade Estadual do Cariri
gabriellaurca@gmail.com

Mirelle Oliveira Silva
Universidade Federal da Paraíba
mirelleoliveirasilva18@gmail.com

Resumo: Este trabalho tem o propósito de desenvolver um mapeamento das diferenças térmicas da temperatura do ar e da temperatura da superfície no município de Juazeiro do Norte em um episódio de inverno e de primavera do ano de 2018. As principais fontes de dados consistem em medições da temperatura do ar móvel noturna e imagens orbitais para estimar a temperatura de superfície. Os dois campos realizados por meio da metodologia de transecto móvel contemplaram os trajetos na direção norte-leste e oeste-leste iniciando-se às 21:00 horas e totalizando 50 minutos, coletando ao total a temperatura do ar de 57 pontos distribuídos no perímetro urbano, mensurados a partir de um termômetro digital de sensor externo com cabo de 2m Icotem e um receptor GPS (Global Positioning System) modelo Garmin Map 76CSX para marcação das coordenadas dos respectivos registros. A temperatura de superfície foi estimada utilizando as imagens orbitais provenientes do satélite Landsat 8, sensor termal TIRS, a partir da transformação de números digitais em radiância e seguidamente em temperatura (°C) traduzidas em sintaxes que são inclusas na ferramenta calculadora raster no software ArcGis. Os resultados do trabalho mostram que as variações térmicas registraram diferenças de até 5°C no município, demonstrando a amortização que as áreas verdes e com drenagens podem exercer neste ambiente, contrariamente aos ambientes altamente urbanizados. Outro resultado diz respeito a diferença entre a temperatura do ar e de superfície, onde as temperaturas de superfície chegaram a ultrapassar 40°C em ambientes densamente construídos, enquanto a temperatura do ar mensurada através do transecto não ultrapassou os 31°C.

Palavras-chave: Contraste térmico. Temperatura do ar. Temperatura de superfície.

169

1. INTRODUÇÃO

A sociedade humana tem fomentado mudanças espaciais expressivas, decorrente dos processos sócio-produtivos do sistema capitalista ao ponto de alterar ou degradar o clima, a exemplo das transformações espaciais que lançam gases poluentes e particulados, alteram as direções da advecção e modificam o balanço energético e a composição química da atmosférica local (LOPES, 2009; ALCOFORADO, 2007; RAMPAZZO E SANT' ANNA NETO, 2012).



Esta transformação do espaço natural ausentes de gestão e planejamento eficientes, propiciam o aparecimento de vários impactos ambientais associados a climatologia urbana, aos quais podemos destacar o sobreaquecimento das cidades resultado sobretudo da alteração do balanço energético urbano, sobreaquecimento este considerado a amostra mais notória da modificação climática inadvertidamente germinada pelas atividades humanas (LOPES, 2009).

Este padrão térmico intitulado de ilhas, núcleos ou bolsões de calor, tem sido vastamente investigado em várias cidades no mundo e como salienta Amorim et. al. (2015) apresentam intensidades e amplitudes dependentes da combinação das características ambientais, urbanas e associadas aos sistemas atmosféricos atuantes.

Este fenômeno é conceituado por Gartland (2010) como um “oásis inverso”, onde a temperatura do ar e da superfície em áreas urbanas são mais quentes do que em áreas circundantes, e em meio aos componentes partícipes a gênese das ilhas, sobressai as características da geometria urbana que impulsionam o maior ganho e armazenamento de calor, os tipos de superfície empregues nos equipamentos urbanos, a geração calorífica antropogênica, redução da velocidade do vento em consequência da rugosidade e a subtração do resfriamento evaporativo, em decorrência da diminuição da vegetação.

Quando identificadas e analisadas, as ilhas de calor são tidas nas cidades tropicais como uma problemática que conjectura impactos efetivos dissemelhantes, como: o favorecimento de nebulosidade e elevação dos valores na pluviometria; incômodo térmico causado pelas temperaturas mais elevadas; a manifestação de enfermidades respiratórias ou propiciando o ambiente ideal para proliferação de vetores de doenças; e prejuízos econômicos gerados pela ampla demanda de energia, principalmente em decorrência do uso excepcional de equipamentos de refrigeração de ar.

A ilha de calor urbana é possivelmente a característica específica mais importante do clima urbano, e no que se refere a relação clima e saúde são apreendidas pela população urbana por estarem diretamente ligadas ao campo de percepção humana e influenciarem no desempenho físico, nas atividades do dia a dia e em casos mais graves, afetar o bem-estar e saúde da população (ARNFIELD, 2003; AMORIM ET AL, 2015).

Em algumas cidades como Hong Kong, Stuttgart e Lisboa, o clima urbano e as questões térmicas estão cada vez mais sendo incorporados pelos planos de gestões e planejamento, já que as ilhas de calor nesses países são tratadas como um problema de saúde pública. Logo a identificação desses fenômenos fornece informações indispensáveis para o desenvolvimento de políticas públicas. Gartland (2010) afirma que só a partir do desenvolvimento de planos de ação, é possível a minimização desses efeitos, como a exemplo da idealização das “comunidades frescas”, no qual



sugere o desenvolvimento de coberturas e pavimentos frescos, além da inserção de árvores e vegetação distribuídas nos perímetros urbanos para a atenuação da temperatura de superfície ou do ar.

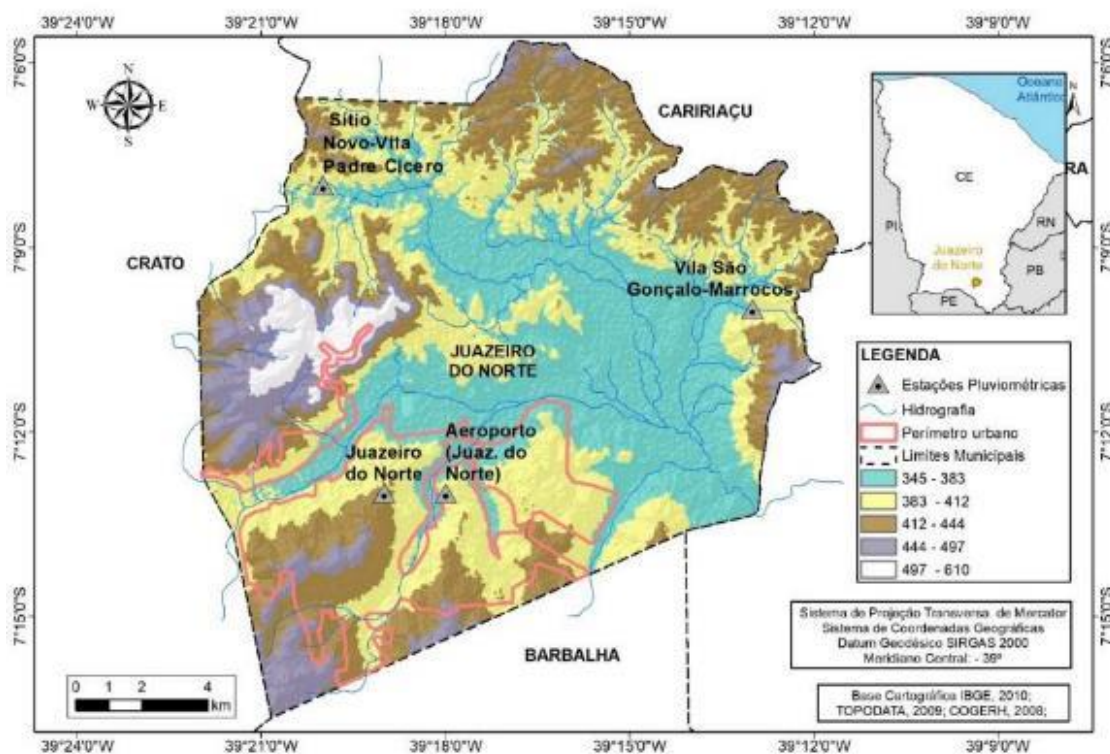
Devido a estas problemáticas associadas as ilhas de calor, muitos estudos procuram mapear as áreas de ocorrência e sua distribuição espacial, mensurando a temperatura de superfície ou do ar e avaliando os possíveis efeitos desse fenômeno. Para esta identificação específica, emprega-se vários métodos e técnicas como transectos móveis, estações meteorológicas, sensoriamento remoto, cálculo de balanços de energia, dentre outros (GARTLAND, 2010).

Diante do quadro contextualizado, ainda há os ambientes tropicais semiáridos que espontaneamente dispõe de situações de estresse térmico, consonantes a dinâmica natural, condicionada a baixa latitude, pluviometria e umidade e alta incidência solar no decorrer de todo o ano. Nestas extensões territoriais, ainda há elevada probabilidade e predisposição a intensificação das temperaturas em resposta a presença dos elementos que pactuados estão intrinsecamente relacionados com a gênese das ilhas de calor.

Diante desta conjuntura e com o propósito de colaborar com a literatura científica referente as questões térmicas no estado do Ceará, e especificamente em cidades semiáridas, objetivou-se mapear a temperatura do ar e da superfície a partir da metodologia de transectos móveis e imagens termais, associando-as as influências das características geoambientais e geourbanas. A realização do deste estudo contemplou o município de Juazeiro do Norte (Figura 01), situada ao sul do estado do Ceará e inserida na região do Cariri. Este município, sobretudo o perímetro urbano naturalmente apresenta situações de estresse térmico e têm sido alvo de estudos associados a climatologia urbana, sendo identificado em episódios anteriores ilhas de calor de alta intensidade e magnitude.



Figura 1 – Mapa de localização do município de Juazeiro do Norte.



Fonte: Autoras, 2018.

O município de Juazeiro do Norte tem suas origens datadas no início do século XIX, sobretudo sob influência religiosa em virtude da figura do padre Cícero, que se constitui como um dos principais agentes simbólicos da rápida expansão do lugar, proporcionando intensas transformações urbanas, políticas, sociais, culturais e econômicas que podem ser observadas na atualidade.

Visualiza-se a expansão urbana da cidade com o espraiamento dos diferentes padrões de uso e ocupação, influenciados no presente, sobretudo a partir de um importante polo industrial, comercial e de grande potencial turístico religioso ligado à figura do padre Cícero. Esta expansão do tecido urbano, inserido em um ambiente naturalmente quente e associado às variáveis que dinamizam a geração e armazenamento da carga térmica do balanço energético da cidade pode dinamizar o seu sobreaquecimento causando desconforto a população, e prejuízos de distintas ordens, surgindo a necessidade da realização de monitoramentos térmicos periódicos, tendo em vista que os núcleos de calor apresentam grande variabilidade espacial.

2. ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Ceará e conseqüentemente a cidade em foco, são consideradas áreas de baixa latitude, oportunizando uma incidência elevada de radiação solar, refletindo nas altas temperaturas que permeiam entre 23°C a 27°C (FUNCEME, 2006).



As chuvas iniciam-se no mês de dezembro, denominadas chuvas de pré-estação, influenciadas pela proximidade de frentes frias, posicionadas sobre a Bahia, sul do Maranhão e Piauí. As precipitações efetivam-se entre os meses seguintes (verão/outono) pela atuação de outros sistemas atmosféricos, como a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical). Convém salientar, que alguns fatores favorecem ou não a ocorrência de precipitação no nordeste de modo geral, e esta condição se dá pela atuação do El niño/La niña no pacífico e Dipolo positivo ou negativo no atlântico (FUNCEME, 2006).

Embora a ZCIT seja um mecanismo importante, outros sistemas atuam neste município, tais como: Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), Linhas de Instabilidade (LI), Ondas de Leste (OL) e Brisas Continentais. No segundo semestre do ano correspondente principalmente aos meses de inverno-primavera, (junho a novembro), o município fica sob a influência do Anticiclone do Atlântico Sul, responsável pela estabilidade atmosférica (FERREIRA E MELO, p. 5, 2005).

Pelo fato de Juazeiro do Norte encontrar-se na esfera do semiárido, dispõe de uma pluviosidade marcada por um período chuvoso breve e irregular e um extenso período seco (ZANELLA, 2007). Nímer (1979) aponta que a área apresenta índices padrões ou os mais frequentes, entre 700 a 900 mm anuais, na qual, as chuvas se concentram, na maioria das vezes, de meados do verão a meados de outono, concentrando-se nos meses de fevereiro, março e abril.

173

2. 1 SÉRIE HISTÓRICA DO POSTO PLUVIOMÉTRICO JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ (1981-2010)

No município de Juazeiro do Norte, há 04 estações pluviométricas da Funceme, sendo: Aeroporto, Juazeiro do Norte, Sítio novo-Vila Padre Cícero, Vila São Gonçalo-Marrocos. Dos quatro postos pluviométricos, os dados do posto Juazeiro do Norte (1981-2010) representam uma das séries históricas mais consistentes.

Os dados do Blox plot mostram que dentre os 29 anos de coleta de informações pluviométricas, os anos de 1985 e 2004 enquadraram-se como os anos de precipitação mais elevados apresentando o valor de 1660,3 milímetros para 1985 e 1544 milímetros para 2004, qualificando-os como muito chuvosos para série em questão. Entre o *outlier* e o terceiro quartil da série, encontram-se os anos considerados chuvosos, demarcando o intervalo entre 1399 milímetros para o ano de 2008 e 1188,8 milímetros para o ano de 1986.

No intervalo do terceiro quartil ao primeiro quartil, englobam-se os anos habituais para a série histórica. Entre o terceiro e primeiro quartil, acha-se o segundo quartil, também nomeado de mediana, equivalente ao milímetro habitual da série, como sendo 937 mm. O intervalo entre o primeiro quartil



e o segundo *outlier* corresponde aos anos qualificados como secos, oscilando entre 783,7 mm para o ano de 1990 e 590,5 para 1981. Para os anos extremamente secos, estes, enquadram-se ao último *outlier*, equivalente ao ano de 1983 com 571,4 mm e 1993 com 564,4 mm.

Estes dados demonstram que a variabilidade interanual das chuvas em Juazeiro do Norte é considerada habitual dentro dos limites da amplitude interquartílica (de 1,148 a 791 mm). Entretanto, quanto aos totais da pluviosidade anuais inferior ao primeiro quartil e superior a terceiro quartil, temos os anos classificados como secos e chuvosos. E por fim, têm-se os valores considerados com pluviosidade excepcional, muito chuvoso (1544 e 1666 mm) e muito seco (564 a 571 mm).

Quadro 01 – Tipologia climática através da técnica de Box plot numa série (1981-2010).

Ano	Precipitação	Classificação (Galvani, E. Luchiani, A. (2004)	
1985	1660,3	Outlier	Muito Chuvoso
2004	1544	Outlier	
2008	1399	V(Max)	Chuvoso
2003	1300,8		
2002	1230,5		
1989	1227,6		
1986	1188,8		
1168,4		3Q	
1995	1148		Habitual
2009	1111		
1996	1009,8		
1991	1001,6		
1992	989,3		
1999	984,5		
1984	953		
2000	943		
Mediana	937	2Q	
2001	932,5		
2006	890,5		
1994	865,9		
1988	827,9		
1987	821,5		
2005	812		
2010	793,5		
2007	791		
787,35		1Q	
1990	783,7		Seco
1998	740,1		
1997	637,6		
1982	610,5		
1981	590,5	V(Min)	
1983	571,4	Outlier	Muito Seco
1993	564,4	Outlier	

Fonte: Posto pluviométrico Juazeiro do Norte. Elaboração própria.

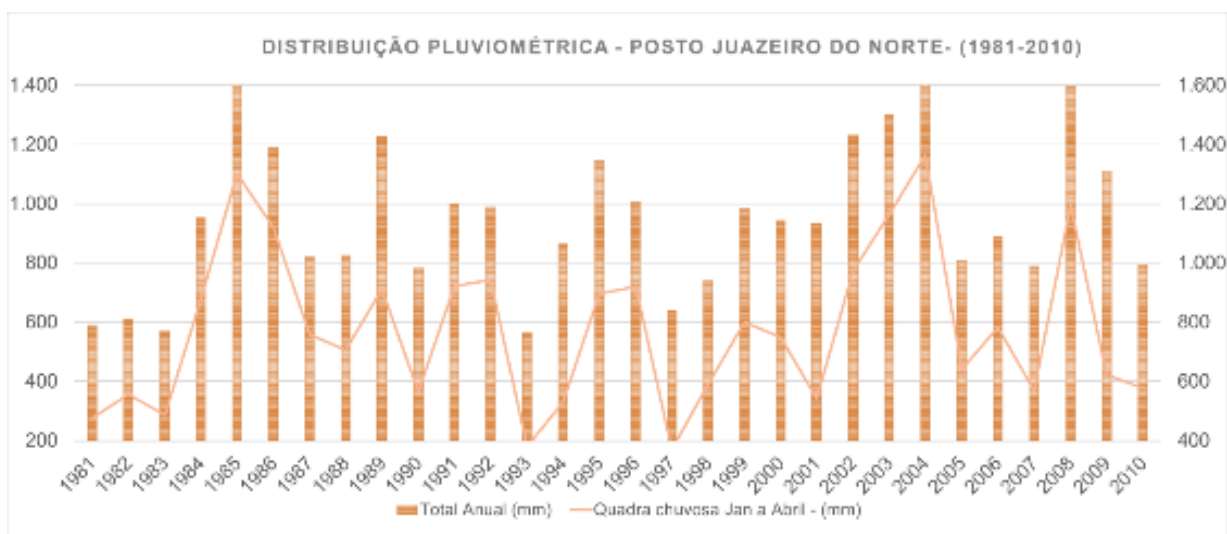
A distribuição pluviométrica do posto Juazeiro do Norte (1981-2010) apresenta totais anuais de 1660 mm em 1985 e reduzem-se a 564 mm em 1983. A média pluviométrica para este posto encontra-se nos 964,14 mm e a média da quadra chuvosa (janeiro a abril) para mesma série apresenta



776,06 mm. Pertinente à representatividade da quadra chuvosa a mesma concentrou um percentual de 56% a 95% das precipitações totais anuais (Gráfico 01).

Se subtrairmos o ano mais chuvoso da série (1660 mm) em 1985 e o menos chuvoso (564 mm) em 1983, encontramos a ATV (Amplitude Total de Variação) do período, isto é, 1096 mm. Zavattini e Boin (2013) explica que como os valores extremos ocorreram só uma vez em toda a série temporal, a frequência dos valores é igual a 1.

Gráfico 01 – Distribuição Pluviométrica do posto Juazeiro do Norte

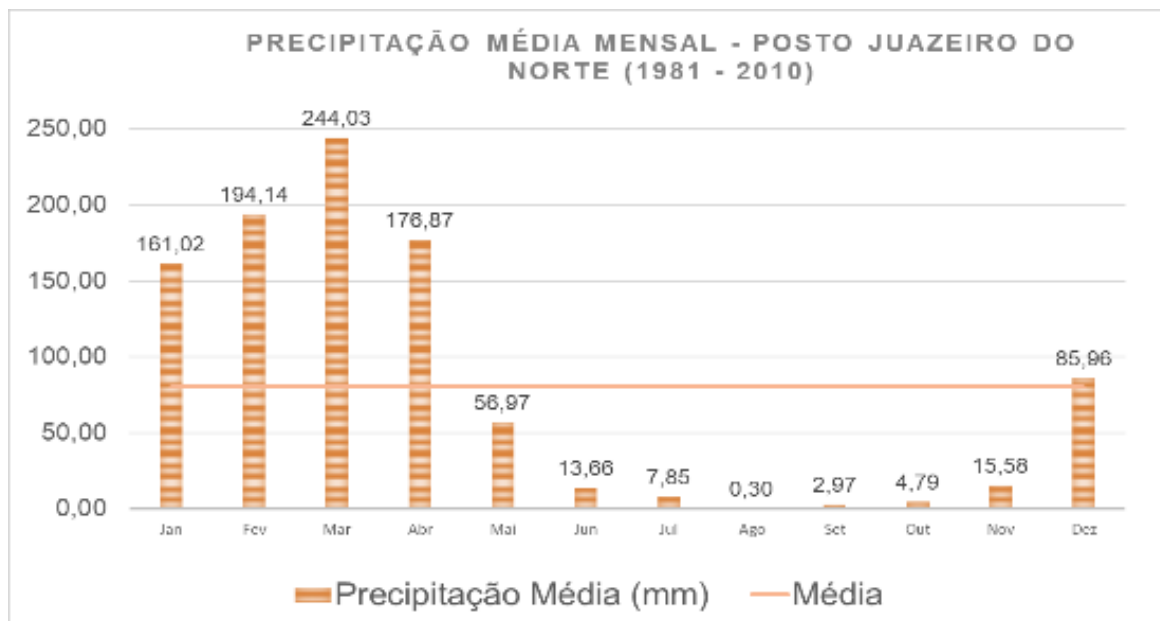


Fonte: FUNCEME. Elaboração da autora.

Os maiores valores das precipitações mensais (Gráfico 02) registram-se nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, correspondendo ao período chuvoso para esta localidade. Os valores que se distribuem abaixo da linha da média relacionam-se com os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro (segundo semestre do ano), considerado o período seco.



Gráfico 02 - Precipitações média mensais do posto Juazeiro do Norte.

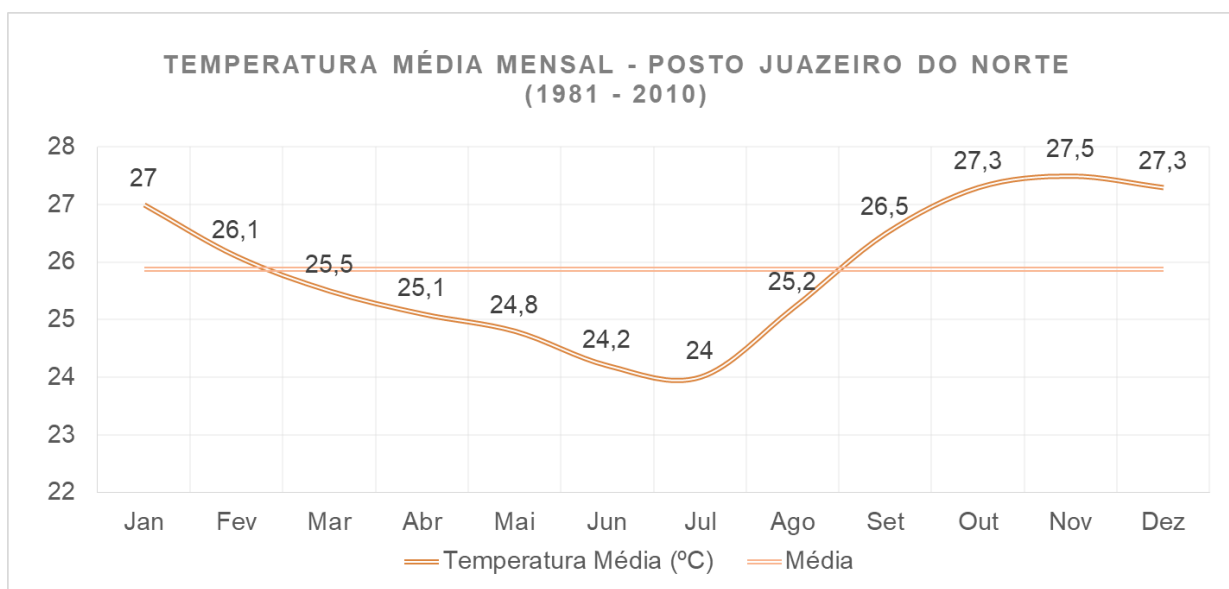


Fonte: FUNCEME. Elaboração da autora.

A temperatura estimada para o posto em análise, apresenta uma média próxima aos 26 °C. As temperaturas acima da média encontram-se no período de primavera/verão. E as temperaturas abaixo da média estão distribuídas no período de outono/inverno, registrando uma queda de temperatura, sobretudo nos meses de junho e julho, permeando os 24 °C (Gráfico 03).

176

Gráfico 03 – Temperaturas Médias Mensais do posto Juazeiro do Norte.



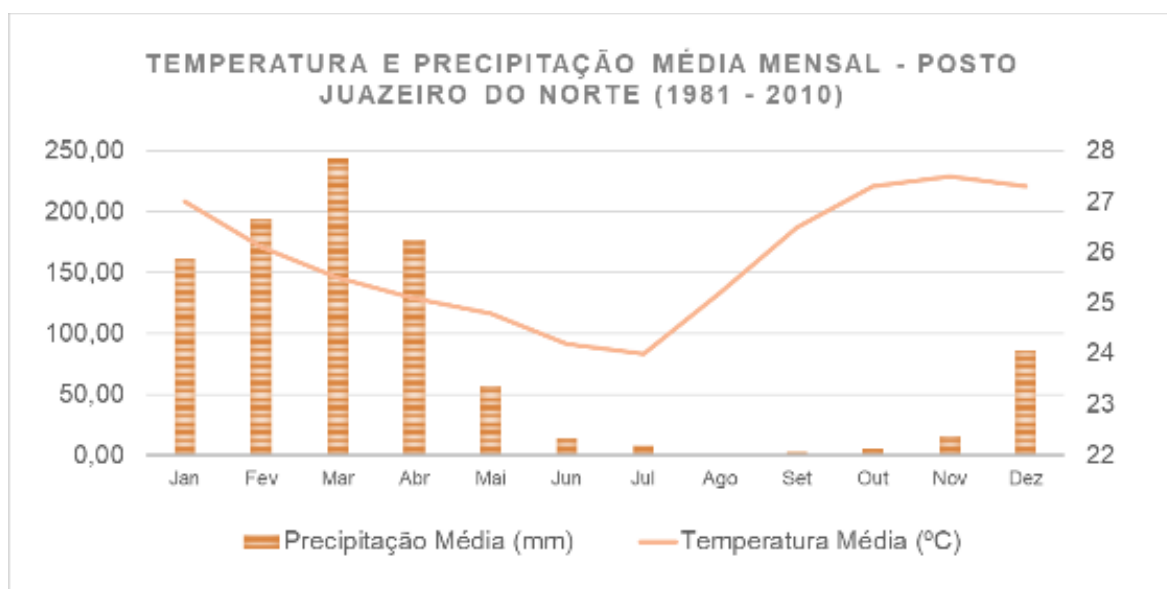
Fonte: FUNCEME. Elaboração da autora.

Em relação à precipitação média e a temperatura média (Gráfico 04), os dados, mostram as temperaturas mais elevadas no início e final do ano, havendo uma redução nos meses de junho e julho.



Quanto ao comportamento da precipitação, os valores mais altos de chuva estão em dezembro e no início do ano e estende-se pelo período chuvoso, na medida em que adentra o segundo semestre do ano, este índice diminui consideravelmente. Este delineamento reflete o comportamento cíclico sistemas atmosféricos/ precipitações. Ou seja, no primeiro semestre têm-se o período de atuação dos sistemas atmosféricos causadores de chuva na região, em contrapartida, por ser verão as temperaturas são mais altas. Encerra-se período chuvoso, as temperaturas caem pela repercussão de frentes frias no inverno, inicia-se a atuação do Anticiclone do Atlântico Sul, há uma “estabilidade no clima” e as temperaturas tendem a elevar-se novamente.

Gráfico 04 – Temperatura e precipitação média mensais do posto Juazeiro do Norte

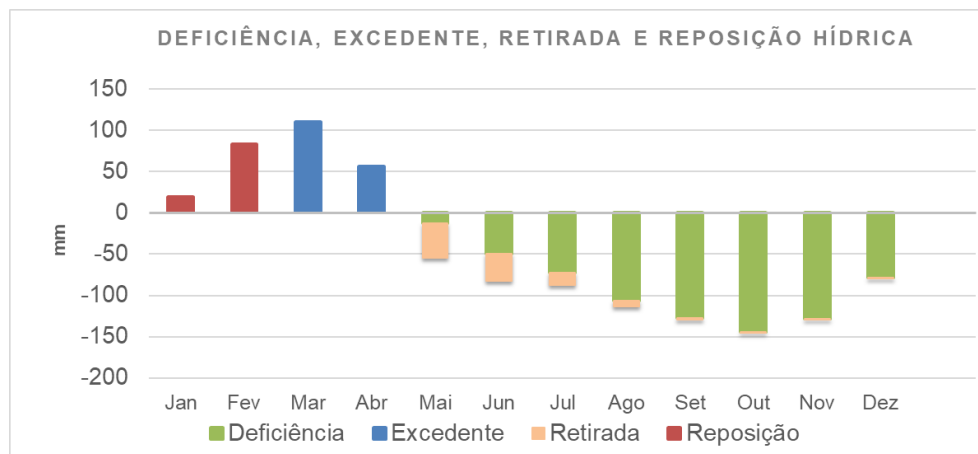


Fonte: FUNCEME. Elaboração da autora.

Pertinente às condições de umidade no solo (Gráficos 05 e 06), os dados refletem a repercussão do comportamento das características hidroclimáticas descritas anteriormente para o município de Juazeiro do Norte. Como se verifica no Gráfico 07, a deficiência hídrica estacionou-se entre os meses de maio a dezembro, correspondente ao segundo semestre do ano, representado pelo período seco e há a diminuição da precipitação substancialmente. O excedente encontrou-se nos meses de março e abril, com até 100 mm, resultado da influência da precipitação que ocorre no período chuvoso (verão). A reposição fora verificada em janeiro, fevereiro e março, representado pelos acumulados de chuva inseridos na quadra chuvosa, e a retirada, encontrou-se nos meses de maio, junho, julho e agosto, quando há a diminuição progressiva de água no solo em virtude da ausência da precipitação no período seco.



Gráficos 07 - Balanço hídrico posto Juazeiro do Norte



Fonte: FUNCEME. Elaboração da autora.

3. MATERIAL E MÉTODO

Para a concretização deste trabalho desenvolveu-se inicialmente o planejamento e execução dos dois transectos móveis noturnos ocorridos no episódio de inverno e outro de primavera, no intuito de coletar a temperatura do ar da cidade. Para o mapeamento da temperatura de superfície, recorreu-se a imagens orbitais do satélite Landsat 8 sensor TIRS banda 10, selecionando cenas próximas as datas dos transectos a fim de correlacionar estes dois tipos de temperaturas que apresentam características distintas uma da outra.

178

3.1. TRANSECTOS MÓVEIS

Para mensurar a temperatura do ar a partir dos transectos móveis noturnos, inicialmente ocorreu à delimitação dos pontos através do software Google Earth e tais pontos foram selecionados levando em consideração as características geoambientais e geourbanas da cidade. Ainda na primeira etapa, foi delimitado o horário de execução dos transectos, preferindo o período noturno, pois segundo Amorim (2015) este horário é adequado para este tipo de registro, uma vez que as temperaturas não experimentam naturalmente mudanças rápidas.

O transecto 1 ocorreu no dia 11 de junho do ano de 2018 e o percurso teve início às 21:00 horas com duração de exatos 50 minutos. O trajeto contemplou os percursos sul-norte-leste e totalizou 25 pontos da área urbana da cidade de Juazeiro do Norte. O transecto 2 ocorreu no dia 23 de novembro do mesmo ano, respeitando as mesmas características do transecto anterior (início as 21:00 e duração de 50 minutos), muito embora, este contemplou um trajeto leste-oeste, interseccionando o transecto 1.



O trecho dos transectos considerou as características geourbanas e geoambientais para coleta dos pontos, tais como o relevo, a morfologia urbana, uso da terra e da vegetação, os tipos de materiais empregados na construção, áreas abertas, e dentre outros, ponderando as variáveis que colaboram para o armazenamento térmico e do potencial dinâmico, que juntos refletem no balanço energético da cidade.

Os registros foram executados utilizando um termômetro digital com sensor externo com cabo de 2m Icotem, responsável por registrar a temperatura do ar interna e externa e um receptor GPS (*Global Positioning System*) modelo Garmin Map 76CSX para marcação das coordenadas UTM, sendo registradas em todos os pontos (Figura 2).

Figura – 02 Modelos do termômetro digital e do receptor GPS utilizados



Fonte: Autoras (2018)

O transecto móvel iniciou-se em áreas periféricas e menos urbanizadas, onde na literatura a temperatura é descrita como mais amena, adentrando o setor central e mais urbanizada da cidade, onde as temperaturas tendem ser mais elevadas.

Para espacialização dos dados em mapas e gráficos, estes foram realizados utilizando o software ArcGis. Nos primeiros mapas objetivou-se apresentar o trajeto percorrido pelos transectos contemplando os setores norte, sul, leste e oeste da cidade e indicando o número de pontos coletados, bem como variação da temperatura do ar no momento do registro. Para o desenvolvimento do segundo mapa utilizou-se a interpolação dos dados de temperatura e suas respectivas coordenadas através do método de Ponderação do Inverso da Distância (IDW), método este, baseada na distância ponderada de um ponto amostral.

3.2. TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE



Para o mapeamento da temperatura de superfície utilizou-se imagens orbitais do satélite Landsat 8, sensor TIRS disponibilizadas no catálogo de imagem Earth Explorer do Serviço Geológico Americano. Foram selecionadas duas imagens para o mapeamento, um referente ao episódio de inverno e outra no episódio de primavera, ambas com datas próximas as medições in situ, visualizadas no quadro 01.

Quadro 01 – Caracterização dos dados orbitais

Estação	Data	Ano	Satélite	Sensor	Horário (GMT)
Episódio de Inverno	11 de Junho	2018	Landsat 8	Tirs	10 h
Episódio de Primavera	22 de Novembro				

Fonte: Autoras (2018)

Para estimar a temperatura de superfície terrestre é necessário transformar o número digital proveniente do sensor em radiância, já que quanto maior for à energia radiante detectada pelo sensor, maior a temperatura, e esta relação é estabelecido pela equação abaixo, sendo Lmax e Lmin dizem respeito aos valores máximos e mínimos de radiância, NCmax refere-se ao nível de cinza máxima, enquanto o NCmin refere-se ao nível de cinza mínimo, ao qual NC relaciona-se ao nível de cinza dos pixels.

180

$$L = \left\{ \frac{(L_{\max} - L_{\min})}{(NC_{\max} - NC_{\min})} * (NC - NC_{\min}) \right\} + L_{\min}$$

Seguidamente, converte-se os valores de radiância da imagem em temperatura através do inverso da lei de Planck, visto que, o que o sensor mensura, é a radiância espectral ($B\lambda$) e o que pretende-se alcançar é a temperatura. As constantes empregadas nessa equação K1 e K2 são constantes para calibração para a banda do infravermelho termal definidos pelo intervalo de 10,4 a 12,5 μm .

$$\text{Temp } (^{\circ}\text{C}) = \left\{ \frac{K1}{\ln [(K2 / L) + 1]} \right\} - 273,15$$

A sintaxe da primeira equação é inserida na ferramenta calculadora raster disponibilizada no *software* ArcGis e com as imagens devidamente trabalhadas, as reclassificou gerando intervalos de classes de temperatura, atribuindo-os uma paleta de cores para espacializar o fenômeno (ilhas de calor). Nesse caso, como tratou-se de temperatura, optou-se pelas cores que oscilam entre o azul (cores frias) para o vermelho (cores quentes).



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TRANSECTO MÓVEL NOTURNO EPISÓDIO DE INVERNO

Segundo dados da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), a atmosfera no momento da execução do primeiro transecto móvel encontrava-se com áreas de instabilidade e com condições de tempo parcialmente nublado, não houve precipitação, e a umidade oscilou entre máxima de 95,4% e mínima de 49,7%, com ventos que chegaram até 4,6m/s.

Na realização do transecto ocorrido dia 11 de junho de 2018, registrou-se baixa variação de temperatura, onde a maior temperatura registrada fora 25,8°C e a menor de 22,6°C, resultando numa diferença térmica de apenas 3,2°C, traduzindo baixa magnitude e baixa intensidade, associadas as condições do primeiro semestre do ano e próximo ao início do inverno, onde as temperaturas na região do cariri tentem a diminuir, pela repercussão de frentes frias que conseguem chegar na região.

O transecto iniciou-se pontualmente às 21:00 horas no horário de Brasília, partindo do bairro Salgadinho, área com características menos urbanizadas e baixa rugosidade, com a presença vegetal e de superfícies líquidas, dinamizando uma disposição de espaços abertos e proporcionando a circulação de ventos, variável esta que atua diretamente no arrefecimento ou atenuação da temperatura do ar da área descrita. A área possui ainda uma rede de drenagem inserida na Bacia do Salgado, representada pelo rio Salgadinho possuindo sua nascente na Chapada do Araripe. Esta área apresenta ainda vegetação arbórea e arbustiva que se encontram também distribuídas às margens do referido rio e estes aspectos naturais inserem-se no chamado potencial dinâmico, que por sua vez provocam a atenuação da temperatura do ar a partir do resfriamento evaporativo.

Outro aspecto associado as baixas temperaturas nas imediações do bairro, encontra-se em virtude de o registro ter ocorrido em um período que não coincidiu com as romarias (turismo religioso local) na cidade, época em que o número de pessoas aumenta consideravelmente, registrando aproximadamente mais de 400 mil pessoas. Este número reflete no aumento da temperatura devido o calor antropogênico causado pelo fluxo de pessoas, automóveis e mercadorias, e na sua ausência registrou temperaturas mais baixas, variando entre 22,6°C e 23,5°C, como pode ser visualizada nas figuras 03 e 04.

Registrou-se também temperaturas intermediária que permaneceram na casa dos 24,1 °C a 24,9°, identificadas em pontos nos bairros Salgadinho, Timbaúbas e São José, áreas urbanizadas, muito embora dispõe a presença de elementos que atuam no arrefecimento, a exemplo do dossel vegetal, superfícies líquidas e espaços abertos.

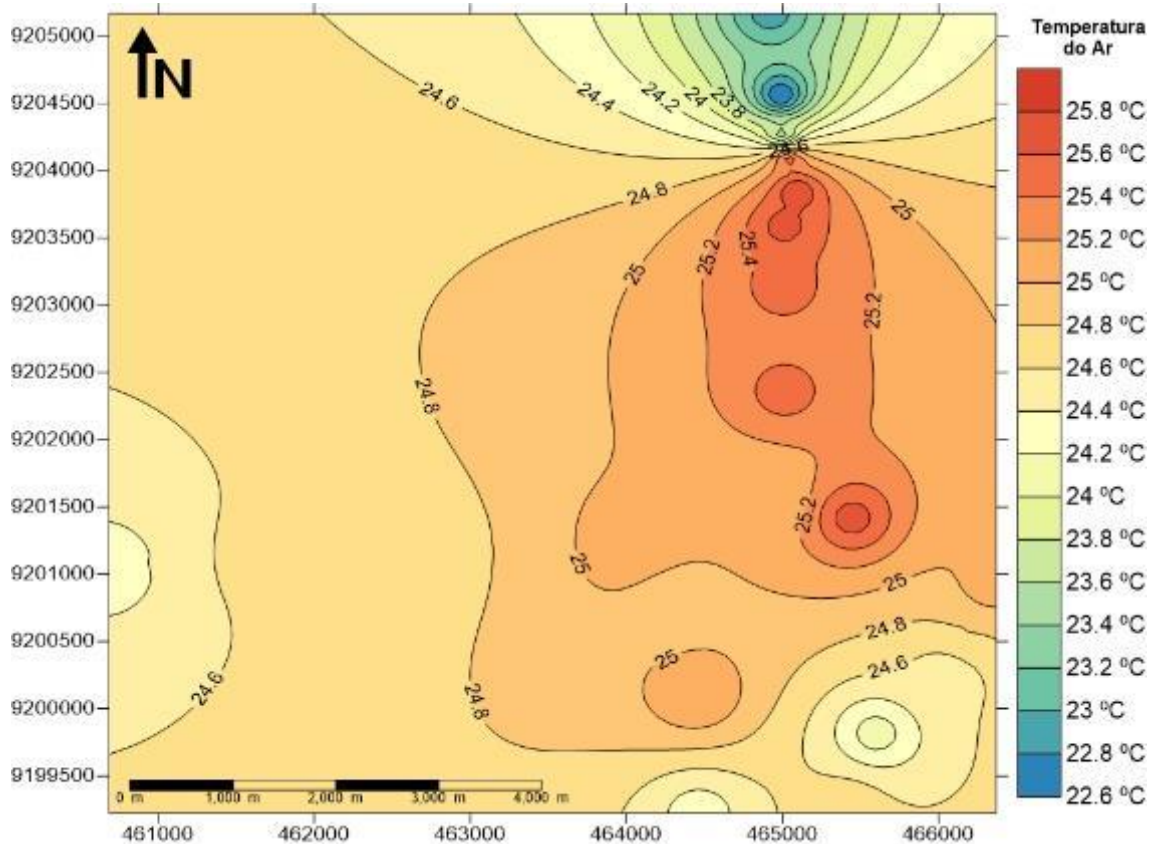
As temperaturas mais elevadas foram registradas em bairros densamente construídos, como o bairro Centro, onde o tipo de material empregado nas construções possui alta capacidade de absorção



e pouca refletância, funcionando como armazéns (ou armazenadores) de calor. Neste local foram registradas temperaturas que variaram entre 25°C e 25,8°C. Além dos elementos acima citados, a alta rugosidade representada pelos equipamentos urbanos, associados ao baixo índice da cobertura vegetal, o intenso fluxo de veículos, pessoas e mercadorias atuam como fatores que provocam um aumento considerável da temperatura do ar.

A interpolação dos dados do transecto do episódio de inverno e representado pela figura 03 mostra duas células separadas de núcleos mais quentes em Juazeiro do Norte. Estas duas células podem ser associadas sobretudo as características geourbanas, atribuídas aos materiais construtivos e sua disposição na cidade. A primeira célula de caráter mais quente está localizada na região do bairro centro, área densamente construída para fins comerciais, e segue em direção a porção sul. A segunda célula localizada na porção sul da cidade e compreendendo o bairro Pirajá, concentra características comerciais e residenciais, e embora apresente a temperatura do ar elevada, em comparação a primeira célula apresentou uma pequena queda de 0,2°, além de dispor em termos de tamanho, uma área menor em relação a célula do centro e seu entorno.

Figura 03 - Interpolação dos dados de temperatura

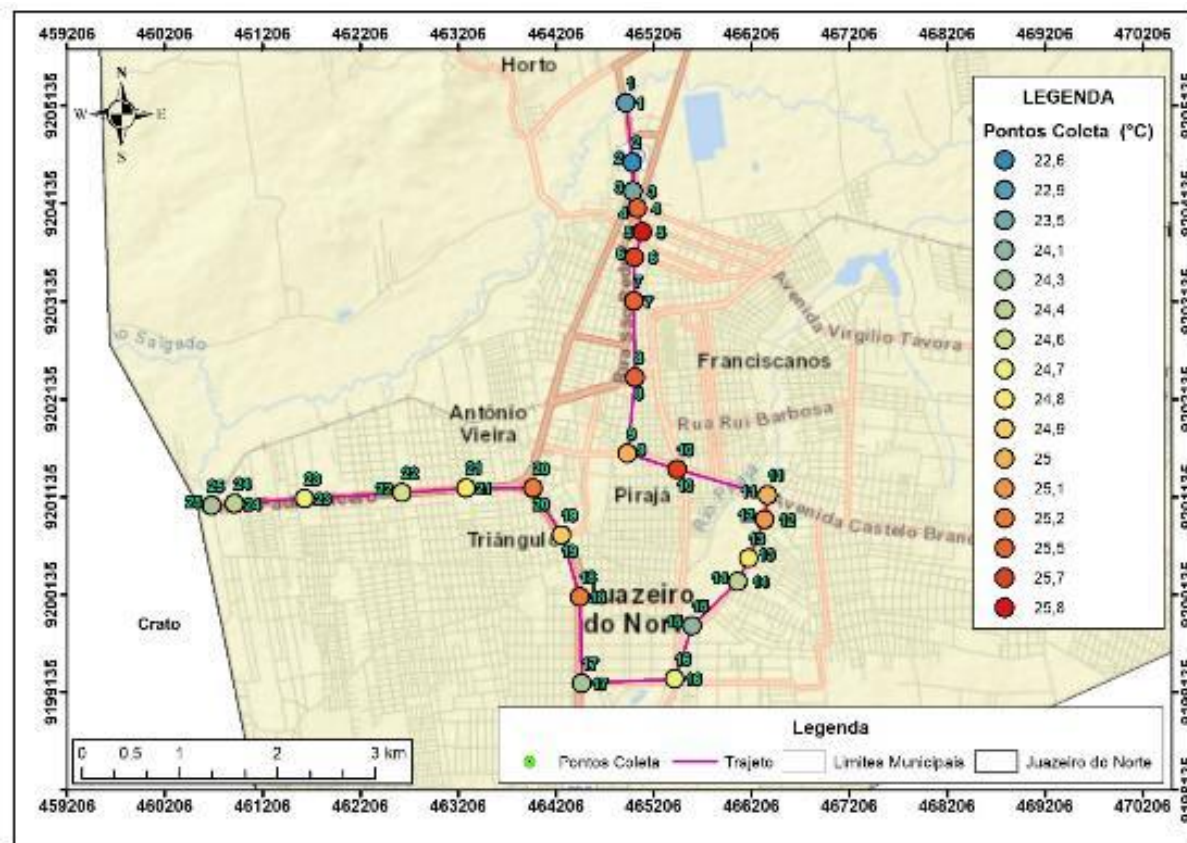


Fonte: Autoras (2018)



A espacialização dos registros desse transecto móvel (Figura 04) noturno nos permite verificar a influência da densidade construtiva nas elevadas temperaturas observadas na primeira e segunda célula identificadas na interpolação acima. Muito embora, à medida que a densidade desta variável reduz, e surge a presença de elementos que se inserem no potencial dinâmico, há uma ruptura de distribuição das temperaturas mais elevadas.

Figura 4 - Trajeto do transecto móvel



Fonte: Autoras (2018)

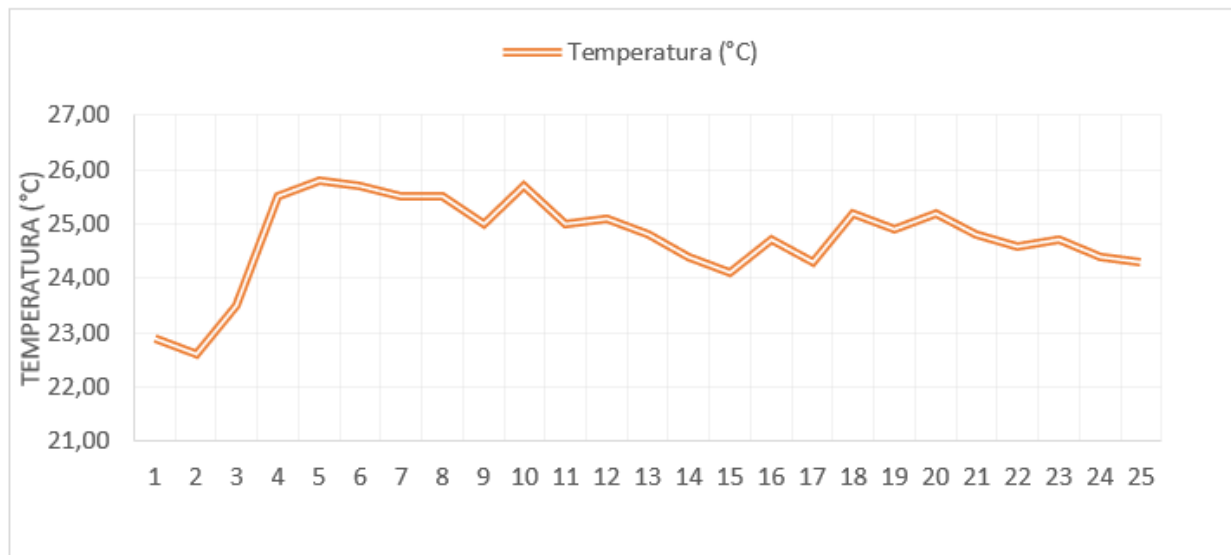
Está claro que durante o percurso as temperaturas variavam sobretudo de acordo com as características geourbanas e geoambientais da área. Os intervalos de 22°C à 23°C, foram registradas nas localidades próximas ao rio salgadinho, e em áreas onde há incidência de cobertura vegetal arbórea, se comparada com outros locais da cidade, e onde a geometria urbana favorecia a circulação de ventos.

Os intervalos, 24°C à 25°C, foram percebidas ao adentramos à cidade, em áreas intensamente urbanizadas, como em ruas do bairro centro e locais adjacentes, onde observa-se coberturas e pavimentos impermeáveis e de estanque, absorvendo facilmente a radiação eletromagnética, facilitando seu armazenamento e consequentemente atuando na gênese das células de calor descritas anteriormente.



O contraste térmico (Gráfico 08) identificado a partir da metodologia de transecto móvel em Juazeiro do Norte apresentou resultados semelhantes aos obtidos na literatura nacional e internacional, onde as maiores temperaturas foram registradas em ambientes densamente construídos.

Gráfico 08 – Perfil do contraste térmico no transecto do episódio de inverno




Fonte: Autoras (2018)

Na cidade investigada, isso é perceptível, pois além de fatores naturais, como o clima da região condicionado pela intensa insolação na área, nota-se que o fenômeno registrado encontra-se intrinsecamente ligado às ações antrópicas e as condições da cidade que facilitam o surgimento de núcleos de calor, muito embora, no presente experimento, em virtude das condições atmosféricas dinamizadas para o período (inverno), não identificou-se muita variação da temperatura do ar, condicionadas sobretudo por baixa magnitude e intensidade.

Parte desta estrutura térmica pode ser visualizado no quadro 1, que descreve 6 pontos dos 25 coletados durante todo o trajeto do transecto móvel noturno no episódio de inverno, bem como suas características geourbanas e geoambientais.

Quadro 02 - Descrição de alguns pontos do transecto

Pontos T1*	Imagem RGB	Características	°C
1 – Ponte sobre o rio Salgadinho		Local com médio fluxo de veículos, via de acesso pavimentada, baixa rugosidade em relação aos equipamentos urbanos, espaços abertos, com a presença de vegetação e drenagem.	22 °C



5 – Mercado Central		Local com intenso fluxo de veículos, vias de acesso com pavimento asfáltico, alto índice de rugosidade, materiais de construção impermeáveis e de estanque e ausência completa de vegetação.	25 °C
10 – Estádio Romeirão		Local com intenso fluxo de pessoas e veículos, alta rugosidade, pouca vegetação e presença de coberturas metálicas.	24°C
15 – Parque das Timbaúbas		Avenida com fluxo contínuo de veículos, equipamentos urbanos de um pavimento, via de acesso com cobertura asfáltica e a presença de um parque ecológico, com concentração de vegetação e drenagens.	24°C
20 – Rotatória do bairro Triângulo		Avenidas com fluxo intenso e contínuo, vias de acesso duplicadas e impermeabilizadas, presença de vegetação, alto índice de rugosidade em virtude da verticalização, equipamentos urbanos com cobertura metálica e convencional.	25°C
25 - Viaduto Juazeiro Crato		CE-060 com intenso fluxo de veículos leves e pesados, vias de acesso com cobertura asfáltica, presença de equipamentos urbanos, espaços abertos e vegetação.	22°C

Fontes: Autoras (2018)

4.2 TRANSECTO MÓVEL NOTURNO EPISÓDIO DE PRIMAVERA

No momento da execução do segundo transecto móvel noturno (Figura 05), as condições atmosféricas encontravam-se com a presença de nuvens próximo à costa norte do Nordeste, devido a atuação de áreas de instabilidade e repercussão de uma convergência de umidade havendo precipitação.

Assim como no transecto anterior, as medições iniciaram-se as 21:00 com duração de exatos 50 minutos, coletando dados de 32 pontos, no sentido leste-oeste, tendo início no Aeroporto Regional registrando no primeiro ponto 30 °C e finalizando no viaduto do Anel Viário (28,7°). A medida que o transecto segue na avenida Virgílio Távora (principal via de acesso ao aeroporto da cidade), os



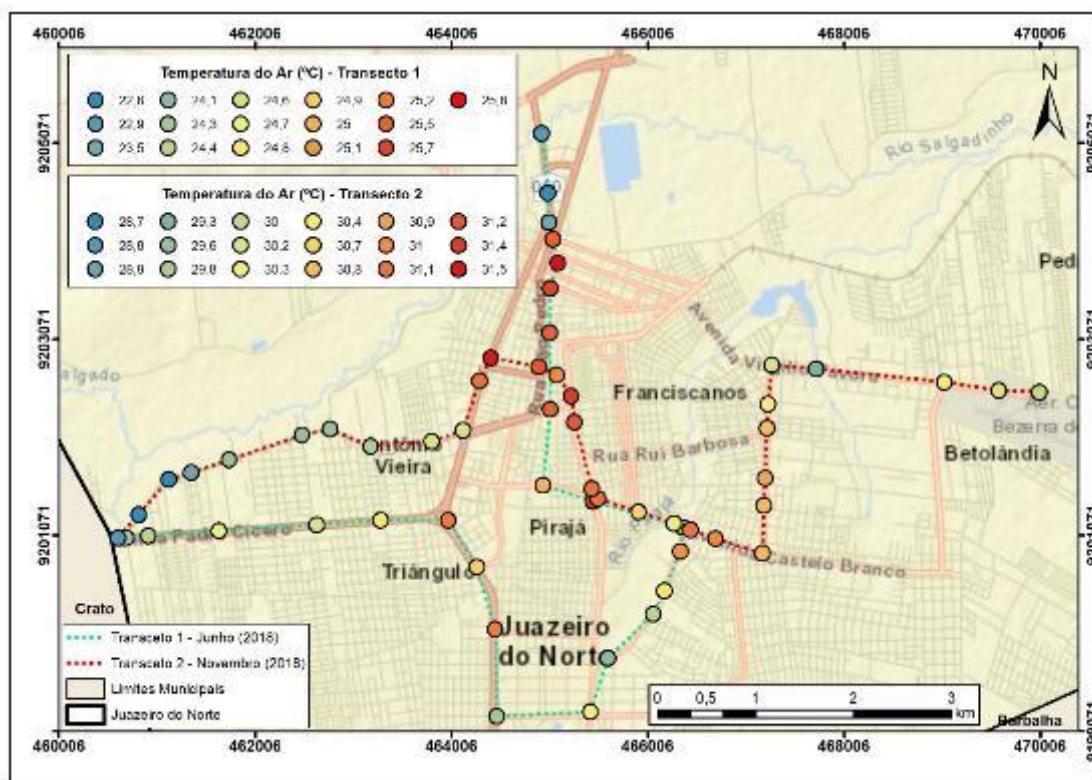
registros elevam-se alcançando 30,4 °C. Quando o transecto alcança exatamente o setor da drenagem sem topônimo que corta o bairro aeroporto, a temperatura apresenta uma queda de 1,1 °C, alcançando os 29,3 °C.

Comumente, ao passo que o transecto adentra as porções mais urbanizadas da cidade, observa-se a elevação dos intervalos de classes da temperatura do ar, alcançando novamente os 30° C, em setores que compreende o bairro Timbaúbas, área esta, com atributos de caráter sobretudo residencial.

Em Juazeiro do Norte, assim como no transecto de inverno, os valores mais elevados estiveram estacionados no setor que engloba os bairros centrais do perímetro urbano, tais como bairro Pirajá, Franciscanos e Salesianos, permeando entre 31,1 °C a 31,5°C. Os bairros mencionados anteriormente, apesar de dispor de características comerciais devido sua proximidade com o bairro Centro, apresenta elevado índice de ocupações para fins comerciais.

Os últimos pontos coletados do transecto foram realizados na CE-060, estrada que contorna a cidade de Juazeiro do Norte e recentemente construída. Estes pontos de coletas estão inseridos nos menores intervalo de temperatura do ar, permeando de 28,7 °C a 30 °C. Este resultado está associado à disposição desta via de acesso que segue quase que paralelamente a grande parte da drenagem do rio Salgadinho e a vegetação do seu entorno.

Figura 05 - Trajeto do transecto móvel



Fonte: Autoras (2018)



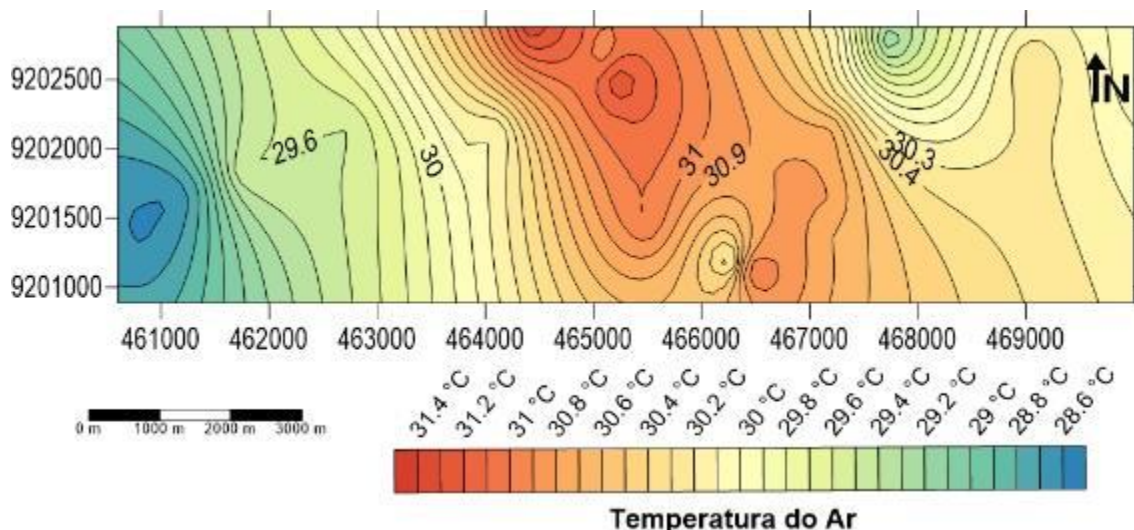
Ainda em relação a figura 05, podemos observar o trajeto e as temperaturas associadas ao transecto 1 e 2. Percebe-se que as temperaturas mensuradas no transecto 1 foram mais baixas (22,6 °C a 25,8°C) e as temperaturas do transecto 2 mais elevadas (28,7 °C a 31, 5 °C, resultado este ocasionado pela influência da sazonalidade e das condições atmosféricas distintas para cada período analisado.

Outro elemento importante é que, independente do período investigado, nos dois episódios as temperaturas elevaram-se na medida que o trajeto segue em direção as áreas centrais de Juazeiro do Norte, a exceção de alguns pontos representado pela presença de superfícies líquidas e vegetação, a exemplo do ponto 4 do transecto 2. E ao passo que atinge as áreas nas extremidades do perímetro urbanizado, esses valores dinamizam uma queda, mesmo que esta diminuição não apresente valores tão expressivos.

A interpolação dos dados do transecto do episódio de primavera, representado pela figura 06 mostra três células separadas com as temperaturas mais elevadas da coleta em Juazeiro do Norte. Estes núcleos estão associados, assim como no transecto noturno de inverno estão intrinsecamente vinculadas as estruturas urbanas consolidadas dispostas concentradamente em setores que compreendem a área central da cidade. As isothermas associadas aos menores intervalos de classe, estão vinculados a setores onde a urbanização não está completamente consolidada, somado a presença vegetal ou de drenagens, em sua maioria não canalizadas.

187

Figura 06 - Interpolação dos dados de temperatura



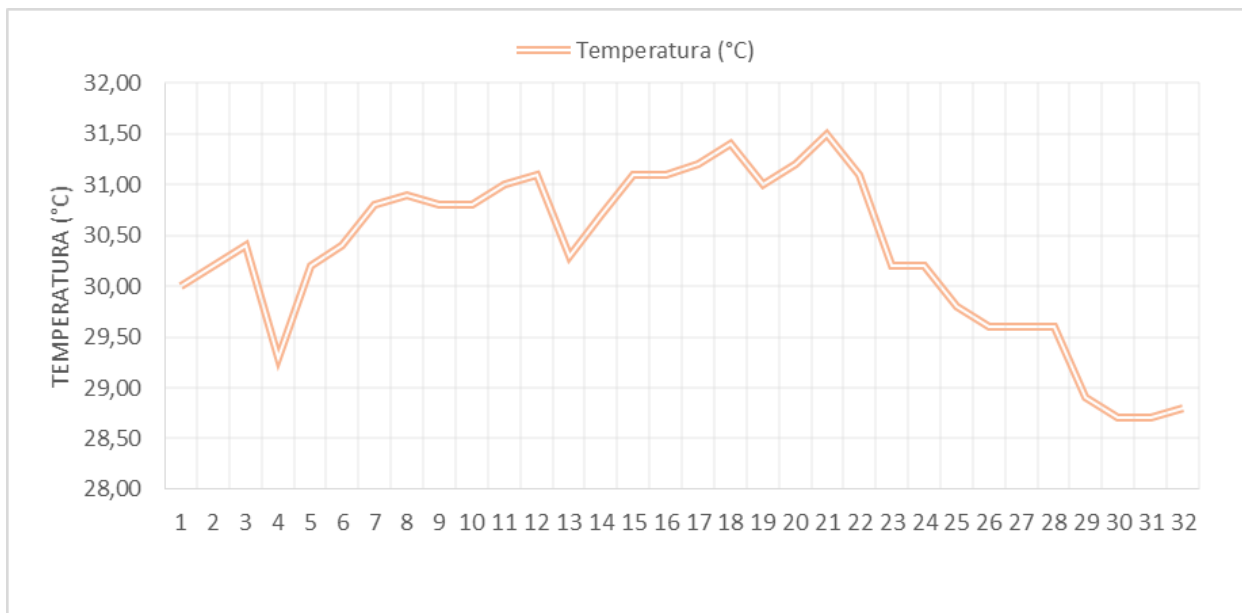
Fonte: Autoras (2018)

O perfil do contraste térmico do episódio de inverno (Gráfico 09) permite identificar picos de temperaturas elevadas associados a alta densidade urbanizada, quedas associadas as influencias geoambientais da cidade e uma diminuição gradativa das temperaturas entre os pontos 22 ao 32. Este



perfil demonstra que a estrutura térmica da cidade de Juazeiro do Norte vai ser modelada de acordo com as condições.

Gráfico 09 - Perfil do contraste térmico no transecto do episódio de primavera



Fonte: Autoras (2018)

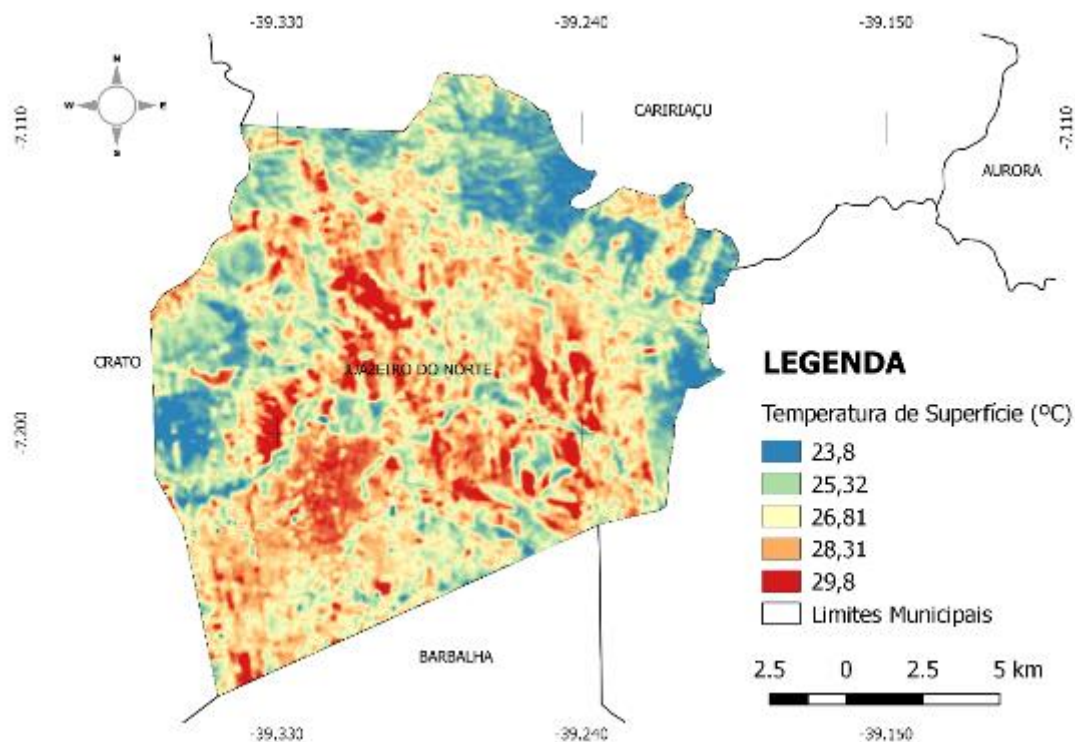
4.3 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO EPISÓDIO DE INVERNO E PRIMAVERA

Na análise da temperatura de superfície do município de Juazeiro do Norte para o primeiro semestre de 2018 (Figura 05), a carta termal identificou temperaturas com intervalo de 23,8°C a 29,8°C. Nesse tipo de mapeamento as temperaturas de superfície variam bem mais ao longo do dia e da noite, sendo mais elevadas do que a temperatura do ar, e esta particularidade acontece por que muitas superfícies urbanas, como coberturas e calçamentos, são aquecidas pela radiação solar.

O intervalo que compreende 23,4°C até 25,3°C está associado aos espaços mais abertos ou as áreas mais elevadas do relevo, com características menos urbanizadas e baixa rugosidade, dinamizando maior circulação de vento e conseqüentemente diminuição de armazenamento de calor, bem como áreas com a presença de drenagens, sobretudo nas imediações do rio Salgadinho e riacho das Timbaúbas, possibilitando o arrefecimento da temperatura, através do resfriamento evaporativo. O intervalo de 26,8°C abrange tanto porções inseridas no perímetro urbano, mas também setores nas franjas urbanas e áreas rurais. Os maiores intervalos 27,9°C a 31,4°C distribuem-se pelo perímetro urbano, porções com grandes concentrações de equipamentos urbanos, materiais de estanque e reduzido percentual vegetal, tornando o processo de amortização térmica destas superfícies mais forma mais lenta.



Figura 05 – Temperatura de Superfície no episódio de inverno



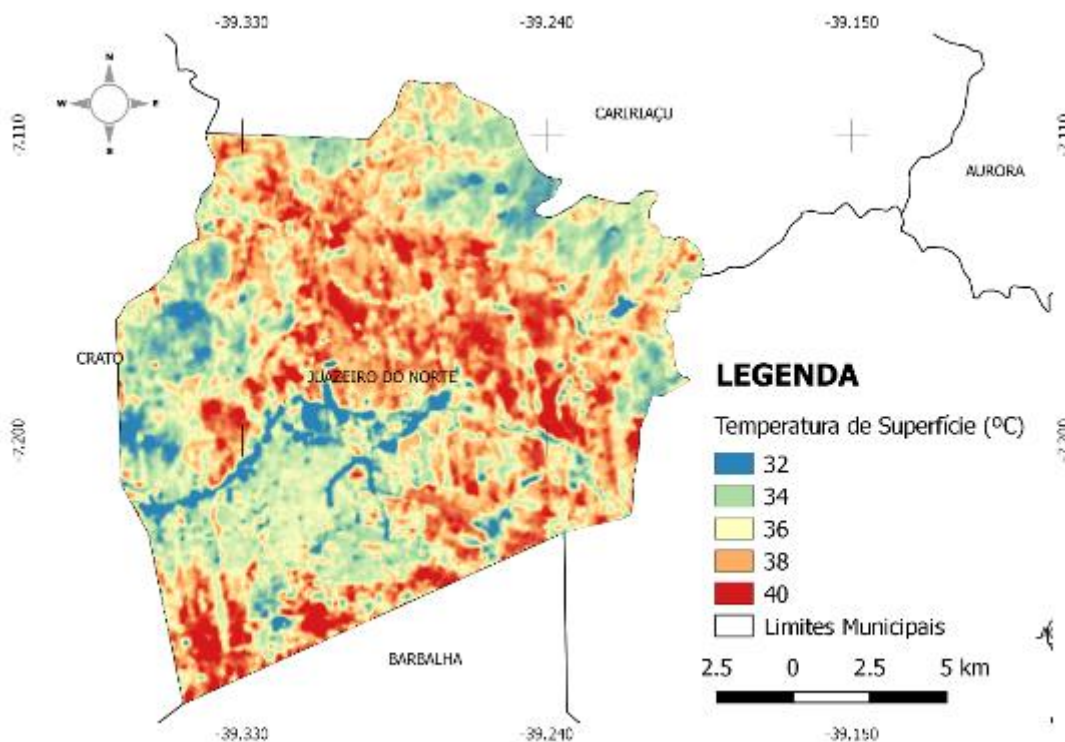
Fonte: Autoras (2018)

Contrariamente ao episódio de temperatura de superfície de inverno, com a carta termal do episódio de primavera (Figura 05), identificou-se um espriamento das temperaturas mais elevadas em setores que compreende áreas de solo desnudo no município e setores próximo as divisas entre os municípios de Barbalha e Crato, alcançando os 40 ° C.

Os intervalos de 34 °C a 38 °C estiveram presentes no perímetro urbanizado do município, e em algumas áreas rurais ao norte. Em relação aos valores mais baixos, e obedecendo o padrão térmico dos mapeamentos anteriores, estiveram dispostos em setores com elevado potencial dinâmico no município.



Figura 05 – Temperatura de Superfície no episódio de primavera



Fonte: Autoras (2018)

Embora as temperaturas, tanto de superfície, como do ar apresentem um padrão térmico de disposição para o município/cidade de Juazeiro do Norte, é válido destacar que ambas (temperaturas) comportam-se de maneira completamente distinta, onde a temperatura de superfície apresenta maior variabilidade e maiores valores frente a temperatura do ar, ao passo que a primeira atua e influencia no aquecimento da segunda.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A medição do contraste térmico (temperatura do ar e superfície) realizada em Juazeiro do Norte-CE, mostrou que as temperaturas mais baixas foram registradas nos bairros Salgadinhos, Timbaúbas e São José, sobretudo em áreas onde há presença de cobertura vegetal arbórea, redes de drenagem, menos equipamentos urbanos e mais espaços abertos, dinamizando um alto potencial dinâmico para atuar no arrefecimento das temperaturas, seja do ar ou da superfície.

Em contrapartida aos espaços urbanos densamente construídos com materiais de construção com características de estanque ou com a geometria urbana que não proporciona a circulação de ventos, associados ao pouco dossel vegetativo ou presença de superfícies líquidas, registrou as maiores temperaturas, situados sobretudo nos bairros centrais da cidade investigada.



A partir da mensuração de temperatura do ar através da metodologia de transectos móveis noturnos, uma série de informações foram gerada no intuito de traçar a estrutura térmica de episódios diferenciados na cidade/município, possibilitam realizar análises detalhadas do ambiente interurbano e interurbano, no que se refere sobretudo a disposição desses contrastes térmicos encontrados no trajeto, bem como o seu comportamento em face a influência das variáveis geológicas e geoambientais.

Referente ao mapeamento de temperatura de superfície, este demonstrou temperaturas bem mais elevadas em relação a temperatura do ar, muito embora, seu padrão e distribuição esteja condicionado as mesmas variáveis encontrados no mapeamento das temperaturas do ar.

Os resultados encontrados a partir dos dois mapeamentos térmico apresenta-se como um importante instrumento contribuidor para a gestão e planejamento eficientes do espaço urbano, uma vez que apontam os ambientes onde as temperaturas são maiores ou menores e quais os elementos associados a esta resposta, tornando-se possível pensar a cidade a partir de proposições viáveis para diminuir as problemáticas associadas a estes fenômenos.

Estudos desta finalidade demonstram a importância de entender o clima como uma variável articulada na dinâmica ambiental da cidade, principalmente no que se refere ao contraste térmico, haja vista que o aumento de temperatura está associado a uma série de impactos negativos nas cidades tropicais semiáridas. Diante do exposto, surge a necessidade de incorporação destes estudos nos espaços urbanos, corroborando com o delineamento de delineamentos estratégicos para atenuação da temperatura.

191

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Regional do Cariri - URCA, notadamente ao seu excepcional corpo docente e administrativo. À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa-PRPGP, bem como ao programa Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/URCA, pelo financiamento desta pesquisa e ao Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO pelo apoio oferecido no desenvolvimento desta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H.; LOPES, A.; OLIVEIRA, S. A ilha de calor de Lisboa. Aquisição de dados e primeiros resultados estatísticos para aplicação ao ordenamento urbano. **Geophilia – o sentir e os sentidos da Geografia**, Lisboa, C.G., 2007, pp. 593-162.

AMORIM, M.C.C.T. DUBREUIL, V. CARDOSO, R.S., **MODELAGEM ESPACIAL DA ILHA DE CALOR URBANA EM PRESIDENTE PRUDENTE (SP) – BRASIL**. Revista brasileira de climatologia. Associação Brasileira de Climatologia – ABClima, 2015.



ARNFIELD A.J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. **International Journal of Climatology**; 23, p. 1-26, 2003.

FERREIRA, A. G. F.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, nº 1, 2005.

FUNCEME. **Zoneamento geoambiental do estado do Ceará**: Parte II: Mesorregião do sul cearense. Fortaleza, 2006.

GALVANI E., LUCHIARI A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: **VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2004, Aracaju. Anais, 2004. p 20-29.

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

LOPES, A. O sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. In: **Territorium**, 15: 39-52. 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

RAMPAZZO, C. R., SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e qualidade ambiental urbana em alfredo marcondes/sp: análise em episódio de inverno. In: **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.2, n.5, p. 194– 206, 2012.

ZANELLA, M. E. Caracterização climática e os recursos hídricos do estado do Ceará. In: SILVA, J. B. da.; DANTAS. E. W.; CAVALCANTE. T. (Org.). **Geografia do Ceará: Um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. P. 169-188.

ZAVATTINI, J. A. & BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: Teoria e Prática de Pesquisa**. Campinas: Alínea, 2013. 150 p.

ANALYSIS OF THERMAL CONTRASTES IN WINTER AND SUMMER EPISODES IN NORTH JUAZEIRO, CEARÁ

Abstract: This work has the purpose of developing a mapping of the thermal differences of air temperature and surface temperature in the municipality of Juazeiro do Norte in a winter and spring episode of 2018. The main sources of data are temperature measurements of the nocturnal mobile air and orbital images to estimate the surface temperature. The two fields carried out through the mobile transect methodology contemplated the routes in the north-east and west-east directions starting at 21:00 hours and totaling 50 minutes, collecting the total air temperature of 57 points distributed in the urban perimeter, measured from an external sensor digital thermometer with 2m Icotem cable and a GPS (Global Positioning System) Garmin Map 76CSX receiver to mark the coordinates of the respective registers. The surface temperature was estimated using orbital images from the Landsat 8 satellite, TIRS thermal sensor, from the transformation of digital numbers into radiance and then into temperature (°C) translated into syntaxes that are included in the raster calculator tool in ArcGis software. The results show that the thermal variations showed differences of up to 5 ° C in the municipality, demonstrating the amortization that green and drainage areas can exert in this environment, contrary to highly urbanized environments. Another result concerns the difference between air and surface temperatures, where surface temperatures exceeded 40 °



C in densely constructed environments, while the air temperature measured through the transect did not exceed 31 ° C.

Keywords: Thermal contrast. Air temperature. Surface temperature.

ANÁLISIS DE LOS CONTRASTES TÉRMICOS EN EPISODIOS DE INVIERNO Y VERANO EN JUZEIRO DEL NORTE, CEARÁ

Resumen: Este trabajo tiene el propósito de desarrollar un mapeamiento de las diferencias térmicas de la temperatura del aire y de la temperatura de la superficie en el municipio de Juazeiro do Norte en un episodio de invierno y de primavera del año 2018. Las principales fuentes de datos consisten en mediciones de la temperatura del aire móvil nocturno e imágenes orbitales para estimar la temperatura de superficie. Los dos campos realizados por medio de la metodología de transecto móvil contemplaron los trayectos en la dirección norte-este y oeste-este iniciándose a las 21:00 horas y totalizando 50 minutos, recogiendo al total la temperatura del aire de 57 puntos distribuidos en el perímetro urbano, medidos a partir de un termómetro digital de sensor externo con cable de 2m Icotem y un receptor GPS (Global Positioning System) modelo Garmin Map 76CSX para marcar las coordenadas de los respectivos registros. La temperatura de superficie fue estimada utilizando las imágenes orbitales provenientes del satélite Landsat 8, sensor termal TIRS, a partir de la transformación de números digitales en radiancia y luego en temperatura (°C) traducidas en sintaxis que se incluyen en la herramienta calculadora raster en el software ArcGis. Los resultados del trabajo muestran que las variaciones térmicas registraron diferencias de hasta 5 ° C en el municipio, demostrando la amortización que las áreas verdes y con drenajes pueden ejercer en este ambiente, contrariamente a los ambientes altamente urbanizados. Otro resultado se refiere a la diferencia entre la temperatura del aire y la superficie, donde las temperaturas de superficie alcanzaron los 40 ° C en ambientes densamente construidos, mientras que la temperatura del aire mensurada a través del transecto no sobrepasó los 31 ° C.

Palabras clave: Contraste térmico. Temperatura del aire. Temperatura de superficie.

GABRIELA DE SOUZA ESTEVÃO

Graduada no curso de Licenciatura Plena em Geografia na Universidade Regional do Cariri (URCA), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Atua nas áreas da Geografia instrumental e Climatologia Geográfica, com ênfase em Geoprocessamento e Ilhas de calor urbanas. Atualmente é doutoranda do programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Email: gabriela.de.souza.estevao@gmail.com

Endereço Postal: Universidade Federal do Ceará - Bloco 911, Campus do Pici, 900, Fortaleza - CE, Brasil.

MIRELLE OLIVEIRA SILVA

Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG da Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Graduada em Geografia, Licenciatura Plena, (2016-2019) pela Universidade Regional do Cariri - URCA. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física e Ensino de Geografia.

Endereço Postal: Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG - CCEN - UFPB

Cidade Universitária - João Pessoa-PB - Brasil |CEP 58051-900.