

ILHAS DE CALOR EM CIDADE DE PEQUENO PORTE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: ANÁLISE DE UARINI-AM**HEAT ISLANDS IN SMALL CITY IN THE BRASILIAN AMAZÔNIA: ANALYSIS OF UARINI-AM**Natacha Cíntia Regina Aleixo¹João Cândido André da Silva Neto²Cristiano de Souza Alves³Almir Figueira Filho⁴**RESUMO**

Os estudos de clima urbano têm avançado em cidades brasileiras de pequeno porte, entretanto, são escassos em cidades interioranas na Amazônia Legal. O objetivo do trabalho foi analisar o campo térmico e higrométrico em Uarini-Amazonas na estação sazonal seca. Partiu-se do referencial teórico-metodológico do Sistema Clima Urbano (S.C.U.) com enfoque no subsistema termodinâmico e de pesquisas sobre ilhas de calor urbanas em ambiente tropical. Foram coletados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar (U.R.) e velocidade do vento no mês de setembro de 2019, por meio de transectos móveis. Além disso, analisou-se a temperatura da superfície e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) evidenciando a estrutura térmica da superfície e da densidade de vegetação na área urbana. Os softwares utilizados foram Excel e QGIS 3.10. Os resultados demonstraram que a maior intensidade das ilhas de calor urbana ocorreu no período noturno, com magnitudes moderadas. A U.R. no período vespertino apresentou na maior parte dos pontos valores inferiores a 60% e a velocidade dos ventos foi superior nas áreas com maior densidade de vegetação arbórea.

PALAVRAS-CHAVE: Clima Urbano, Geotecnologias, Ilhas De Calor Urbanas, Uarini, Amazonas.**ABSTRACT**

Studies of urban climate have advanced in small Brazilian cities, however, they are scarce in inland cities in the Legal Amazon. The goal of this survey was to verify the thermal and hygrometric field in Uarini-Amazonas in the dry seasonal season. It started from the theoretical-methodological framework of the Urban Climate System (S.C.U.) with a focus on the thermodynamic subsystem and

¹ Professora Adjunta da Universidade Federal do Amazonas - Departamento de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia- PPGEOP-UFAM, Laboratório HIDROGEO. natachaaleixo@ufam.edu.br ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7021-0730>

² Professor Adjunto da Universidade Federal do Amazonas - Departamento de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia- PPGEOP-UFAM, Laboratório HIDROGEO. joacandido@ufam.edu.br ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7313-9837>

³ Bolsista de Mestrado CAPES, Programa de Pós-graduação em Geografia/Instituto de Ciências Humanas e Sociais/ Universidade Federal do Amazonas. cristianoalves.contato@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3563-7311>

⁴ Bolsista de Iniciação científica FAPEAM, Departamento de Geografia/Instituto de Ciências Humanas e Sociais/ Universidade Federal do Amazonas. almir.figueira12@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3135-4824>

research on heat islands in a tropical environment. Air temperature, relative humidity (U.R.) and wind speed data were collected in September 2019, using mobile transects. In addition, the surface temperature and the vegetation index by normalized difference (NDVI) were analyzed to verify the thermal structure and vegetation density in the urban area. The software used was Excel and QGIS 3.10. The results showed that the highest intensity of the urban heat islands occurred at night, with moderate magnitudes. The U.R. in the afternoon showed, in most points, values below 60% and the wind speed was higher in the areas with the highest density of tree vegetation.

KEYWORDS: Urban Climate, Geotecnologias, Urban Heat Islands, Uarini, Amazonas.

INTRODUÇÃO

Dentre as alterações climáticas no espaço urbano em ambientes tropicais em diversos países, tem-se especialmente o fenômeno das ilhas de calor urbanas (ICU) e ilhas de calor de superfície (ICS), com suas distintas configurações associadas a fatores geocológicos e geourbanos. (AMORIM, 2019; FIALHO, 2012; PORANGABA; AMORIM, 2017; TEIXEIRA; AMORIM, 2017).

Pesquisas sobre as ilhas de calor e frescor têm sido realizadas em cidades de diferentes portes e vêm incorporando nos estudos, as inovações técnicas em decorrência do avanço técnico-científico e a disponibilidade de instrumentação, dados e imagens de satélite com resolução radiométrica, espectral, temporal e espacial salutar para investigações no tema.

O processo de urbanização e seu produto as cidades, modificam o ambiente, com maior impermeabilização, perda da cobertura vegetal, com isso, verifica-se a formação do fenômeno das ilhas de calor urbanas (I.C.U.) conceituado como o aumento da temperatura nas cidades em relação às áreas rurais e/ou áreas suburbanas circundantes (LOMBARDO, 1985). Além disso, a produção e reprodução do espaço urbano evidenciam muitas vezes a formação das ilhas e/ou arquipélagos de calor tanto em relação à temperatura do ar quanto da superfície nas cidades.

As pesquisas de climas urbanos em cidades de pequeno porte têm aumentado no Brasil (ALVES, 2017; AMORIM, 2020; FIALHO *et al*, 2016; FIALHO *et al*, 2018; TEIXEIRA; AMORIM, 2018) e são importantes para o planejamento e reprodução do espaço visando a qualidade do ambiente vivido, uma vez que devido a dinâmica da cidade, ainda são possíveis mais ações planejadas e adequadas em áreas de expansão territorial.

Com relação ao campo térmico e a formação das ilhas de calor atmosféricas é importante compreendê-las em relação à magnitude, em decorrência da sazonalidade e dos tipos de tempo

atuantes integrados aos aspectos morfométricos e morfodinâmicos, que influenciam no balanço de matéria e energia, bem como a presença de corpos d'água e cobertura vegetal, no entorno e no interior do espaço intraurbano (FIALHO, 2012).

Além disso, as formas e funções das cidades e a composição dos materiais nos ambientes construídos, são elementos relevantes para compor a análise e caracterização do clima urbano, com enfoque nas ilhas de calor atmosféricas e da superfície.

Na Amazônia Brasileira, os estudos sobre o fenômeno ilha de calor, foram realizados predominantemente nas metrópoles e/ou capitais e são espacialmente escassos pelas cidades interioranas (ALEIXO; SILVA NETO, 2019; ALEIXO; SILVA NETO, 2020). A rede urbana no estado do Amazonas, por exemplo, apresenta no interior municípios de grande extensão territorial, mas a malha urbana é limitada, difícil distinguir o rural e o urbano (SCHOR; OLIVEIRA, 2011) entretanto, a produção e reprodução do espaço urbano, potencializa a formação de condições singulares de espacialização das ilhas de calor e frescor nas cidades.

O tipo climático equatorial úmido predominante no estado (IBGE, 2002), apresenta elevadas temperaturas do ar e umidade, devido à localização próxima a linha do equador e ao importante papel da evapotranspiração da floresta amazônica. Essas condições integradas às ilhas de calor nas áreas urbanas podem potencializar situações de desconforto térmico e problemas à saúde humana.

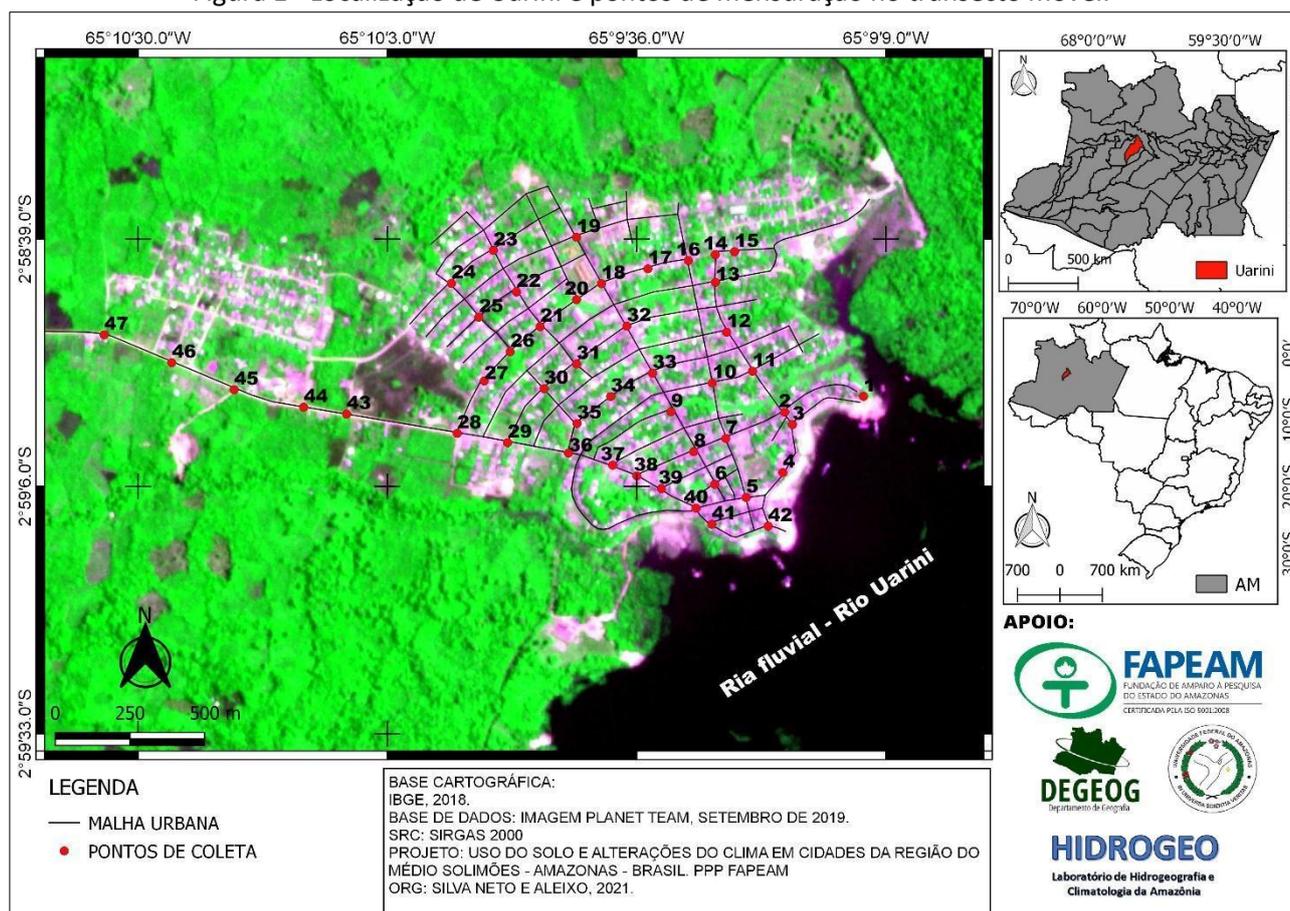
Nas cidades localizadas na região do Médio Solimões no estado do Amazonas, foram estudadas as ilhas de calor atmosférica e de superfície em cidades de porte médio como Tefé. Observaram-se diferenças térmicas no mês de outubro de até 4,6°C e as temperaturas da superfície variaram de 25°C a 30°C. A concentração das ilhas de calor ocorreu na parte central, derivada da ampla cobertura de materiais construtivos de baixo custo (fibrocimento e alumínio) e escassa cobertura vegetal arbórea (ALEIXO; SILVA NETO, 2019; LOPES *et al.*, 2019).

Entretanto, existem cidades especiais de pequeno porte no Médio Solimões que são importantes de serem estudadas para verificar as alterações do uso e cobertura da terra integradas à configuração das ilhas de calor. Por isso, o objetivo desta pesquisa foi analisar o campo térmico e higrométrico em Uarini-AM na estação sazonal seca.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Uarini localiza-se a 570 km da capital do estado Manaus e encontra-se na região do Médio Solimões (Figura 1). A rede urbana no Médio Solimões apresenta remota inserção na dinâmica de desenvolvimento regional e nacional, em que o fluxo de mercadorias e pessoas ocorre especialmente por via fluvial e interna ao Estado do Amazonas (NEPECAB, 2011).

Figura 1 - Localização de Uarini e pontos de mensuração no transecto móvel.



Fonte: Autores (2021).

Schor e Oliveira (2011) definiram a hierarquia e funções urbanas no estado do Amazonas e consideraram a rede urbana do rio Solimões fechada, com uma dinâmica local e infraestrutura urbana precária.

A população estimada de Uarini é de 13.690 habitantes (IBGE, 2020) e a cidade é considerada na tipologia urbana do estado, uma cidade especial, devido à “ausência de

infraestrutura que possibilite exercerem plenamente as funções urbanas e por suas localizações geográficas, que tornam mais complicadas a relação dela com a calha central do rio”, com isso, é dependente de Tefé, cidade média com responsabilidade territorial (SCHOR; OLIVEIRA, 2011, p.20).

A principal atividade econômica de Uarini é a agricultura com o cultivo da mandioca para a produção da farinha, conhecida como farinha de Uarini e comercializada em vários estados do Brasil. A densidade demográfica é de 1,1 hab./km² e o Índice de Desenvolvimento Humano é baixo (0,527). Conforme o Índice de Vulnerabilidade Social do IPEA (2010) Uarini apresenta muito alta vulnerabilidade social (0,627).

A malha urbana da cidade possui pequena extensão, o fluxo de pessoas e mercadorias de outras localidades para Uarini é oriundo principalmente do transporte fluvial por barco de Tefé, com tempo estimado de duas horas de viagem ou proveniente de comunidades próximas. Na cidade ocorre o predomínio de domicílios residenciais e na parte central também atividades do comércio e serviços.

Nesta cidade, não existe uma diversidade significativa no que se refere ao uso e ocupação da terra, tem-se a parte central da cidade, com a presença de comércio e serviços em algumas ruas principais bem como residências e os bairros mais antigos são densamente construídos e predominantemente residenciais. Nos bairros residenciais a Leste ocorre uma quantidade mais significativa de vegetação arbórea e rasteira nas ruas e quintais.

Os bairros mais recentes, apresentam-se com construções esparsas com vegetação rasteira e arbórea e a Oeste e Norte são mais próximos às áreas de floresta equatorial e também sítios com a presença de atividades que caracterizam o ambiente rural.

METODOLOGIA

O referencial teórico da pesquisa embasou-se na proposta teórica e metodológica do Sistema Clima Urbano (MONTEIRO, 1976), com ênfase no subsistema termodinâmico. Além de incorporar as técnicas analíticas utilizadas nas pesquisas de ilhas de calor urbanas em diferentes partes do país realizadas em cidades de pequeno porte (AMORIM, 2020; 2019; FIALHO *et al.*, 2018; PORANGABA; AMORIM, 2017).

Para coleta dos dados dos elementos climáticos, como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade dos ventos, utilizou-se do aparelho termohigrômetro digital da marca

MINIPA MT-24IA e anemômetro da marca ITAN 700. Foram realizados transectos móveis (OKE; MAXWELL, 1975; OKE, 1978) na área urbana de Uarini no período de 14 a 18 de setembro de 2019.

A escolha pela realização dos transectos móveis no mês de setembro, ocorreu pelo mês ser representativo do período seco na Amazônia Central, com isso, se tem a presença de dias ensolarados, com menor nebulosidade, maior estabilidade atmosférica e menor frequência de dias com eventos de precipitação pluvial (ALEIXO *et al.*, 2019). O transectos térmicos ocorreram em cinco dias, em três horários: às 7:00h da manhã, representativo do início do aquecimento, às 14:00h. representativo do período vespertino com maior aquecimento da superfície e a noite às 20h representativo do período da emissão do calor armazenado no período diurno.

As mensurações diurnas são relevantes para representar o início do aquecimento e os horários de maior aquecimento da superfície. Entretanto, em análises de ilhas de calor urbanas têm se evidenciado as mensurações noturnas como significativas para avaliação da capacidade de retenção e liberação de calor durante todo o aquecimento do dia relacionadas a heterogeneidade no espaço urbano.

Os transectos móveis foram realizados utilizando veículo automotor, com velocidade inferior a 40 km por hora, no período de 40 a 45 minutos e envolveram o registro em 47 pontos representativos do uso e ocupação da terra urbana.

Ressalta-se que o município de Uarini não possui estação meteorológica com o registro desses elementos climáticos.

Após a coleta, os dados foram tabulados e tratados estatisticamente com técnicas descritivas como valor máximo e mínimo, média, amplitude. Conforme Garcia (1996), as intensidades das ilhas de calor podem ser classificadas como de 0 a 2°C fraca magnitude, de 2 a 4°C média magnitude, de 4 a 6°C forte magnitude e acima de 6°C muito alta magnitude.

Também foram georreferenciados e interpolados os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, coletados por meio do transecto móvel na área urbana de Uarini, utilizando-se do método de interpolação do Inverso do quadrado da distância - IDW (Inverse Distance Weighted). Os dados foram mapeados no software de geoprocessamento QGIS 3.10.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

A análise do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*), na área urbana de Uarini, pautou-se nas propostas metodológicas de Amorim (2018), que tratou da intensidade das ilhas de calor em cidades brasileiras de clima tropical, e, Aleixo e Neto (2019), que abordou o campo térmico em área urbana na Amazônia brasileira.

A elaboração do NDVI, utilizou-se procedimentos propostos pelo USGS (*United State Geological Survey*, 2018), para conversão dos níveis digitais das bandas das bandas 3 e 4, respectivamente vermelho (R) e infravermelho próximo (NIR) das imagens Planet Team de 12 de setembro de 2019.

Assim, foi realizado o processamento das bandas implementando a Equação 1, em calculadora Raster do *Software* QGIS, para obtenção dos NDVI.

$$\text{Equação 1: NDVI} = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Onde:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Banda 5 do Planet, Infravermelho Próximo.

R = Banda 4 do Planet, Vermelho.

A aplicação da Equação 1, resultou um produto raster do NDVI, com parâmetros capazes de identificar os níveis de reflectância da vegetação sadia, possibilitando a análise de áreas de vegetação densa, como as áreas de floresta apresentando valores positivos próximos a “1”, e dispersa ou ausente como áreas de pastagem, desmatamento, agricultura e expansão urbana, apresentando valores negativos próximos a “-1”.

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

Para elaboração da carta de temperatura da superfície utilizou-se a banda 10, infravermelho termal, do satélite Landsat 8 TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), foram redimensionados para a refletância e radiância do Topo da atmosfera (TOA- *Top Of Atmosphere*) e posteriormente Temperatura de Brilho em graus Celsius (BT - *Brightness Temperature*) para o produto de Temperatura da superfície (USGS - *United State Geological Survey*, 2018).

Estabeleceu-se os coeficientes de redimensionamento radiométrico fornecidos nos metadados da imagem da banda 10 do Landsat 8 TIRS, Órbita Ponto 001/062 de 13 de setembro de 2020, que compreende a cidade de Uarini e suas adjacências.

Para os redimensionamentos de valores de pixels (ND - Nível Digital) em radiância foram processados utilizando a calculadora Raster do *Software* QGIS 3.10.

Utilizando-se os metadados da imagem, em que se aplicou a Equação 2, para redimensionar os níveis digitais (ND) para radiância do TOA (Topo da atmosfera):

$$\text{Equação 2: } L_{\lambda} = M_l * Q_{cal} + A_l$$

Onde:

L_{λ} = Radiação espectral de TOA (Watts / (M²* srad * μm))

M_l = Fator de redimensionamento multiplicativo específico da banda dos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04).

Q_{cal} = Valores de pixel do produto padrão (DN) quantizados e calibrados, ou seja, a banda que será processada ("LC08_L1TP_001062_20200913_20200919_02_T1_B10.TIF")

A_l = Fator de redimensionamento aditivo específico da faixa dos metadados (RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000).

Posteriormente, foram obtidas as constantes térmicas necessárias para converter dados de banda térmica em TOA para Temperatura de brilho em graus *Celsius* (BT - *Brightness Temperature*), esse processamento foi realizado aplicando-se a Equação 3.

$$\text{Equação 3: } T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda} + 1}\right)} - 273.15$$

Onde:

T = Temperatura da superfície em graus Célsius

K_2 = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados (K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789)

K_1 = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados (K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853)

\ln = Função Logaritmo

L_{λ} = Radiação espectral de TOA (Produto da Equação 3)

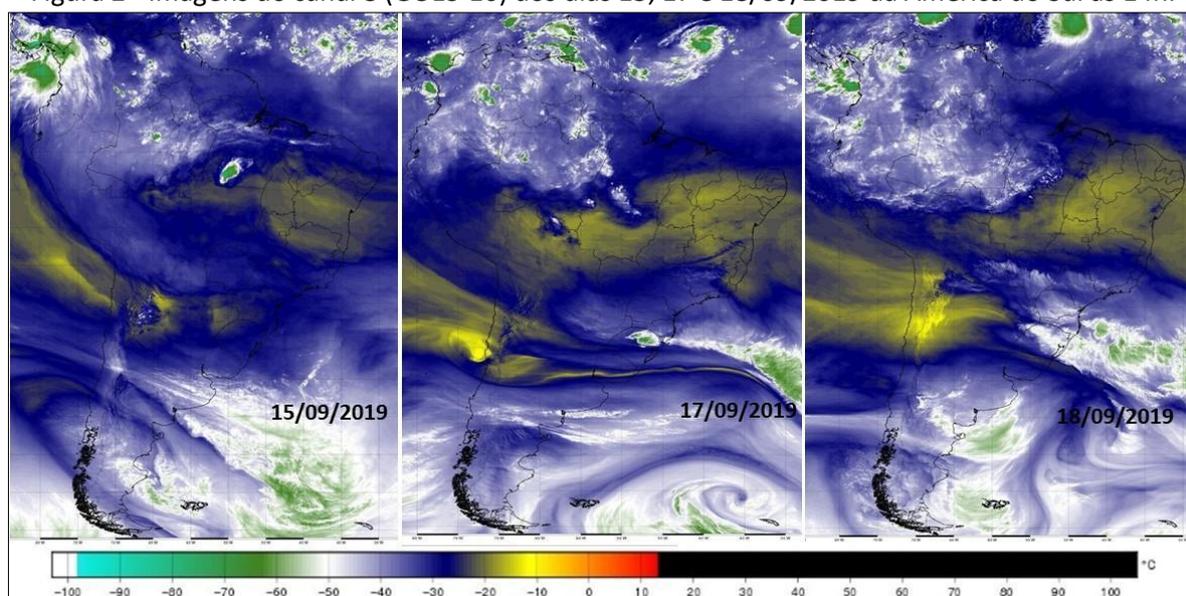
- **273.15** = Valor subtraído para conversão de graus Kelvin em graus *Celsius*

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As ilhas de calor e frescor são condicionadas pelos tipos de tempo atuantes no local e durante os dias de coleta dos dados da temperatura do ar, U.R. e velocidade do vento, ocorreu ampla nebulosidade no dia 15 de setembro de 2019, devido à termodinâmica e a presença de linhas de instabilidade e sistemas convectivos locais, em todo o período diurno e noturno em Uarini, o que favoreceu a presença de temperaturas amenas detectadas nas coletas diurnas e noturnas.

Eventos de precipitação pluvial ocorreram no dia 17 de setembro de 2019, no período vespertino e no dia 18 de setembro de 2019, no período noturno devido à presença de linhas de instabilidade (Figura 2). Desta forma, nos horários após os eventos de precipitação pluvial ocorreu diminuição e homogeneidade das temperaturas do ar, baixa amplitude térmica entre os pontos e o aumento da umidade relativa do ar.

Figura 2 - Imagens do canal 8 (GOES-16) dos dias 15, 17 e 18/09/2019 da América do Sul às 14h.



Fonte: CPTEC/INPE. Org.: Autores, 2020.

No período analisado, evidenciou-se variações térmicas urbanas de até 3,9°C no período noturno, ou seja, a intensidade das ilhas de calor urbanas foi maior à noite. As magnitudes moderadas predominaram no período noturno, mostrando o acúmulo do calor armazenado durante todo período de aquecimento diurno. No período da manhã observou-se amplitudes

térmicas baixas entre os pontos analisados, com valor máximo de 2,6°C e o aumento das amplitudes no período da tarde, com valor máximo de 3,5°C.

Desta forma, se confirmou a configuração de ilhas de calor urbanas na cidade com diferentes intensidades entre fraca e moderada, conforme o quadro 1.

No dia 14 de setembro de 2019, a intensidade foi maior no período vespertino com 3,5°C de diferença entre os pontos e 3,2°C no período noturno, a temperatura máxima chegou a 39°C às 14:00h. e a mínima 25,3 °C às 20h. No dia 15/09 devido a nebulosidade as amplitudes térmicas diminuíram nos três horários de coletas com diferenças de até de 2,2 °C no período noturno, a temperatura máxima chegou a 28,1°C e a mínima 24,1°C no período noturno.

Quadro 1 - Amplitude térmica intraurbana em Uarini dos dias 14 a 18 de setembro de 2019.

Dia	ΔT (°C)			T. Máxima			T. Mínima		
	7:00h.	14:00h.	20:00h.	7:00h.	14:00h.	20:00h.	7:00h.	14:00h.	20:00h.
14	2,6	3,5	3,2	28,1	39	28,5	25,5	35,5	25,3
15	1	1,8	2,2	26,1	28,1	26,3	25,1	26,3	24,1
16	1,8	3,5	3,9	26,9	39,1	30,4	25,1	35,6	26,5
17	1,3	1,9	2,6	27,2	37,1	29	25,9	35,2	26,4
18	1,4	3,4	2,2	26,7	36,9	27,6	25,3	33,5	25,4

Fonte: Trabalho de campo, 2019. Org.: Autores, 2020.

O dia 16 de setembro de 2019, se destacou pelas magnitudes moderadas das ilhas de calor no período da tarde e noite, 3,5°C e 3,9°C, respectivamente. Além disso, neste dia as amplitudes térmicas de cada ponto entre o horário da manhã e noite foram mais elevadas com temperaturas de até 39,1°C às 14:00 e 25,1°C a mínima. Com isso, focamos a análise nesta data demonstrando a espacialidade e temporalidade das variáveis analisadas de temperatura do ar, U.R. e velocidade do vento, na cidade de Uarini.

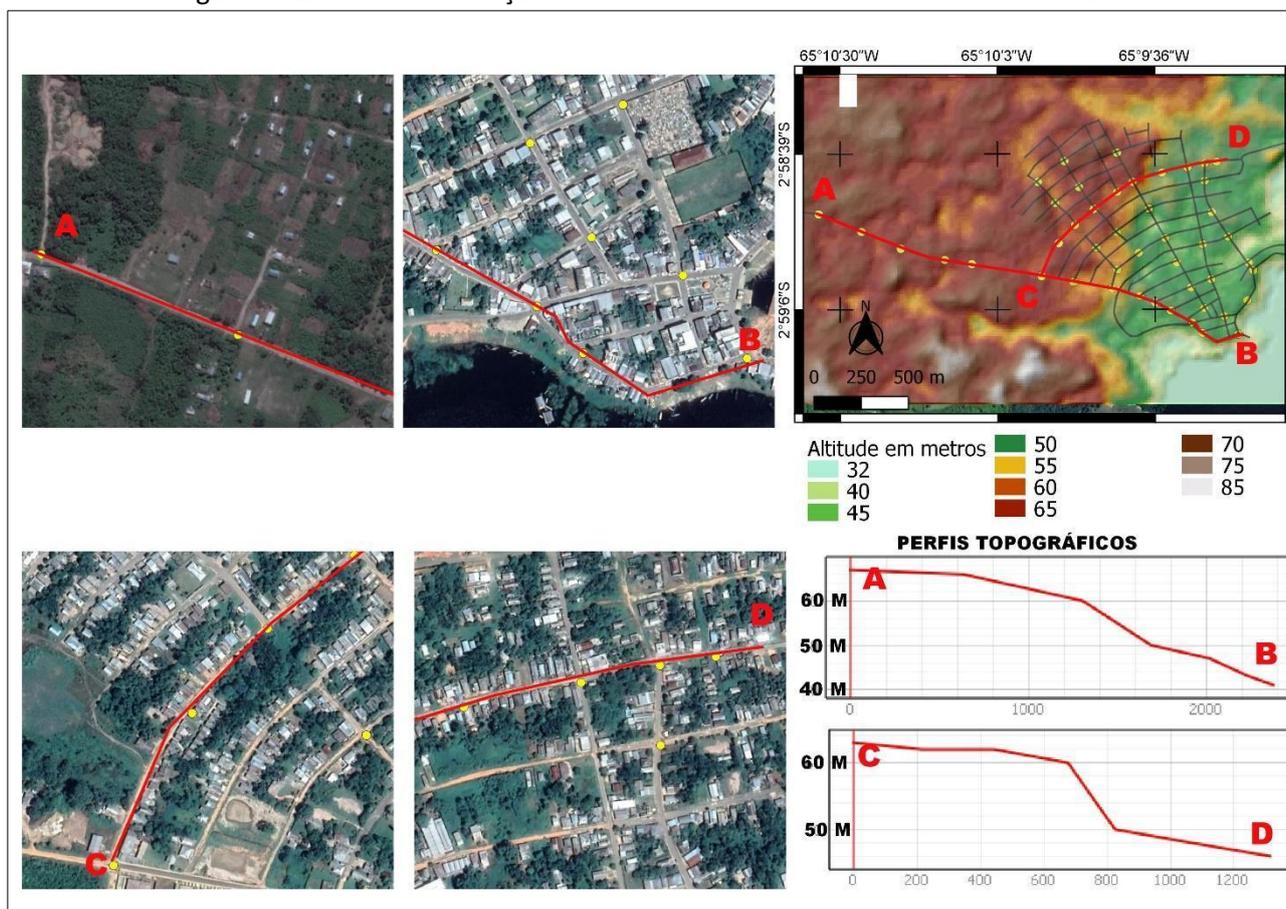
No dia 17 de setembro de 2019, a amplitude entre os pontos foi mais elevada no período noturno com 2,6°C e temperatura máxima de 37,1°C e 25,9°C a temperatura mínima pela manhã.

No dia 18 de setembro de 2019, a maior intensidade ocorreu no período da tarde com 3,4°C, constituindo uma magnitude de ilha de calor moderada, entretanto, em decorrência do evento de precipitação pluvial à noite a amplitude térmica diminuiu para 2,2°C. A temperatura máxima às 14h foi de 36,9°C e a mínima de 25,3°C pela manhã e 25,4°C à noite.

Com relação às diferenças da altitude em área urbana, uso da terra e cobertura vegetal associada a amplitude térmica dos pontos, no dia 16 de setembro de 2019, observou-se variação ampla, superior a 13,5°C entre o horário da manhã e noite na parte Leste de Uarini denominada com a letra D na figura 3.

Na porção Sul denominada com a letra B, variou entre 10,0 a 12,0°C, essas áreas também apresentam menor altitude variando de 30 a 40 metros e especialmente a porção Sul têm proximidade com a ria fluvial⁵, sendo que esse fator influencia na diminuição e estabilidade da temperatura do ar. A variação térmica em alguns pontos da parte Sul é menor nas áreas próximas a ambientes fluviais pelo alto calor específico da água, atuando como um efeito estabilizador, reduzindo a temperatura do ar diurnas e estacionais (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Eixos de mensuração nos transectos móveis e altitude em Uarini-AM.



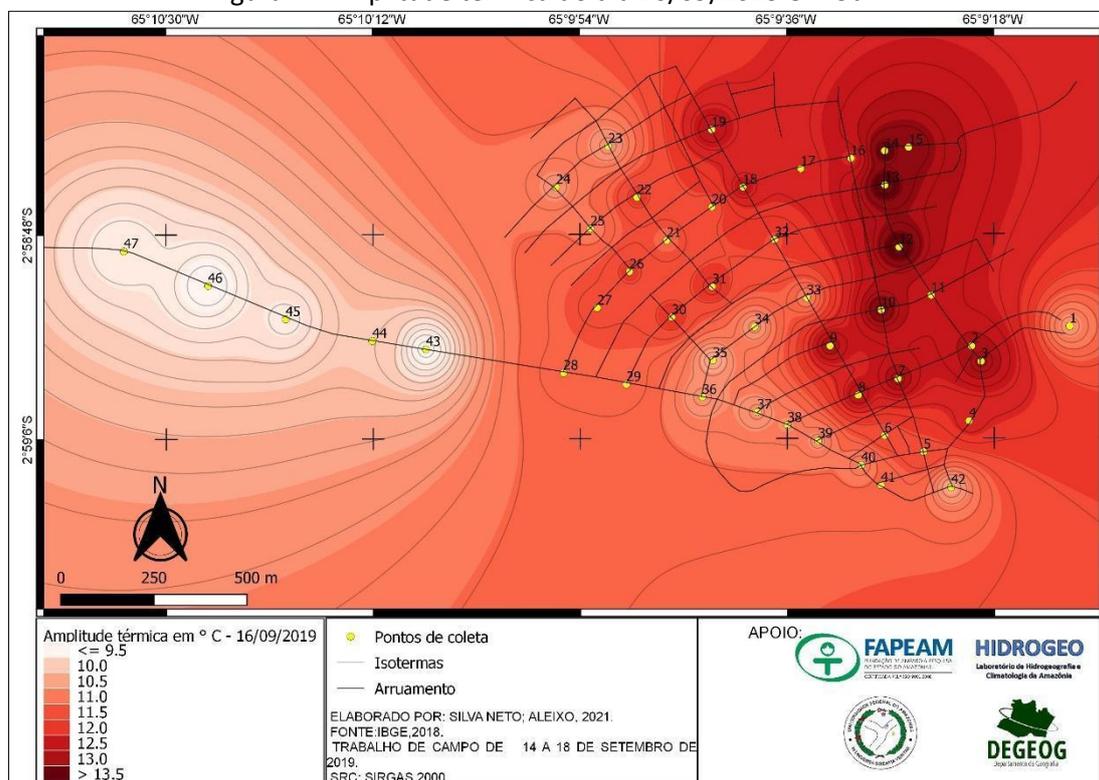
Fonte: Autores (2021).

⁵ Popularmente denominada como “lago”, a ria fluvial na Amazônia, caracteriza-se como vales fluviais afogados.

Nas áreas A e C, a Oeste e Norte da cidade de Uarini, respectivamente, têm-se altitudes maiores variando de 60 a 85 metros e maior cobertura vegetal arbórea na porção Oeste, com isso, a amplitude térmica diária foi menor que 9,5°C. A porção Norte apresentou maior densidade construtiva e menor cobertura vegetal arbórea, com isso, a amplitude térmica diária foi maior, comparada com a área Oeste, com variação entre 11 a 12°C nos pontos mensurados (Figura 4).

Notou-se que em Uarini a amplitude térmica diária foi influenciada pela densidade construtiva, tipos de materiais construtivos, impermeabilização e pavimentação, densidade de vegetação arbórea, atitude e proximidade da massa de água (Figura 4).

Figura 4 - Amplitude térmica do dia 16/09/2019 em Uarini.



Fonte: Trabalho de campo, 2019. Org.: Autores, 2021.

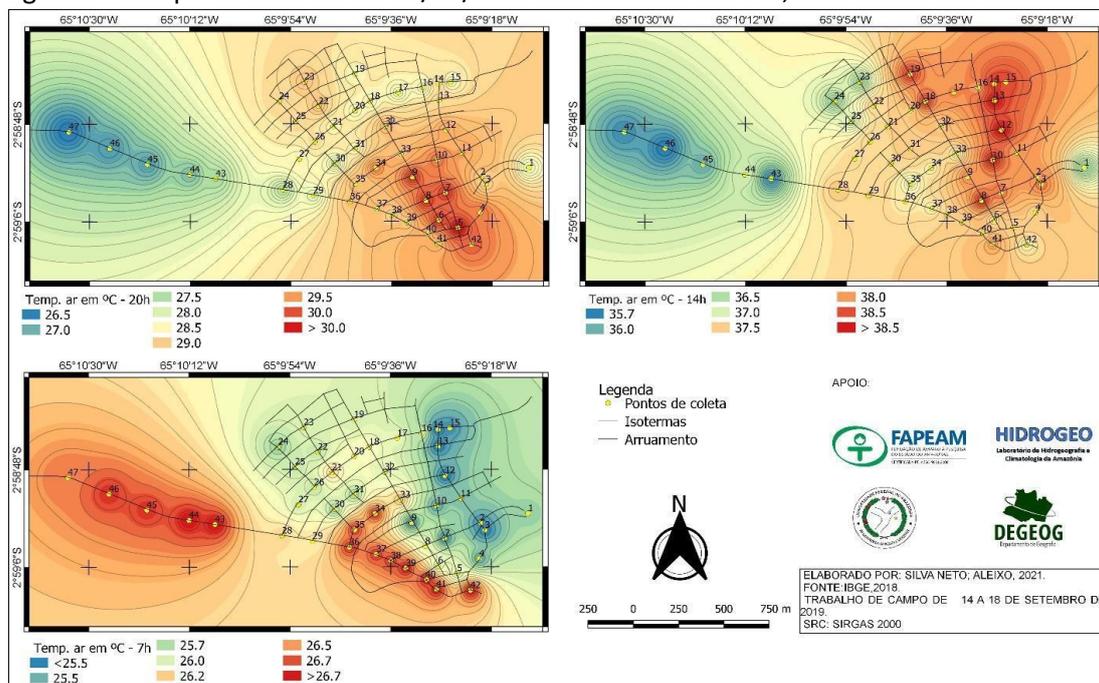
Durante o período da manhã os pontos que apresentaram menores temperaturas foram próximos ao corpo d'água na denominada orla de Uarini (próxima à ria fluvial) e de maior temperatura na área central e próximo à área de floresta com vegetação rasteira em partes desmatadas, de acordo com a figura 5.

Durante a tarde os pontos na porção Oeste da cidade, com maior vegetação arbórea próxima a floresta e com construções esparsas apresentaram as temperaturas mais baixas. As áreas com maior densidade construtiva e vegetação rasteira, com pequena densidade de vegetação arbórea apresentaram temperaturas mais elevadas. Além disso, os materiais utilizados nas construções também contribuem para o armazenamento do calor, além do fluxo de veículos automotores e queima de combustíveis fósseis, ainda que não seja intenso devido às funções urbanas da cidade.

A noite as temperaturas mais elevadas ocorreram no centro da cidade, com maior densidade construtiva e menor quantidade de vegetação arbórea e também em áreas próximas à praia fluvial. As temperaturas mais amenas ocorreram na área que denominamos de entorno urbano, com maior densidade de vegetação arbórea e rasteira em partes desmatadas.

Nas áreas a Oeste e Noroeste a temperatura do ar foi menor no horário das 14h. e 20h. demonstrando que a maior altitude nas áreas aliada a cobertura vegetal arbórea mais densa contribui com a intensidade dos ventos, umidade e se relaciona a diminuição das temperaturas do ar (Figura 5).

Figura 5 - Campo térmico no dia 16/09/2019 nos horários das 7h., 14h. e 21h. em Uarini-AM.



Fonte: Trabalho de campo, 2019. Org.: Autores, 2021.

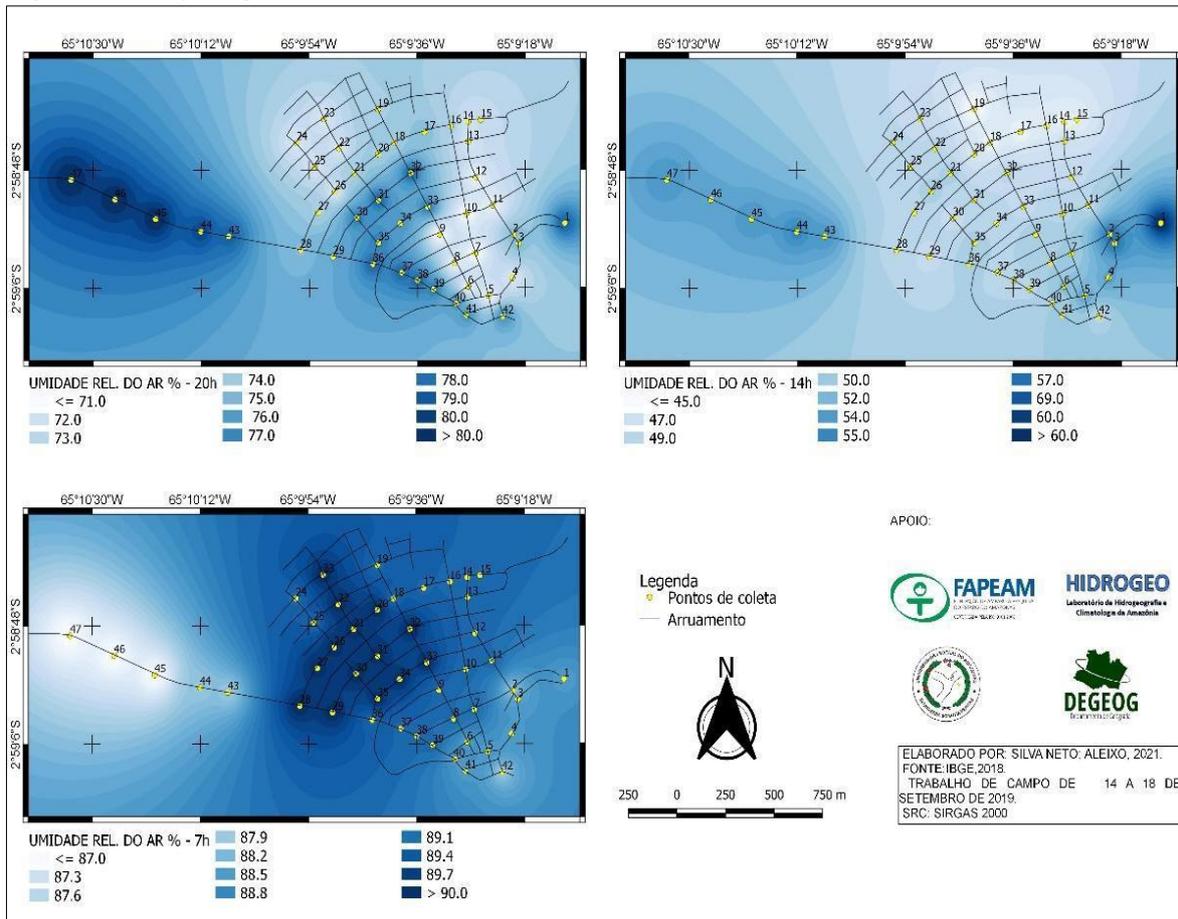
A umidade relativa do ar apresentou valores elevados no período da manhã superiores a 87% em todos os pontos analisados. Durante o período vespertino, os valores diminuíram bruscamente chegando a 40% em alguns pontos e em apenas um ponto é superior a 60%, conforme a Figura 6.

A queda da umidade relativa do ar indica condições de atenção à saúde e demonstram como nas áreas urbanas as formas-conteúdos desiguais e planejadas de forma inadequada contribuem como potencializadores do processo saúde-doença, mesmo em cidade envolta por floresta equatorial e com corpos d'água de ampla extensão e volume nas proximidades.

A impermeabilização do solo, a pavimentação das vias, a redução da vegetação arbórea, o emprego de materiais construtivos inadequados para o tipo climático (fibrocimento e alumínio) e a escassez de quintais e jardins com vegetação arbórea e arbustiva nas residências, favorecem a configuração áreas secas espacializadas no período vespertino por praticamente toda área urbana de Uarini.

No período noturno a umidade relativa do ar apresentou valores entre 71% a 80%. A distribuição espacial mostra que os pontos a Oeste com maior densidade de vegetação arbórea (floresta ombrófila densa), foram os que apresentaram valores mais elevados de umidade relativa do ar. Os menores valores umidade relativa do ar neste horário, concentrou-se especialmente nos pontos da área central (residencial e comércio) e em alguns pontos de bairros residenciais com construções mais concentradas.

Figura 6 - Campo higrométrico no dia 16/09/2019 nos horários das 7h., 14h. e 21h. em Uarini-AM.

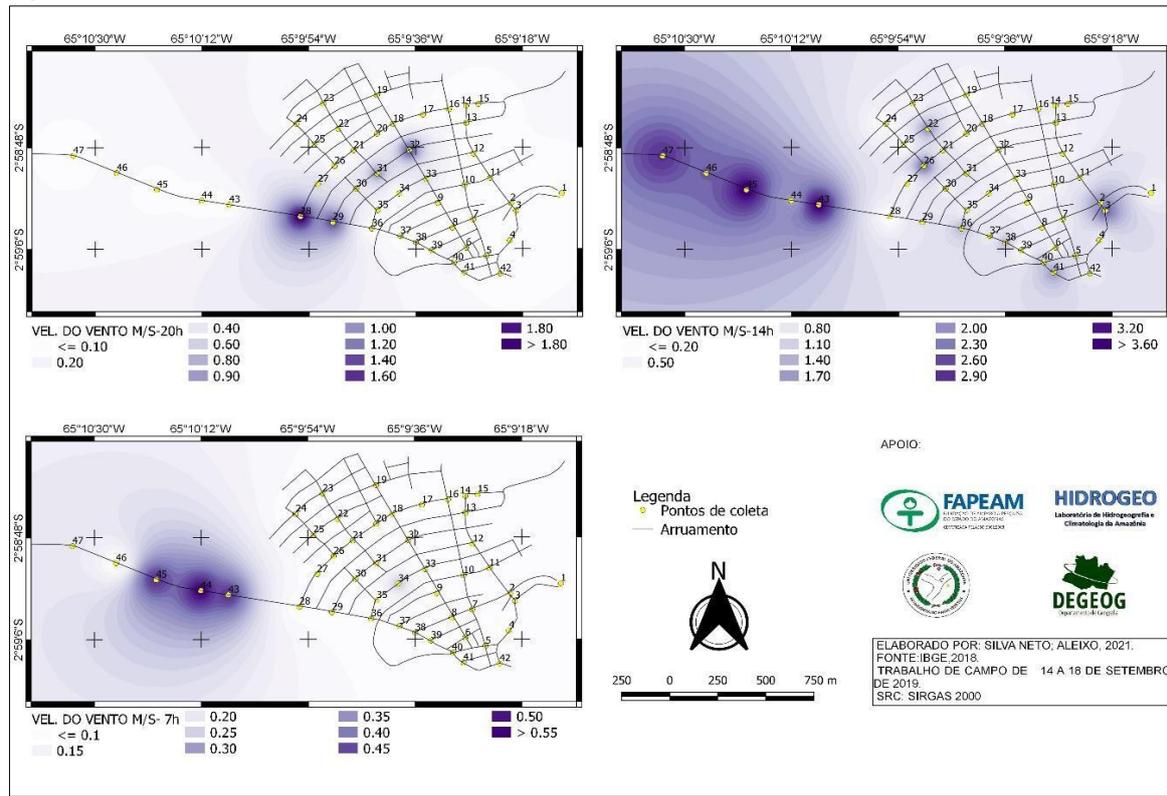


Fonte: Trabalho de campo, 2019. Org.: Autores, 2021.

Todavia, levando em consideração o período noturno, podemos associar os menores valores de umidade relativa do ar em Uarini aos pontos representativos da central, com extensa impermeabilização e pavimentação do solo, maior densidade de domicílios e menor cobertura vegetal arbórea.

As velocidades do vento em Uarini demonstraram que durante a manhã, tarde e noite é espacialmente mais intensa nos pontos 28, 29 47,46,45, 44, 43, na porção Oeste, com cobertura de vegetação arbórea mais densa e também rasteira, além de construções de baixa elevação e esparsas (Figura 7).

Figura 7 - Velocidade do vento no dia 16/09/2019 nos horários das 7h., 14h. e 21h. em Uarini-AM.



Fonte: Trabalho de campo, 2019. Org.: Autores, 2021.

No dia 16 de setembro de 2019, no horário das 7h. a velocidade do vento, não ultrapassou em nenhum dos pontos 0,55m/s, ou seja, apresentou estabilidade atmosférica.

Durante a tarde, próximo à rua fluvial de Uarini, observou-se a velocidade do vento mais intensa superior a 2,3m/s e chegou a 3,6m/s na parte Leste e Noroeste. Durante a noite, a velocidade do vento diminuiu com estabilidade sobre a área mais densamente urbanizada e aumento da intensidade na porção Oeste, chegando a 1,8m/s em alguns pontos.

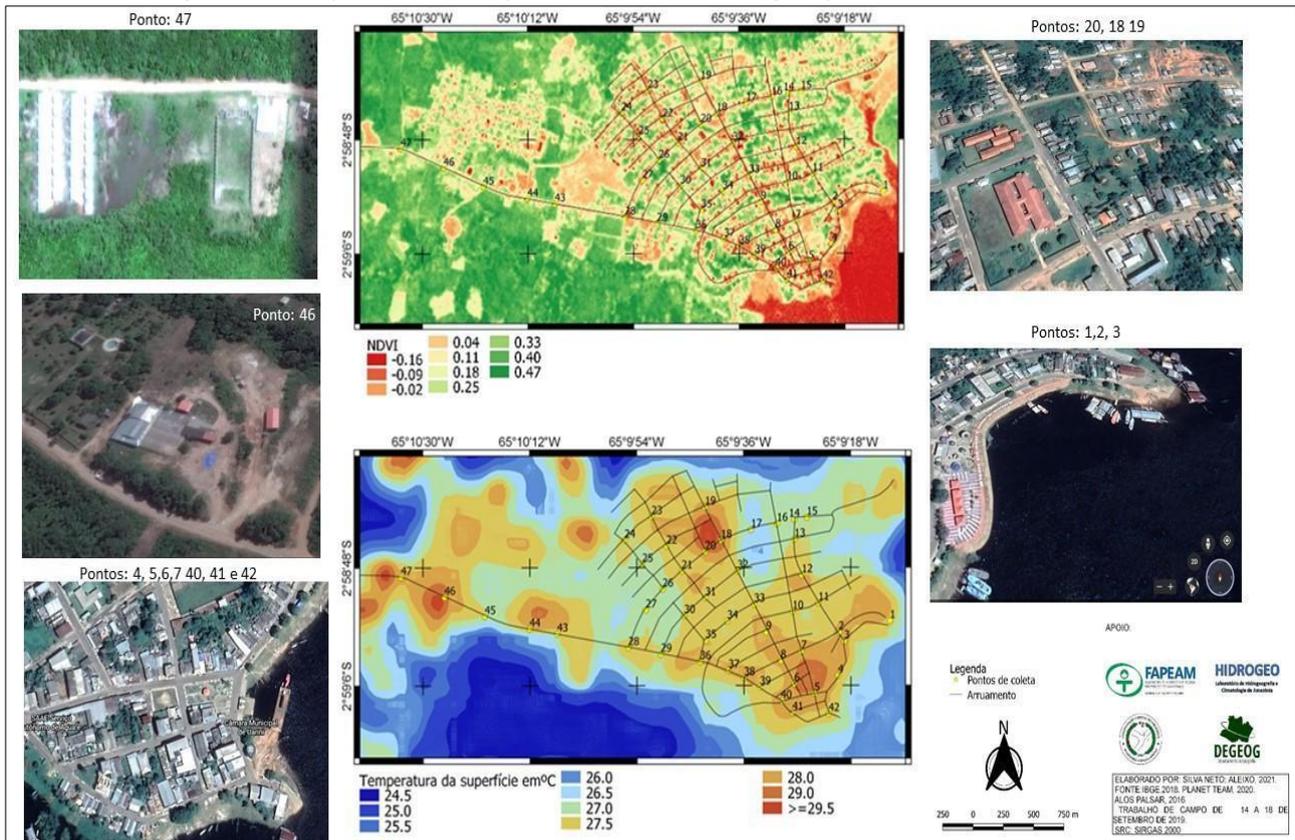
TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE E O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM UARINI - AM

A expansão da malha urbana de Uarini e as transformações da paisagem proporcionaram diferenças na cobertura vegetal e consequentemente no campo térmico e higrométrico, devido a substituição de vegetação de floresta equatorial e apropriação da natureza de maneira inadequada não levando em consideração os aspectos físicos/naturais e produzindo novas formas e processos de natureza nas cidades.

A temperatura da superfície em Uarini, caracterizando a ilha de calor de superfície, apresentou magnitude mais elevada que a atmosférica com até 5° de diferença térmica. O valor mínimo foi de 24,5°C e o máximo 29,5°C. As temperaturas da superfície mais elevadas ocorreram nas áreas com a presença de solo exposto, alta densidade construtiva e menor índice de vegetação. Ressalta-se que a passagem do satélite Landsat 8 ocorre no horário das 10h. da manhã, ou seja, a ilha de calor de superfície analisada refere-se ao período matutino.

Destacam-se as áreas referentes aos pontos 46 e 47 com presença de solo exposto, desmatamento e construções esparsas, com temperaturas da superfície entre 27°C e 29,5°C. Nos pontos 4,5,6,7, característicos da porção central e próximo a orla fluvial, as temperaturas da superfície variaram entre 28°C e 29°C e nos pontos 18, 19 e 20 entre 28°C e 29,5°C, nessas áreas observa-se alta densidade construtiva de baixa elevação e presença predominante de materiais construtivos de baixo custo (fibrocimento e alumínio) além de cobertura vegetal arbórea escassa predominantemente em quintais na porção central da cidade (Figura 8).

Figura 8 - Temperatura da superfície e Índice de Vegetação (NDVI) em Uarini-AM.



Fonte: Autores (2021).

O Índice de Vegetação se relaciona inversamente com a temperatura da superfície da cidade de Uarini, verificou-se também que a altitude varia entre 32 e 85 metros, sendo mais elevada na porção Oeste e Noroeste de Uarini, que possui ocupação urbana menos densa e maior predomínio de cobertura vegetal arbórea.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das alterações na paisagem em decorrência da urbanização e da produção do espaço na cidade, evidencia-se a formação das ilhas de calor urbanas atmosféricas e da superfície, verificando-se a configuração de bolsões de calor, confirmados por meio da utilização das geotecnologias, produtos de sensoriamento remoto e pelos transectos móveis térmicos.

A magnitude da ilha de calor urbana atmosférica em Uarini, variou de moderada a fraca e foi mais intensa especialmente no período noturno, demonstrando frequência moderada em todo o período analisado. Com isso, pode-se considerar que o fenômeno ocorreu predominantemente a

noite, porém, não é exclusivamente noturno, pois, magnitudes moderadas também ocorreram no período vespertino. A porção central da cidade e a Leste apresentaram espacialmente as maiores amplitudes térmicas durante o período noturno (20h).

A porção Oeste da cidade de Uarini, com características do entorno do urbano e rural próximo, se apresentou como ilha de frescor, suavizando os efeitos térmicos com maior intensidade dos ventos e também apresentou maior umidade relativa do ar, no período vespertino e noturno. No período matutino parte dos pontos próximos da ria fluvial, também apresentaram temperaturas mais amenas.

As condições meteorológicas com a presença de linhas de instabilidade e eventos de precipitação pluvial, foram responsáveis por amenizar e/ou neutralizar os efeitos das diferenças térmicas na cidade em distintos usos e cobertura da terra urbana e aumentar a umidade relativa do ar.

A ilha de calor de superfície apresentou diferenças térmicas de até 5°C, demonstrando os efeitos do uso da terra urbana, da funcionalidade urbana, dos materiais utilizados, da densidade construtiva e da pouca vegetação arbórea no aumento das temperaturas superficiais.

Portanto, por tratar-se de uma cidade de pequeno porte em tipo climático equatorial, a presença das ilhas de calor atmosféricas e superficiais devem ser levadas em consideração no planejamento urbano, visando a produção e reprodução do espaço urbano com vistas a qualidade ambiental e de vida dos cidadãos, uma vez que interferem direta e indiretamente no conforto térmico e na saúde e bem-estar da população.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo financiamento do Projeto de Pesquisa: *Uso do Solo e Alterações Climáticas em cidades da região do Médio Solimões-Amazonas-Brasil* no edital PPP/FAPEAM, 2018. À PROPESP Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação – PROPESP, da Universidade Federal do Amazonas UFAM. À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, N. C. R. e J. C. A. SILVA NETO. O campo térmico em área urbana na Amazônia brasileira: análise episódica na cidade de Tefé-AM. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, 1-22, 2019.
- ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Os estudos do clima urbano nas cidades amazônicas. *In*: MOURA, M. O.; LUCENA, D. B.; CHRISTIANNE, C. C.; MOURA, M. S.; (Org.). **Climatologia geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais**. João Pessoa: Editora UFPB, 2020, v. 1, p. 23-42.
- ALVES, E. D. F. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte: e a influência de variáveis geourbanas. **Revista brasileira de climatologia**, ano 13, vol. 20, p. 97-116, jan/jul. 2017.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, no 15–Edição Especial –XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, p. 22-46. Jun, 2019.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Revista Confins**, n46, 2020, p.1-15.
- 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**. 9, p. 10–16, 2018.
- 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. **Confins** [Online], 7, p. 1-16, 31 out. 2009.
- FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões sobre um conceito. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 1, n. 2, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012.
- FIALHO, E. S.; CELESTINO JUNIOR, E.; QUINA, R.D. O campo térmico em situação episódica de primavera em uma cidade de pequeno porte, na zona da mata mineira: Um estudo de caso em Cajuri-MG. **Revista Geografia**, Recife, v. 13, n. 4, p. 300-318, 2016.
- FIALHO, E. S.; FERNANDEZ, L. A.; CORREA, W.S.C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista brasileira de climatologia**, Ano 15 – Edição Especial – XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica – Jun, 2019.
- GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo-2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso: 7 de fevereiro de 2021.

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

LOPES, J. S. G.; ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Amplitude térmica e magnitude das ilhas de calor em Tefé-AM, Brasil. **Boletim de Geografia** (online), v. 37, p. 251, 2019.

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

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS DE CIDADES NA AMAZÔNIA BRASILEIRA (NEPECAB). **Classificação e Tipologia Urbana** – cidades da calha Solimões-Amazonas, UFAM, 2011.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen, 1978, 372p.

OKE, T. R., MAXWELL, G.B. Urban heat island dynamics en Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, v.9, p.191-200, 1975.

PORANGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. C.T. Análise de ilhas de calor diagnosticas por meio de transectos móveis em Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã (SP). **Confins**, 33, 2017.

SCHOR, T.; OLIVEIRA, J. A. Reflexões metodológicas sobre o estudo da rede urbana no Amazonas e perspectivas para a análise das cidades na Amazônia brasileira. **Acta Geográfica**, Edição Especial: Cidades na Amazônia Brasileira, p. 15-30, 2011.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 1, p. 239-256, 2017.

TEIXEIRA, F. C. D.; AMORIM, M. C. C. T. O estudo da ilha de calor em cidade de pequeno porte: algumas contribuições. **Sociedade & Natureza**, vol. 30, núm. 2, p. 186-209, mai./ago. 2018.