


Artigo de Pesquisa**USO DO GOOGLE EARTH ENGINE PARA DETERMINAÇÃO DE ILHAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE VILHENA/RO****Use of google earth engine to determine heat islands in the municipality of Vilhena / RO**

Robson Campos Schulz ¹, Laise Santos Azevedo², Ricardo José de Paula Souza e Guimarães³

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Especialização Lato Sensu em Geoprocessamento Ambiental, Colorado do Oeste/Rondônia, Brasil. schulz_robson@hotmail.com.

 <https://orcid.org/0000-0002-2934-6529>

² Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia e Parasitologia Aplicadas, Niterói - RJ, Brasil. laisester@gmail.com.

 <https://orcid.org/0000-0003-0739-9870>

³ Instituto Evandro Chagas, Seção de Epidemiologia, Laboratório de Geoprocessamento, Ananindeua-PA, Brasil.

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia e Parasitologia Aplicadas, Niterói - RJ, Brasil. ricardojpsg@gmail.com.

 <https://orcid.org/0000-0002-5767-4765>

Recebido em 23/05/2022 e aceito em 16/06/2023

RESUMO: As mudanças climáticas globais são uma das grandes preocupações da atualidade e em se tratando de áreas urbanas, o aumento de temperatura é o fenômeno mais percebido. Este estudo teve como objetivo identificar a presença de ilhas de calor nos bairros de Vilhena/RO utilizando dados de sensoriamento remoto obtidos do produto do sensor MODIS/MOD11A2 (Temperatura do Dia e Noite), com 1 km de resolução espacial, utilizando o Google Earth Engine (GEE). Ao definir as zonas climáticas entre zonas urbanas e zona rural (áreas com maior remanescente de vegetação nativa) os resultados demonstraram que houve variação da intensidade das temperaturas diurnas nas diferentes zonas de calor, observando a conservação de valores mais elevados na área urbana (urbana = 33,83°C e rural = 28,03°C). Na análise da variação de temperatura entre os bairros localizados na zona urbana observou-se que os bairros com maior média de temperatura apresentam como característica maior ocupação residencial e comercial. Desta forma foi possível confirmar os efeitos das construções urbanas na temperatura da superfície, o que demonstra a necessidade de intervenção de mitigação nas áreas que estão sofrendo com a presença desse fenômeno, por meio de medidas como a promoção da ventilação urbana, melhor planejamento da distribuição das construções urbanas bem como utilização de materiais de recobrimento frios, arborização, ampliação e preservação de parques e áreas verdes e conservação de corpos d'água.

Palavras-chave: Ilha de Calor Urbana; Temperatura da Superfície Terrestre; Clima Urbano; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT: The global climate changes are currently one of the greatest concerns and, considering urban areas, the increase of the temperature is a noticed phenomenon. This study had as aim to identify the presence of heat islands in the neighborhoods of Vilhena/RO, using remote sensing data obtained

REVISTA GEONORTE, V.14, N.44, p.203-215, 2023.

(ISSN 2237 - 1419)

 [10.21170/geonorte.2023.V.14.N.44.203.215](https://doi.org/10.21170/geonorte.2023.V.14.N.44.203.215)

from the MODIS/MOD11A2 sensor (Day and Night Temperature), with 1km of spatial resolution, using Google Earth Engine (GEE). When defining the climate zones between the urban and rural zone (areas with largest remnant of native vegetation), the results showed that there was variation of the intensity of the daytime temperature in the different heat zones, observing the conservation of higher values in the urban area (urban = 33.83°C and rural = 28.03°C). In the analysis of the temperature variation among the neighborhoods located in the urban zone, it was observed that the neighborhoods with highest average of temperature had as characteristic higher residential and commercial occupation. Thus, it was possible to confirm the effects of the urban constructions in the surface temperature, which demonstrates the need of intervention of mitigation in the areas that are suffering with the presence of this phenomenon, through measures such as the promotion of urban ventilation, better planning of the distribution of urban constructions, as well as the use of cold covering materials, afforestation, expansion and preservation of parks and green areas and the conservation of waterbody.

Keywords: Urban Heat Island; Land Surface Temperature; Urban Climate; Remote Sensing.

RESUMEN: El cambio climático global es una gran preocupación en la actualidad y cuando se trata de áreas urbanas, el aumento de la temperatura es el fenómeno más notado. Este estudio tuvo como objetivo identificar la presencia de islas de calor en los barrios de Vilhena/RO utilizando datos de teledetección obtenidos del producto sensor MODIS/MOD11A2 (Temperatura Diurna y Nocturna), con 1 km de resolución espacial, utilizando Google Earth Engine (GEE). Al definir las zonas climáticas entre zona urbana y rural (áreas con mayor remanente de vegetación nativa) los resultados mostraron que hubo variación en la intensidad de las temperaturas diurnas en las diferentes zonas de calor, observándose la conservación de valores más altos en la zona urbana (urbana = 33,83°C y rural = 28,03°C). En el análisis de la variación de temperatura entre los barrios ubicados en el casco urbano, se observó que los barrios con mayor temperatura media presentan como característica mayor ocupación residencial y comercial. De esta forma, fue posible constatar los efectos de las construcciones urbanas sobre la temperatura superficial, lo que demuestra la necesidad de una intervención de mitigación en las zonas que están sufriendo la presencia de este fenómeno, a través de medidas como la promoción de la ventilación urbana, una mejor planificación de la distribución de construcciones urbanas así como el uso de materiales de cobertura en frío, forestación, ampliación y preservación de parques y áreas verdes y conservación de cuerpos de agua.

Palavras-chave: Isla de Calor Urbano; Temperatura de la Superficie Terrestre; Clima Urbano; Detección Remota.

INTRODUÇÃO

Nos últimos dois séculos observou-se uma intensa expansão demográfica, resultado do aceleramento do crescimento econômico e do desenvolvimento de novas tecnologias, o que também proporcionou intensificação do processo de urbanização (NASCIMENTO JÚNIOR, 2019). Tais fatores ocasionam um conjunto de impactos ambientais relacionados à ocupação e transformação do meio natural, entre esses impactos o clima urbano que resulta da ação do homem, principalmente, na superfície (LOMBARDO *et al.*, 2022; RUBIRA, 2016).

De acordo com Hogan *et al.* (2001) o desenvolvimento desordenado dos grandes centros urbanos está relacionado a alguns dos principais impactos nas áreas ambientais encarados pela humanidade. Logo, se por um lado as cidades brasileiras mais desenvolvidas são mais atrativas economicamente, por outro, não dispõem de um modelo de expansão sustentável (MACHADO *et al.*, 2012).

Cidades com elevado grau de urbanização apresentam o que conhecemos popularmente como Ilhas de Calor (IC). Esta denominação trata das diferenças térmicas entre a zona urbana e sua vizinhança rural, com tendência a incremento térmico na área urbana. Podem ocorrer em diferentes escalas, mesmo em locais no mesmo município, variando temporalmente e sazonalmente (COLTRI *et al.*, 2007).

Gartland (2011) elenca cinco características comuns às ilhas de calor, sendo elas: 1) as ilhas de calor são mais quentes em relação às zonas rurais não urbanizadas; 2) o aquecimento das superfícies urbanas que absorvem mais calor em comparação à vegetação natural está diretamente relacionado à elevação da temperatura do ar; 3) em dias mais claros o contraste da temperatura do ar e na superfície é acentuado; 4) regiões mais desenvolvidas e com menos vegetação propende a ser mais quentes, e quanto maior a expansão das áreas urbanas, maior a intensificação das ilhas de calor; 5) inversão térmica.

Segundo Magalhães Filho e Abreu (2010) às ilhas de calor podem decorrer de diversos fatores sendo estes: o uso do solo (no espaço urbano), ausência de áreas verdes, a verticalização, a contaminação ou poluição do ar, a baixa umidade relativa, devido à baixa evaporação a partir do solo e a geração de calor pelas atividades em área urbana. Além dos reflexos ambientais, os efeitos das ilhas de calor causam impactos para a saúde pública, pois a elevação de temperatura, principalmente, nas épocas mais quentes, agrava a sensação de desconforto e aumento da fadiga, pode favorecer a incidência de doenças respiratórias, desidratação e propagação de mosquitos vetores de doenças; e para a economia, ao passo que o consumo excessivo de energia conseqüentemente eleva os custos e gastos com energia elétrica (GARTLAND, 2011).

Visto que os vários fatores que podem influenciar no fenômeno das ilhas de calor e também seus impactos negativos, observa-se a necessidade de empregar métodos de análise para identificar a contribuição desses fatores para a formação das ilhas de calor nas diferentes áreas urbanas, o que pode contribuir para a proposição de medidas de mitigação (COSTA *et al.*, 2010).

Cabe destacar que além do monitoramento das ilhas de calor é de suma importância a adoção de estratégias de mitigação, sendo que as mais citadas são a ventilação urbana e a utilização de materiais de revestimento de coberturas frias (WERNECK, 2018). As medidas mitigadoras podem contribuir com a redução de temperaturas, economia de energia, melhoria da qualidade do ar, melhores condições de saúde e qualidade de vida para a população, redução de enchentes e manutenção e redução de resíduos (GARTLAND, 2011).

Outras medidas mitigadoras que podem ser citadas são a criação/conservação de parques e áreas verdes; arborização; incentivo da adoção de telhados verdes; preservação de rios córregos e lagos, pois os corpos d'água contribuem para o resfriamento; design e forma urbana uma vez que a distribuição das construções urbanas pode influenciar na absorção de radiação solar e formação de correntes de ar, e conseqüentemente na formação de ilhas de calor (SIQUEIRA-GAY *et al.*, 2017).

Nesse contexto as geotecnologias têm sido utilizadas para realização de análises socioambientais em espaços urbanos (SANTOS *et al.*, 2018), com o objetivo de gerar informações capazes de auxiliar no processo de planejamento da urbanização, diminuindo os impactos negativos e proporcionando melhores condições de vida para a população (LEITE e ROSA, 2006).

No caso das ilhas de calor, tais dados podem ser obtidos por meio do sensoriamento remoto, que é utilizado para fornecer informações das mudanças no espaço e no tempo da: expansão urbana, cobertura do solo, superfícies impermeáveis, temperatura da superfície, degradação ambiental, etc. (SULTANA e SATYANARAYANA, 2020).

O objetivo deste estudo foi identificar a presença de ilhas de calor nos bairros de Vilhena/RO, que foi elevado à categoria de município pela Lei Federal nº 6.448, de 11 de outubro de 1977, pode ser considerado um município jovem com 43 anos de história, mas que se encontra em plena expansão, atraindo cada vez mais investimentos e pessoas. É o quarto município mais populoso do estado de Rondônia e está entre os que mais crescem. Sendo que entre os anos de 2000 e 2019 houve aumento de 86,3% da população (NUNES e FERREIRA, 2020).

Como já mencionado anteriormente, o crescimento e desenvolvimento desordenados podem ocasionar impactos negativos na área ambiental, logo essa pesquisa pode contribuir para o desenvolvimento da gestão municipal através de dados científicos subsidiando o planejamento da intensa urbanização que vem ocorrendo, de forma a minimizar os impactos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa descritiva, de abordagem quantitativa, desenvolvida na cidade de Vilhena, localizada no cone sul do estado de Rondônia (Figura 1A). O município possui extensão territorial de 11.699,150 km², a população estimada em 2020 é de 102.211 habitantes, a densidade demográfica (2010) é de 6,62 hab/km², o Índice de Desenvolvimento Humano (2010) é de 0,731. Apresenta características dos biomas Amazônico e Cerrado e possui atualmente 30,6% de arborização e 15,6% de urbanização em vias públicas (IBGE, 2020). Segundo a classificação climática de Köppen, que utiliza critérios geográficos e climatológicos (ALVARES *et al.*, 2014), Vilhena apresenta o clima tropical com verão chuvoso e inverno seco do tipo Aw. Esse clima (Aw) é caracterizado por períodos chuvosos anual entre os meses outubro a abril, com período de estiagem entre junho e agosto (PEREIRA *et al.*, 2019).

Para fins de análise e comparação dos dados foram considerados como pontos de área urbana os 93 bairros do município, e como pontos de área rural, os remanescentes de vegetação nativa nas terras indígenas Parque do Aripuanã (A), Pirineus de Souza (B) e Tubarão Latundê (C) que se localizam no entorno de Vilhena (Figura 1B).

Os 93 bairros de Vilhena são (Figura 1C): São José (1), Centro (2), 5º BEC (3), Parque Industrial Tancredo Neves (4), Vila Operária (5), Jardim Eldorado (6), Jardim América (7), Parque Industrial São Paulo (8), Bodanese (9), Marcos Freire (10), Alto Alegre (11), Nova Esperança (12), UNIR (13), ST-11 (14), ST-12 (15), ST-13 (16), Santo Antônio (17), Cristo Rei (18), Jardim Primavera (19), Bela Vista (20), Residencial Morιά (21), Jardim das Oliveiras (22), Jardim Vilhena (23), ST-22 (24), ST-23 (25), Nova Jerusalém (26), ST-26 (27), ST-27 (28), São Jerônimo (29), ST-29 (30), ST-30 (31), ST-31 (32), ST-32 (33), Jardim Social (34), ST-34 (35), Parque Industrial Novo Tempo (36), ST-36 (37), BNH (38), Jardim Aripuanã (39), Residencial Alto dos Parecis (40), Residencial Barão do Melgaço I (41), Macrodrenagem (42), Residencial Solar de Vilhena (43), Condomínio Imperial Park (44), ST-45 (45), ST-46 (46), Parque Cidade Jardim II (47), Parque Cidade Jardim I (48), Residencial Florença (49), Loteamento Jardim Acácia (50), ST-56 (51), ST-57 (52), ST-68 (53), Cidade Nova (54), Loteamento Jardim Universitário (55), Jardim Novo Horizonte (56), Residencial Açai (57), Residencial Bandeirantes (58), Residencial Alphaville II (59), Residencial Alphaville I (60), Residencial Alvorada (61), Residencial Orleans (62), ST-81 (63), Residencial Barão do Melgaço II (64), Residencial Hípica (65), Residencial Iquê (66), Loteamento Jardim Vitória (67), ASSOSETE (68), ST-88 (69), Residencial Ipê (70), ST-94 (71), ST-97 (72), Residencial Santos Dumont II (73), Residencial Maria Moura (74), Residencial Moysés de Freitas (75), Residencial Barão do Melgaço III (76), ST-104 (77), Residencial União (78), AVEC (79), BR – 364 (80), Kartódromo (81), Condomínio Boulevard Premium (82), Loteamento Residencial Cidade Verde III (83), Condomínio Verde Vale (84), IFRO (85), Loteamento Jardim Green Ville (86), Parque de Exposições (87), Parque Ecológico Municipal (88), Loteamento Residencial Cidade Verde (89), Loteamento Residencial Cidade Verde II (90), ST-Rover (91), Loteamento Residencial Vila Real (92), SESI (93).

Os limites federais, estaduais e municipais foram obtidos por meio de informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os limites de bairros pela Prefeitura Municipal de Vilhena (PMV) por meio da Secretaria Municipal de Terras (SEMTER).

Os dados de Temperatura da Superfície da Terra (LST) foram obtidos do produto do sensor MODIS/MOD11A2 (Temperatura do Dia e Noite), utilizando o Google Earth Engine (GEE). Os dados de LST diários são armazenados em uma grade de resolução espacial de 1 km com os valores médios das LSTs de céu claro durante um período de 8 dias. O GEE é uma plataforma baseada na nuvem de dados que são pré-processados e georreferenciados. Essa plataforma reúne mais de quatro décadas de imagens de sensoriamento remoto (PIRES e VELOSO, 2019; SANTOS *et al.*, 2019). Uma imagem da área de estudo com a temperatura do dia e outra imagem com a temperatura da noite foram obtidas através da média dos valores de todas as temperaturas nas imagens existentes no período de 2010 a 2019, pixel por pixel. A intensidade média da ilha de calor urbana de superfície foi a diferença entre a temperatura da área urbana e da área rural (OKE, 1973).

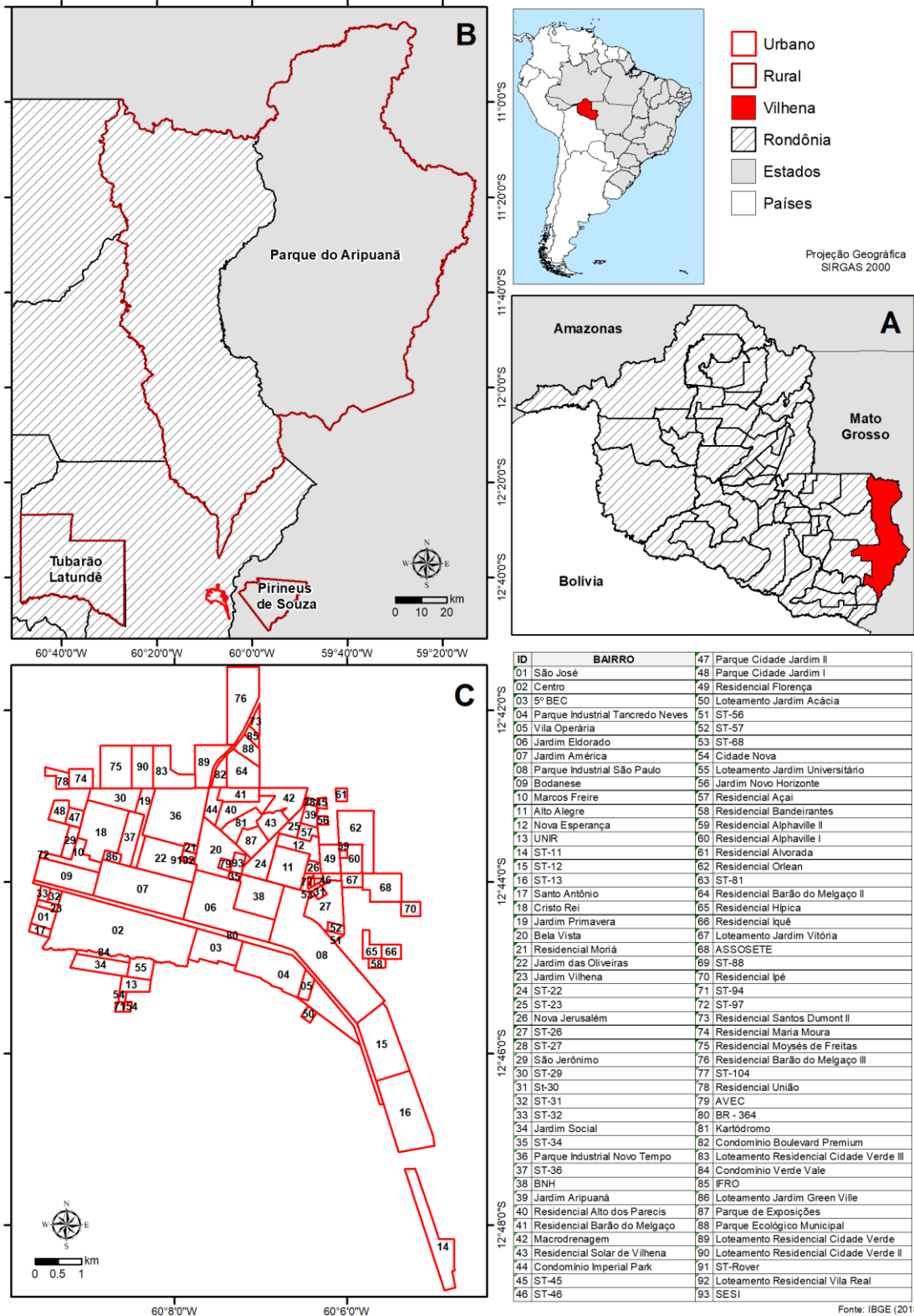


Figura 1. Mapa de localização: (A) Rondônia, com destaque para o município de Vilhena; (B) área rural; (C) área urbana. **Fonte:** Criado pelo autor.

Também foi verificada possível significância estatística entre as temperaturas apresentadas durante o dia e durante a noite entre a zona urbana e a zona rural, para tanto aplicou-se teste T ao nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação das geotecnologias na identificação de IC na cidade de Vilhena-RO se mostrou rápida e eficiente, principalmente com o emprego do uso dos dados do GEE, que apresenta maior rapidez nas análises, sobretudo, pelo fato de que não haver necessidade de realizar download de todas as imagens do período de estudo para conseguir realizar o processamento dos dados.

Ao definir as zonas climáticas entre zonas urbanas e áreas com remanescente de vegetação nativa (zona rural) foi possível estimar os efeitos das construções urbanas na temperatura da superfície. Dessa forma, o aumento da temperatura foi avaliado considerando a média das temperaturas de dia e de noite em um período de 10 anos, baseado nas diferenças das Zonas de Calor (ZCL's) urbanas frente à rural.

O script utilizado nessa pesquisa pode ser acessado no seguinte link: <<https://code.earthengine.google.com/fb32033d05bf73a82372ab6be27811e4>> que foi construído para a obtenção dos dados de temperatura no município de Vilhena/RO. Os valores das temperaturas médias (dia e noite) nos 93 bairros de Vilhena e nas três áreas indígenas do período de 2010 a 2019 são apresentadas na Figura 2, e as imagens com das temperaturas médias (dia e noite) do período estudado na área de estudo são apresentadas nas Figuras 3A e 3B, respectivamente.

A Figura 3A apresenta a variação das temperaturas diurnas nas diferentes ZCLs, a intensidade média da ilha de calor urbana foi de 5,81. Observando a conservação de valores mais elevados na área urbana, com valor médio de 33,83°C e alguns locais chegam a ultrapassar 35°C, sendo que na área rural essa temperatura está em torno de 28,03°C, com significância estatística $p = 0,001$. Corroborando com as características supracitadas, um estudo realizado por Bias *et al.* (2003) em Sobradinho no Distrito Federal, os pesquisadores afirmam que a temperatura nas áreas centrais das regiões urbanas é mais elevada quando comparadas às áreas do entorno, e que isso pode ocorrer em decorrência do tipo de uso de solo e potencial específico de armazenamento de calor e permeabilização do solo que varia conforme a superfície e tipo de material (GARTLAND, 2011). Esse fato, também, pode estar associado com a baixa densidade de vegetação em áreas urbanas (TEJAS *et al.*, 2017).

Embora alguns estudos demonstrem uma acentuação na diferença de temperatura entre a região urbana central e as áreas periféricas durante a noite (BIAS *et al.*, 2003; SAYDELLES, 2005), nesse estudo observa-se que não existe uma diferença significativa ($p = 0,315$) entre as temperaturas noturnas da área urbana (20,34°C) com a rural (20,14°C), a temperatura média foi 20,33°C e intensidade média da ilha de calor urbana de 0,20 (Figura 3B). Resultado semelhante foi encontrado em estudo realizado em Belém do Pará, onde os pesquisadores analisaram a temperatura

durante o dia e noite no período de 2012 a 2016 e, também, encontraram uma diferença pequena na média da temperatura noturna da zona urbana em comparativo à zona rural (SANTOS *et al.*, 2019).

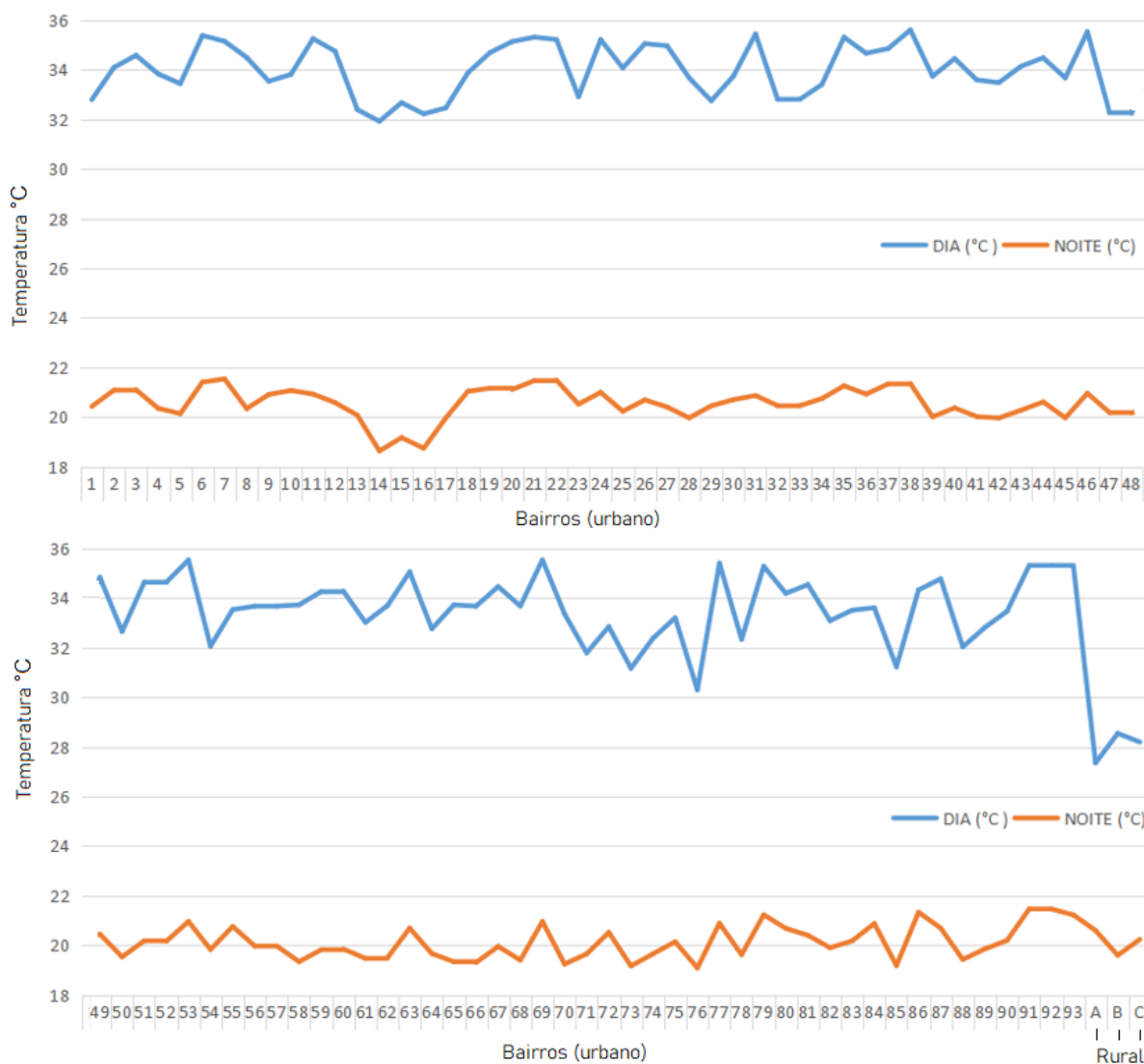


Figura 2. Temperatura média do dia (azul) e noite (vermelho) para cada bairro de Vilhena e nas áreas indígenas entre os anos de 2010 a 2019. **Fonte:** Criado pelo autor.

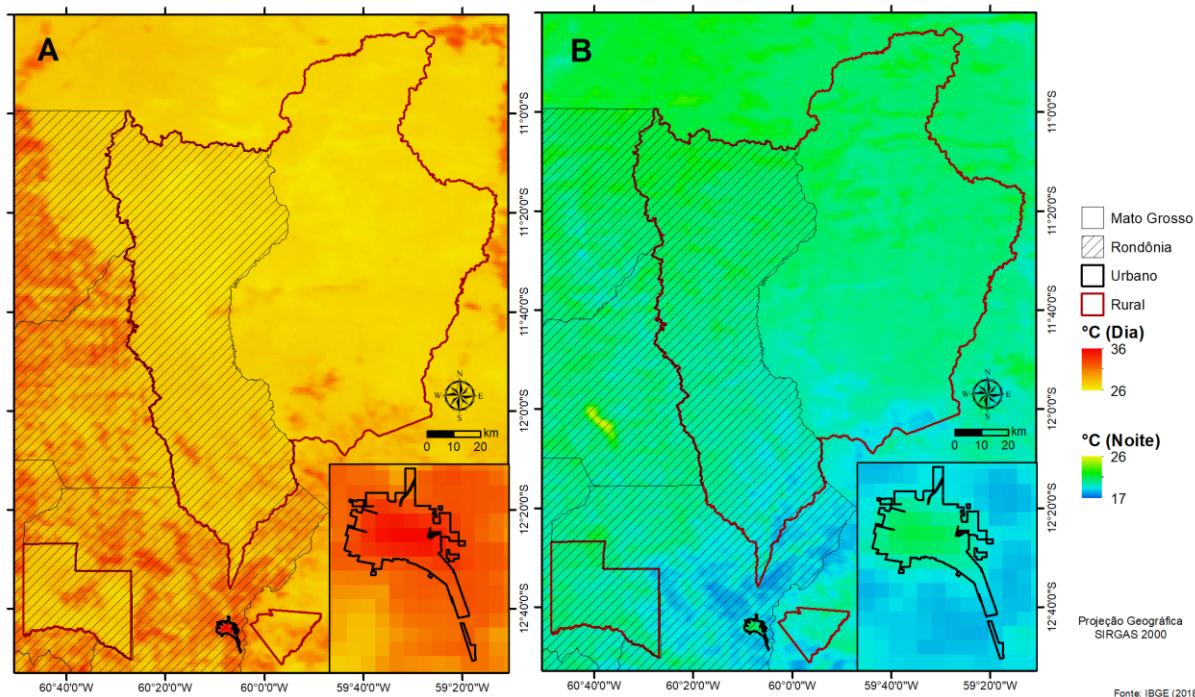


Figura 3. Imagens MODIS/MOD11A2 da temperatura média do período de 2010 a 2019 do dia (A) e noite (B). **Fonte:** Criado pelo autor.

As temperaturas foram mais elevadas durante o dia, tanto na área urbana quanto nas áreas com remanescente de vegetação nativa, sendo que a diferença média de temperatura entre o dia e a noite foi de 13,49°C para a área urbana, e nas áreas de remanescente de vegetação nativa foi de 7,88°C. Tais características também foram observadas por Lopes e Jardim (2012), que ao comparar pontos situados na área rural e na área urbana nos municípios de Contagem e Betim em Minas Gerais, constataram que em ambas as áreas a temperatura diminuiu após as 18:00 horas e continua decrescendo durante a noite até o início da manhã, quando após o nascer do sol volta a se elevar. Para os autores esse processo ocorre devido a dissipação da temperatura armazenada durante o dia, o que ocasiona balanço negativo de radiação.

Nas áreas compostas por florestas apresentaram entre 27 e 28°C e, na área urbana apresentaram temperatura de 30°C ou maior, atingindo 35°C na região mais central da ocupação urbana. Tal característica pode estar ligada à concentração de construções, sendo que em bairros densamente construídos as temperaturas tendem a ser mais elevadas (AMORIM, 2005). Tal fato é ratificado em dois estudos realizados no município de Ilha Solteira/SP, em que as ilhas de calor na zona urbana foram identificadas em áreas residenciais com adensamento de casas e em áreas comerciais, onde conseqüentemente, existia excesso de material de construção civil (ROMERO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2015).

O município de Vilhena não apresenta altos índices industriais quando comparado com cidades da região Sul e Sudeste do Brasil. Boa parte das construções do município são constituídas basicamente por empreendimentos ligados à logística ou

de transformação de produtos agropecuários. O bairro denominado Centro (02), marco originário da ocupação antrópica da cidade de Vilhena apresentou temperatura média de 34,09°C (dia) e 21,08°C (noite) e intensidade média da ilha de calor de 6,07 (dia) e 0,94 (noite). A característica principal do Centro é o revestimento asfáltico, porém alguns bairros localizados nas áreas industriais apresentam pouca presença de revestimento, representados pelos bairros: Parque Industrial Novo Tempo (34,6 e 20,9°C), Parque Industrial São Paulo (34,5 e 20,3°C), Parque Industrial Tancredo Neves (33,8 e 20,3°C), Setor 12 (32,7 e 19,2°C) e Setor 13 (32,2 e 18,7°C).

CONCLUSÃO

Conforme demonstrado neste estudo, as ilhas de calor diagnosticadas na área urbana de Vilhena-RO, apresentam temperaturas mais elevadas durante o período do dia (13,49°C) do que em áreas com remanescente de vegetação nativa circundante (7,88°C).

Foi possível identificar a influência da densidade da construção civil nos bairros que apresentaram temperaturas mais elevadas. Assim como, em algumas áreas rurais que apresentam características semelhantes a malha urbana e o que provavelmente ocasionou as alterações de temperatura mesmo que em menor escala (ilhas de calor de baixa intensidade).

É importante mencionar que essas análises foram realizadas em condições de tempo e clima meteorológico estável para a região e por este motivo, é importante chamar atenção para a necessidade de realização de pesquisas em escala de detalhes para que se possa identificar possíveis alterações de aspectos ambientais não identificados neste estudo.

Assim, o diagnóstico das IC utilizando o GEE mostrou ser uma ferramenta fundamental de auxílio para a gestão do ambiente urbano, demonstrando a necessidade de intervenção de mitigação nas áreas que estão sofrendo com a presença desse fenômeno no município.

AGRADECIMENTO

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) pela oportunidade de realizar a Especialização Lato Sensu em Geoprocessamento Ambiental no campus de Colorado do Oeste/Rondônia, a qual resultou esse artigo.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**

Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 121-130, 2005. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25234>

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M.; LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados LANDSAT E IKONOS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte/MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte: INPE, 2003, p. 1741-1748. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14_005.pdf Acesso em: 30 nov. 2020.

COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; DEMETRIO, V. A.; FERREIRA, N. J. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis/SC. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 5151-5157. Disponível em: <http://urlib.net/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.22.00> Acesso em: 10 out. 2020.

COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500019>

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor com áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, 256 p.

HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. P.; CARMO, R. L.; OLIVEIRA, A. A. B. Urbanização e vulnerabilidade socioambiental: o caso da Campinas. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 12., 2000, Caxambu/MG. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Rebec, 2000, p. 1-25. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/994> Acesso em: 30 out. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br> Acesso em: 01 nov. 2020.

LEITE, M. E.; ROSA, R. Geografia e Geotecnologias no estudo urbano. **Caminhos de geografia**, v. 17, n. 17, p. 180-186, 2006. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15396> Acesso em: 30 nov. 2020.

LOMBARDO, M. A.; FRUEHAUF, A. M.; PELLEGRINO, P. R. M. Clima urbano nas metrópoles e seus impactos ambientais. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 434-448, 2022. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n1-029>

LOPES, L. C. S.; JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **Acta Geográfica**, ed. Esp., p. 205-221, 2012. <http://dx.doi.org/10.5654/actageo2012.0002.0013>

MACHADO, L. A.; CARMO, A. M. R.; JARDIM, C. H. Tendências e variações na temperatura e precipitação em Montes Claros e Sete Lagoas-MG. **Revista Geonorte**, v.3, n.9, p. 613-625, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2520> Acesso em: 15 set. 2020.

MAGALHÃES FILHO, L. C. A.; ABREU, J. F. Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração: Belo Horizonte, uma análise exploratória. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 1, p. 1-24, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50016930001> Acesso em: 10 out. 2020.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. O clima urbano como risco climático. **Geo UERJ**, n. 34, p. 2-34, 2019. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2019.40956>

NUNES N. G.; FERREIRA, E. Análise da concentração demográfica na cidade de Vilhena-RO por meio da política de polarização regional. **Ciência Geográfica**, v. 24, n. 2, p. 762-773, 2020. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIV_2/agb_xxiv_2_web/agb_xiv_2-19.pdf Acesso em: 03 abr. 2021.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 7, n. 8, p. 769–779, 1973. Disponível em: <https://www.patarnott.com/pdf/Oke1979CitySizeAndHeatIsland.pdf> Acesso em: 17 jan. 2023.

PEREIRA, R. G. A.; SANTOS, F. A.; AZEVEDO, E. S. Situação atual da piscicultura em cativeiro no estado de Rondônia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca – XXI CONBEP, 2019, Manaus/AM. **Anais [...]**. Natal: FAEP-BR, 2019. Disponível em: <http://servicos.conbep.com.br/artigo/362> Acesso em: 03 abr. 2021.

PIRES, E. G.; VELOSO, G. A. Variação da Temperatura de superfície diurna e noturna no município de Palmas – TO. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19., 2019, Santos/SP. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2019, p. 1449-1452. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/variacao-da-temperatura-de-superficie-diurna-e-noturna-no-municipio-de-palmas---to> Acesso em: 30 out. 2020.

ROMERO, C. W. S.; SILVA, H. R.; MARQUES, A. P.; MACEDO, F. L.; FARIA, G. A.; ALVES, M. C. Relação entre as ilhas de calor e uso e ocupação do solo em centros urbanos de pequeno porte utilizando o sensoriamento remoto. **Geociências**, v. 39, n. 1, p. 253-268, 2020. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/13650> Acesso em: 01 ago. 2020.

RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espacos livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016. <http://dx.doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p134>

SANTOS, K.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; SILVA, B. C. S.; PONTES, A. N.; MORALES, G. P. Uso de geotecnologias para identificação de ilhas de calor no município de

Belém (PA). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 8, p. 178-186, 2019. <http://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.008.0016>

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS**. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 219 p. 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/9294/ALEXANDRE1.pdf> Acesso em: 01 ago. 2020.

SILVA, H. R.; MARQUES, A. P.; PERES, L. F.; LUCENA, A. J.; TORRES, S. A. G.; ROMERO, C. W. S.; TRINDADE, G. A. M. Identificação de ilhas de calor em municípios de pequeno porte: estudo da área urbana de Ilha Solteira (SP). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa/PB: INPE, 2015, p. 5065-5070. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0993.pdf> Acesso em: 30 nov. 2020.

SIQUEIRA-GAY, J.; DIBO, A. P. A.; GIANNOTTI, M. A. Vulnerabilidade às ilhas de calor no município de São Paulo: uma abordagem para a implantação de medidas mitigadoras na gestão urbana. **Journal of Environmental Management and Sustainability**, v. 6, n. 2, p. 105-123, 2017. <http://dx.doi.org/10.5585/geas.v6i2.902>

SULTANA, S., SATYANARAYANA, A. N. V. Assessment of urbanisation and urban heat island intensities using landsat imageries during 2000-2018 over a sub-tropical Indian City. **Sustainable Cities and Society**, v. 52, p. 101846, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2019.101846>

TEJAS, G. T.; NUNES, D. D.; SOUZA, R. M. S.; CORRÊA, A. C. S.; WATANABE, M. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio do sensoriamento remoto na cidade de Porto Velho/RO (1985-2011). **CONFINS**, n. 32, 2017. <http://dx.doi.org/10.4000/confins.12191>

WERNECK, D. R. **Estratégias de mitigação das ilhas de calor urbanas: estudo de caso em áreas comerciais em Brasília - DF**. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 118p. 2018. <http://dx.doi.org/10.26512/2018.02.D.31816>



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0