

## A CLIMATOLOGIA URBANA E O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE EM CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE

Edson Soares Fialho<sup>1</sup> 

Larissa Galvão Fontes dos Santos<sup>2</sup> 

### Destaques:

- O NDVI apresentou relação inversa a temperatura de superfície.
- A correlação entre o NDVI e a Temperatura de superfície, demonstrou uma relação forte ( $< 0,70$ ).
- A correlação entre a Temperatura de superfície e do ar foi de 73,0%.

**Resumo:** As mudanças no uso da terra associadas à urbanização e industrialização modificam o microclima, levando a formação de ilhas de calor urbanas, nas quais as cidades são mais quentes que a paisagem circundante. Nesse sentido, este estudo busca analisar o padrão do uso e cobertura da terra e a Temperatura de Superfície Terrestre (TST), que fora estimada a partir de imagens orbitais do Sensor TIRS, Landsat 8, em 2 datas nos meses de verão e inverno do ano de 2017, bem como procurar indicadores da correlação entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar a partir de 5 pontos de análise sobre a área de estudo, compreendida no perímetro urbano do município de Ponte Nova-MG, na Zona da Mata Mineira, uma cidade situada em um planalto dissecado e um clima tropical de altitude. Os resultados demonstraram uma correlação forte (73,0%) entre TST e a temperatura do ar, considerando a correlação de Pearson. Como também se verificou uma correlação muito forte no verão (98,0%) e forte no inverno (82,0%) entre o NDVI e a Temperatura de superfície ar.

**Palavras-chave:** Clima urbano; Uso e cobertura da terra; Paisagem; Temperatura de superfície; Ponte Nova-MG.

### URBAN CLIMATOLOGY AND THE USE OF REMOTE SENSING: A CASE STUDY IN A SMALL TOWN, OF HIGH TROPICAL CLIMATE

**Abstract:** The changes in land use associated with urbanization and industrialization modify the microclimate, leading to the formation of urban heat islands, in which cities are warmer than the surrounding landscape. In this sense, this study seeks to analyze the pattern of land use and land cover and the Land Surface Temperature (TST), which was estimated from orbital images of Sensor TIRS, Landsat 8, on 2 dates in the summer and winter months of the year 2017, as well as seek indicators of the correlation between Surface Temperature and Air Temperature from 5 points of analysis on the study area, comprising the urban perimeter of the municipality of Ponte Nova-MG, in Zona da Mata Mineira, a city situated on a dissected plateau and a Tropical Climate of altitude. The results showed a strong correlation (73.0%) between TST and air

<sup>1</sup> Professor Associado II do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: fialho@ufv.br

<sup>2</sup> Graduada em Geografia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: larissa.galvao@ufv.br

temperature, considering the Pearson correlation. As it was also verified a very strong correlation in summer (98.0%) and strong in winter (82.0%) between NDVI and Air Surface Temperature.

**Keywords:** Urban Climate; Land use and land cover; Surface temperature; Ponte Nova-MG.

## CLIMATOLOGÍA URBANA Y USO DE LA TELEDETECCIÓN: UN ESTUDIO DE CASO EN UNA PEQUEÑA CIUDAD, DE CLIMA TROPICAL DE ALTITUD

**Resumen:** Los cambios en el uso del suelo asociados a la urbanización y a la industrialización modifican el microclima, propiciando a ocurrencia del efecto de islas de calor urbanas, este consiste en que los núcleos urbanos experimentan temperaturas más altas que en sus alrededores. La investigación descrita aquí buscó identificar si el efecto ocurre y con qué patrón en la ciudad de Ponte Nova, qui se encuentra en una meseta disecada con un Clima Tropical de altitud, en la llamada Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. Primeramente, se caracterizó el patrón de uso y cobertura del suelo y se obtuvo la Temperatura de la Superficie Terrestre (TST), a partir de imágenes orbitales infrarrojas del Sensor TIRS, Landsat 8, en 2 fechas del año 2017, una en verano y otra en invierno. Además, se buscaron indicadores de la correlación entre la Temperatura de la Superficie y la Temperatura del Aire a partir de 5 puntos de análisis en el área de estudio, que comprende el perímetro urbano del municipio. Los resultados mostraron una fuerte correlación (73,0%) entre la TST y la temperatura del aire, considerando la correlación de Pearson. También se encontró una correlación muy fuerte en verano (98,0%) y fuerte en invierno (82,0%) entre el NDVI y la temperatura de la superficie del aire.

**Palabras clave:** Clima urbano; Uso del suelo y cobertura del suelo; Paisaje; Temperatura de la superficie; Ponte Nova-MG.

## INTRODUÇÃO

A população urbana global aumentou de 30,0% em 1950 para 55,0% em 2018 e projeta-se que seja de 68,0% até 2050 (UNITED NATIONS, 2018, p. 9). Isto posto, verifica-se que o processo de urbanização tem contribuído na mudança do clima em múltiplas escalas, promovendo a intensificação dos eventos extremos de calor (ondas de calor, eventos pluviais extremos, ondas de frio e estiagens mais rigorosas), que podem representar uma ameaça à saúde e a gestão das cidades, conforme Grubler (1994) e Natividade et al. (2017).

Com a revolução técnico-científica, os métodos de verificação e mensuração do clima local foram sendo aperfeiçoados, conforme, observou Fialho (2009 e 2012), com uso de pontos fixos e móveis (FIALHO et al., 2018) e o uso do sensoriamento remoto (COLLISCHONN, 2012 e CORREA et al., 2015), fornecendo informações ambientais, dentre elas a temperaturas de superfície, elemento importante para o monitoramento ambiental.

As áreas urbanas podem ser detectadas em imagens de satélite pela banda termal (RAO, 1972), e os sensores térmicos utilizados para estimar a temperatura da superfície terrestre (TST) em distintas resoluções espaciais e temporais (CORREA et. al., 2015). Cabe destacar, o papel da resolução espacial dos sensores, nas pesquisas em paisagens urbanas. Estudos utilizando o NOAA AVHRR (STREUTKER, 2002), cuja resolução espacial de 1,1 km foram encontrados adequados apenas para mapeamento de temperatura urbana em grandes áreas, não podendo estabelecer relações precisas e significativas entre valores derivados da imagem e aqueles medidos na superfície. Já a série das imagens *Landsat* começaram com uma resolução de 120 m (e posteriormente ETM+ de 60 m) foram amplamente utilizados para obter TST em áreas urbanas (DOUSSET e GOURMELON, 2013). A resolução espacial das bandas térmicas geralmente são menores do que a das bandas infravermelhas, no entanto, tratadas podem ser ajustadas para resoluções de 30 m para as imagens Landsat-8.

O uso do sensoriamento remoto, nessa perspectiva à TST, torna-se indispensável, uma vez que autoriza a análise desses processos, permitindo uma a visão espaço-temporal, como nas mudanças de uso e cobertura da terra em relação à temperatura e emissividade da superfície, como também permite mensurar parâmetros climáticos em locais que não tenham estações meteorológicas (PIRINGER et al., 2002).

Tal fato, coloca o uso das geotecnologias nos estudos do clima das cidades, como ferramenta muito útil para identificar a ilha de calor, que segundo Brandão (2009) representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e mesoclimáticas locais de cada cidade. Contudo, cabe salientar que os métodos de mensuração da temperatura da cidade se distinguem, o que gera uma diferenciação mesmo sendo mesmo fenômeno, o que gera uma diferenciação que pode ser classificada de ilha de calor atmosférica, ilha de calor de superfície e ilha de calor vertical, conforme apresenta Fialho (2012a), Fialho et al. (2019) e Oke et al. (2017).

Em razão disso, o presente estudo optou-se pelo uso do sensoriamento remoto, pois as cidades de pequeno porte, geralmente não são dotadas de uma rede de monitoramento climático. E além disso, conforme Amorim (2017)

salienta, as de pequeno e médio porte, apesar de apresentarem dimensões territoriais menores, tem-se observado uma grande complexidades do ponto de vista de sua estruturação, acarretando fortes transformações na paisagem, materializadas por meio de diferentes formas de poluição do ar, água, solo e subsolo, além de transformações na morfologia e estrutura do ambiente urbano, que provocam alterações nos elementos climáticos.

Neste sentido, os estudos do clima em áreas urbanas com o uso de imagens termais vem apresentando um crescimento (PORONGABA e AMORIM, 2019), como pode ser verificado nos casos de Ilha Solteira-SP (COSTA et al., 2010), Tarumã-SP (ORTIZ e AMORIM, 2013), Maceió-AL (Almeida et al. (2015), Juiz de Fora-MG (PAULA et al., 2016), Iporá-GO (ALVES, 2017), Ervália-MG (SANTOS et. al., 2019), Teixeiras-MG (SANTOS e FIALHO, 2019), Viçosa (PRADO et al., 2020) e Campo Mourão-PR (TOFFOLLI et al., 2019).

Diante o exposto, o presente trabalho busca compreender o padrão espacial da TST na área urbana da cidade de pequeno porte Ponte Nova- MG inserida em uma região de clima tropical de altitude, associado ao seu uso e cobertura da terra, principalmente a construção e a cobertura vegetal, em duas datas de análise: verão e inverno de 2017.

Além disso, o estudo visa mapear a distribuição da TST e delinear áreas mais quentes e mais frias, a fim de compreender suas características, associando-as ao uso e cobertura da terra, bem como, identificar a correlação entre a Temperatura do ar e o NDVI (Índice de vegetação por diferença normaliza).

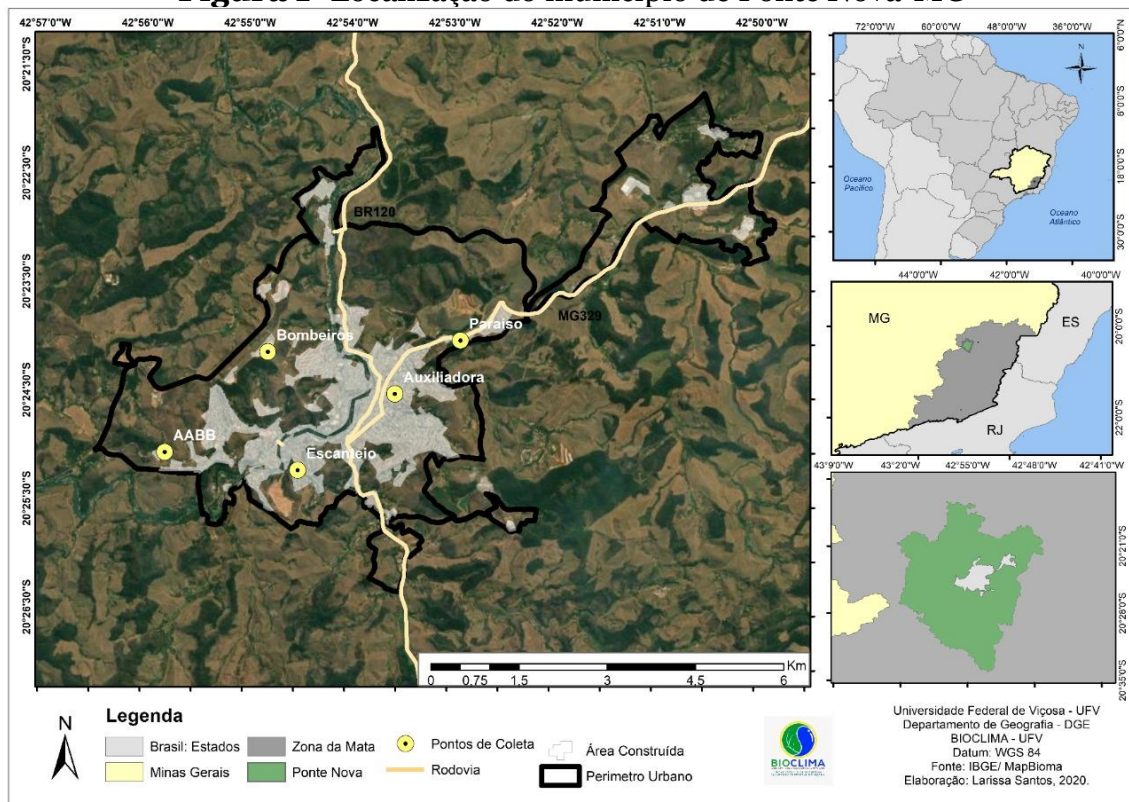
## **ÁREA DE ESTUDO**

O município de Ponte Nova (Figura 1) está inserido, na Zona da Mata Mineira, mais precisamente dentro do Domínio de Mar de Morros Florestados (AB'SÁBER, 20003).

A morfologia é caracterizada por um planalto dissecado, apresentando revelo acidentado, distribuídos em altitudes que variam de 400 a 800 m e com a presença de colinas em formato de meia laranja, formando fundos de vale de dimensões variadas (ALLOCCA e FIALHO, 2019). Segundo Marchi et al. (2005)

o relevo se apresenta com 20,0% de áreas planas, 60,0% onduladas e 20,0% montanhosas. O município está localizado em uma área de abrangência de dois tipos climáticos, segundo a classificação de *Koppen*, clima tropical de altitude (Cwa), apresentando verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos e clima tropical, apresentando temperatura média do mês mais frio superior a 18,0°C e precipitação média do mês mais seco inferior a 60mm entre maio a outubro (VALVERDE, 1958).

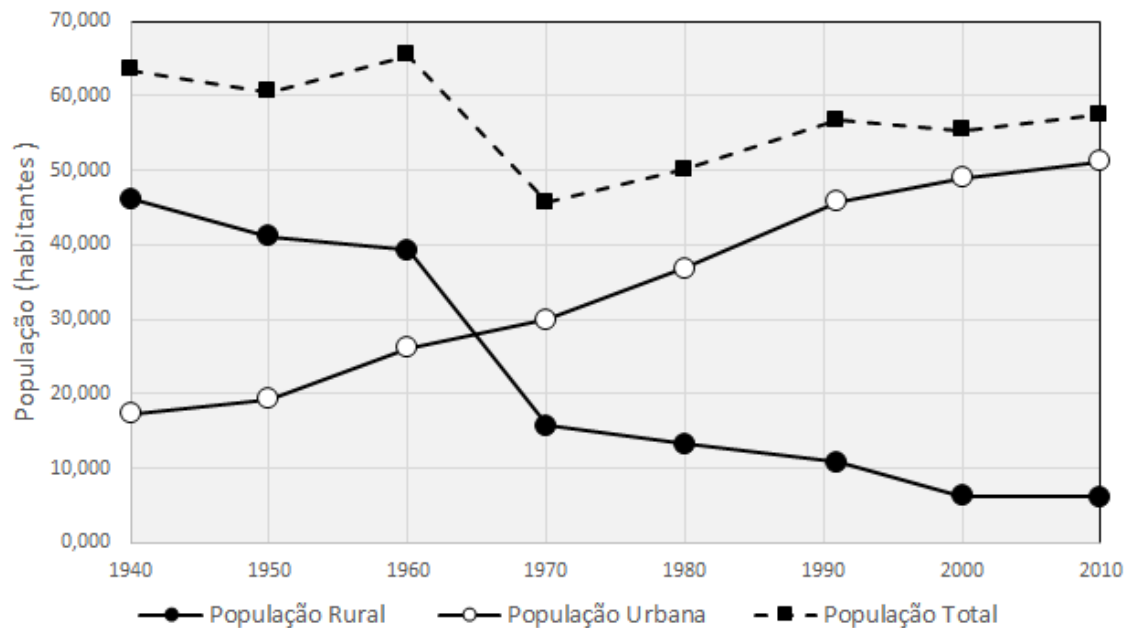
**Figura 1- Localização do município de Ponte Nova-MG**



Fonte: IBGE, 2020. Organização: Autores.

Em relação à população, de acordo com o último censo, realizado pelo IBGE (2010), a população do município somava 57.390 habitantes, com estimativas de aumento de aproximadamente 4,0% para o ano de 2019, sendo 89,0% desse total, residentes na área urbana da cidade (Figura 2).

**Figura 2-** População, no município de Ponte Nova-MG (1940-2010)



Fonte: IPEA-DATA, 2020. Organização: Autores.

Segundo Marchi et al. (2005) a ocupação é caracterizada por áreas dispersas no perímetro urbano, alto de morros e áreas planas limítrofes a loteamentos mais antigos. Os arruamentos localizados em áreas de risco são esguios, com a maioria das casas acima ou abaixo do nível das vias, chegando a desníveis da ordem de até 3 m, o que dificulta o acesso dos serviços públicos de distribuição de água e esgoto.

## MATERIAIS E MÉTODO

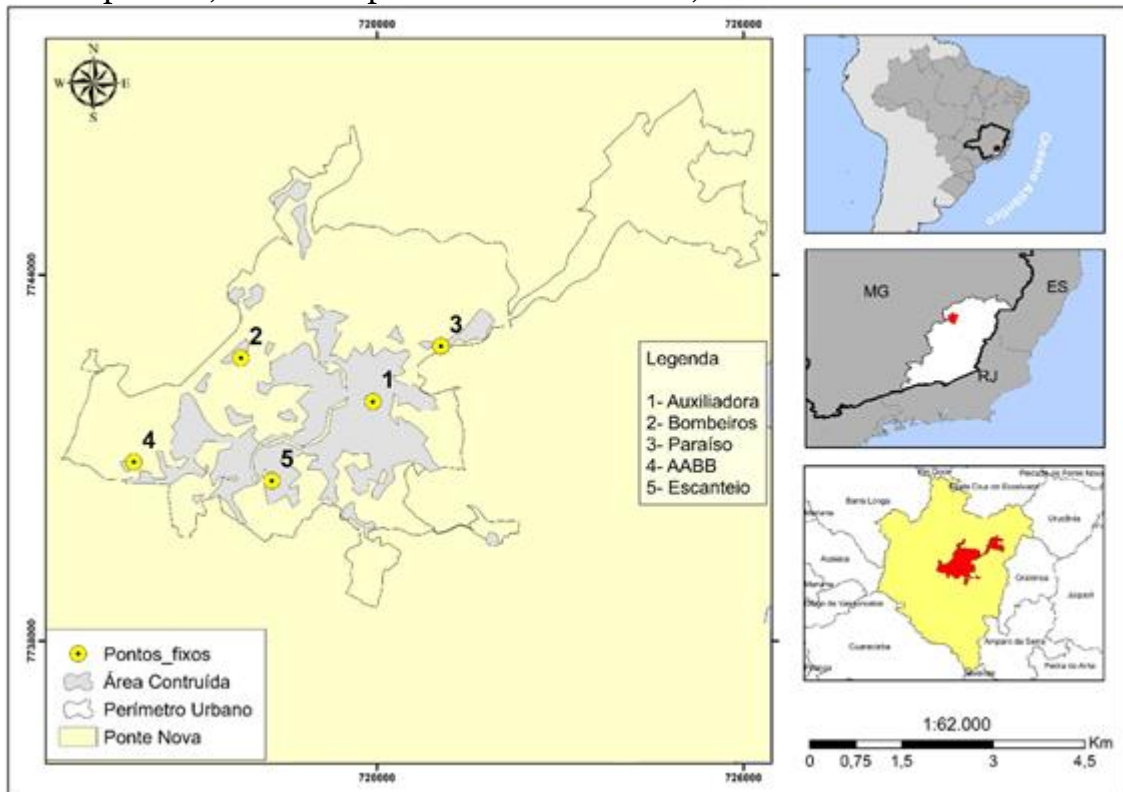
Inicialmente, foi elaborado o cálculo do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), a partir de Santos e Fialho (2020). O NDVI é produto da diferença entre a refletância no infravermelho próximo e a refletância no visível, gerando valores que variam de 1 a -1, no qual valores mais próximos a 1 representam áreas de maior densidade, vigor e atividade fotossintética da vegetação. Valores próximo a 0 (zero) geralmente representam solo exposto e valores negativos, corpos d'água. No *software* QGIS Noosa versão 3.6 realizou-se uma malha de pontos para extração dos valores de cada pixel das imagens NDVI, submetidos a uma planilha eletrônica onde foram realizados os cálculos de proporção dos resultados de cada imagem. Para a confecção dos mapas de Temperatura de Superfície foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8*,

adquiridas gratuitamente no acervo do site da *United States Geological Survey* (USGS). Essa linha do *Landsat* é composta por dois sensores, o *The Operational Land Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), este último sendo responsável pelo imageamento termal, gerando como produto, a banda 10 - infravermelho termal (INPE, 2013).

A data das imagens utilizadas foram 06/03/2017 e 28/07/2017, com horário de 12h51min UTC (9h51min, hora local), órbita 217, ponto 74, sendo utilizadas a banda/canal 10, correspondendo ao infravermelho termal, com resolução espectral 10,30 e 11,30 $\mu$ m e resolução espacial de 100x100m, disponibilizadas em 30x30m (INPE, 2013).

O critério para a escolha das imagens foi a ausência completa da cobertura de nuvens sobre a área de estudo, além da procura por características distintas do tempo proporcionada pela mudança da estação sazonal. Para o retrabalhamento das imagens, foram submetidas ao ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), sendo reprojeta para o *datum* SIRGAS UTM 23S, e aplicada duas equações para a extração dos dados termais, disponibilizadas pela USGS, primeiro, transformando os níveis de cinza para valores de radiância e em seguida para temperatura de brilho em Kelvin, para em seguida obter os valores em Celsius ( $^{\circ}$ C) Os dados de temperatura do ar utilizados nesse estudo, foram coletados a partir de 5 pontos (Figura 3) de observação temporários para os dias 6 de março de 2017 e 28 de julho de 2017.

**Figura 3-** Localização dos pontos de observação da temperatura do ar e superfície, no município de Ponte Nova-MG, na Zona da Mata Mineira

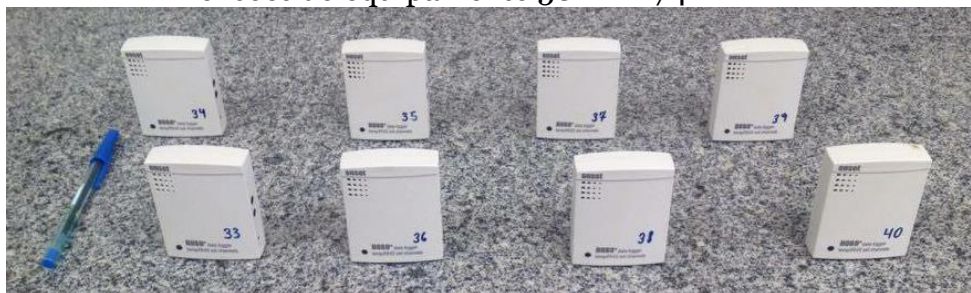


Fonte: IBGE. Organização: Autores.

Os postos de registros térmicos, utilizaram mini-abrigos meteorológicos alternativo de Policloreto de Vinila (PVC) desenvolvido inicialmente por Machado e Jardim (2014), com sensores dataloggers do tipo HOBO-U-012 (Figura 4 e 5), distribuídos e instalados na área urbana de Ponte Nova-MG por Allocca (2018) em seus estudos de campo térmico em sua pesquisa de dissertação de mestrado. A espacialização dos postos de coleta se deu em função do uso e cobertura da terra, uma vez que será possível verificar a influência dos mesmos sobre a temperatura do ar.

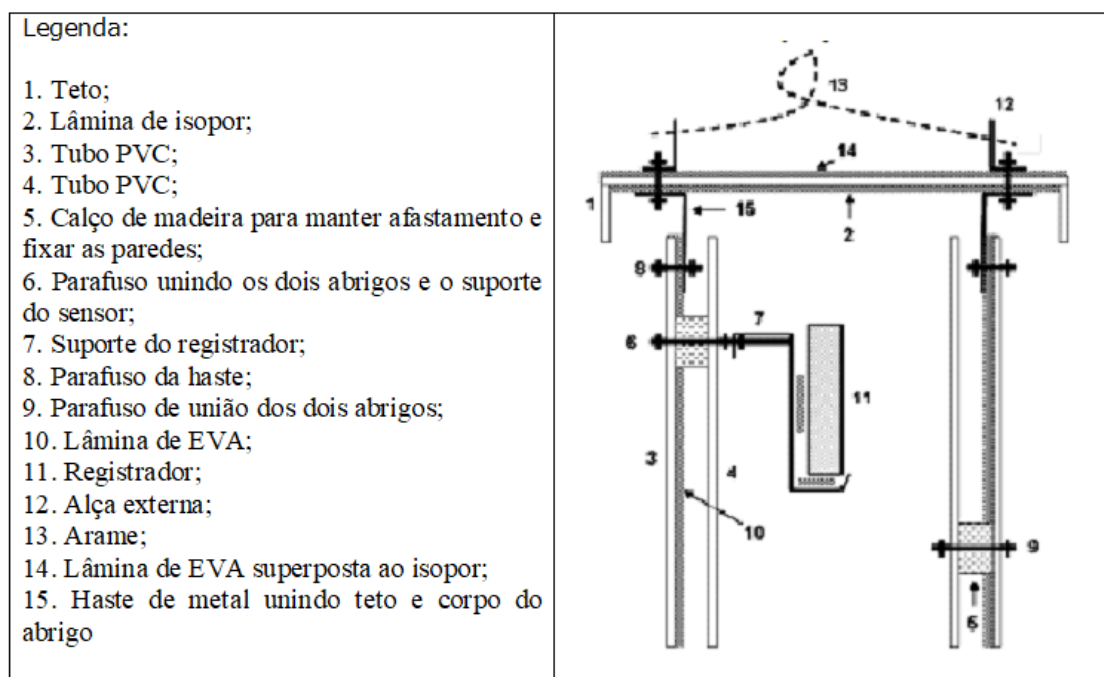


**Figura 4-** Imagens do sensor HOBO U-012. Visão dos equipamentos em registro contínuo no mesmo ambiente  
Dimensões do equipamento 58mmX74mmx22mm



Fonte: Allocca, 2018, p. 28. Adaptado.


**Figura 5-** Perfil esquemático do abrigo meteorológico alternativo



Fonte: Machado e Jardim, 2014. Adaptado.

Os pontos de coleta de temperatura do ar apresentam características semelhantes, exceto o ponto do Bombeiro, que se posiciona no final da pista de decolagem do aeroporto local e a AABB (Associação Atlética Banco do Brasil), que apesar de se localizar às margens da Avenida Vereador Evangelista de Almeida, apresenta um entorno de pouca ocupação, com áreas abertas destinadas às práticas do lazer, permite acesso ao trevo da MG-262, que direciona no sentido das cidades de Ouro Preto, Marina e Belo Horizonte (Figura 6).

**Figura 6-** Caracterização dos pontos de coleta da temperatura do a

| Pontos                           | Descrição   | Imagem   |   |
|----------------------------------|---|--|---|
| 1. Escola N. Senhora Auxiliadora | Intensidade de tráfego moderada no entorno; Elevada presença de construções; Ausência de vegetação; Fixado sobre gramíneas e com calçamento de bloquete no entorno. Altitude: 416 metros. |    |    |
| 2. Corpo de Bombeiros            | Intensidade de tráfego baixa no entorno; Baixa presença de construções; Ausência de vegetação; Fixado sobre solo exposto. Altitude: 569 metros.   |    |    |
| 3. Bairro Paraíso                | Intensidade de tráfego alta no entorno; Baixa presença de construções; Presença moderada de vegetação (arbórea e rasteira); Fixado sobre gramíneas. Altitude: 510 metros.                 |   |   |
| 4. Clube AABB                    | Intensidade de tráfego alta no entorno; Baixa presença de construções; Presença moderada de vegetação (arbórea e rasteira); Fixado sobre gramíneas. Altitude: 490 metros.                 |  |  |
| 5. Bairro Escanteio              | Ausência de tráfego no entorno; Baixo índice de construções; Presença moderada de vegetação (arbórea e rasteira); Fixado sobre gramíneas. Altitude: 475 metros.                           |  |  |

Organização: Autores.

O posto na Escola Auxiliadora, por sua vez, é o local de maior adensamento urbano, com forte fluxo de veículo, durante o dia. No posto do Paraíso, local de expansão urbana recente, seguindo a rodovia estadual MG-329, mais especificamente entre o final do bairro Palmeiras até o trevo de junção da BR-262 e a MG-329. Já o posto do Escanteio, localiza-se na franja urbana, fazendo divisa com a área rural. A elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, utilizou-se a base de dados do Projeto MapBiomias.

O projeto é fruto de uma iniciativa multi-institucional com fins de gerar mapas anuais do uso e cobertura do solo a partir de processos de classificação aplicados a imagem de satélite<sup>3</sup>: Os dados são disponibilizados de forma gratuita e foram atualizados recentemente, no último lançamento da coleção 4.0 (1985-2018) em agosto de 2019. Foram trabalhadas as classes de uso e ocupação do ano de 2017 disponibilizada pelo site e posteriormente foi utilizada a função *Raster Calculator* para calcular a proporção em que se encontravam as classes dentro da área de estudo. Para observar as condições do tempo, utilizou-se as cartas sinóticas da Marinha do Brasil<sup>4</sup> além da pluviosidade diária do ano de 2017 obtida na Agência Nacional de Águas (ANA). Após coleta dos dados de temperatura do ar, foram selecionados os resultados referentes ao horário 10h00min, de acordo com a passagem do satélite. Para fins de elaborar correlações entre as duas variáveis, temperatura do ar e a TST, foi realizada uma regressão linear simples com exposição do coeficiente de determinação, além do coeficiente de correlação de Pearson (r) com resultados variando de -1 a 1, em que valores mais próximos de -1 indicam relações inversamente proporcionais, e mais próximas a 1 relações positivas entre variáveis (FIALHO e QUINA, 2017).

O coeficiente de correlação de Pearson (r) ao mensurar o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. E para saber a intensidade da relação foi adotada a interpretação de Shimakura (2006), como pode ser vista Tabela 1.

**Tabela 1-** Classificação do coeficiente de Pearson

| <b>Valor de <math>\rho</math> (+ ou -)</b> | <b>Interpretação</b>        |
|--|-----------------------------|
| <b>0.00 a 0.19</b>                         | Uma correlação bem fraca    |
| <b>0.20 a 0.39</b>                         | Uma correlação fraca        |
| <b>0.40 a 0.69</b>                         | Uma correlação moderada     |
| <b>0.70 a 0.89</b>                         | Uma correlação forte        |
| <b>0.90 a 1.00</b>                         | Uma correlação muito forte. |

Fonte: Shimakura, 2006.

<sup>3</sup> <http://mapbiomas.org>.

<sup>4</sup> [www.marinha.mil.br](http://www.marinha.mil.br)

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Adentrando na área da pesquisa, referente ao perímetro urbano de Ponte Nova, na Tabela 2, é possível identificar os tipos de uso e cobertura da terra, onde se destaca a pastagem, com 51,0% da área, seguido pela área urbana com 25,4% e o mosaico agricultura e pastagem com 13,0%.

**Tabela 2-** Proporção da área e percentual dos tipos de uso e cobertura da terra

| <b>Uso e Cobertura da Terra</b>          | <b>Área (ha)</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|--|------------------|------------------------|
| <b>Formação Florestal</b>                | 202,9            | 6,9                    |
| <b>Floresta Plantada</b>                 | 41,7             | 1,4                    |
| <b>Pastagem</b>                          | 1504,4           | 51,0                   |
| <b>Cultura Anual e Perene</b>            | 9,8              | 0,3                    |
| <b>Mosaico de Agricultura e Pastagem</b> | 383,2            | 13,0                   |
| <b>Infraestrutura Urbana</b>             | 749,6            | 25,4                   |
| <b>Outra Área Não Vegetada</b>           | 19,2             | 0,6                    |
| <b>Rio e Lago</b>                        | 41,4             | 1,4                    |

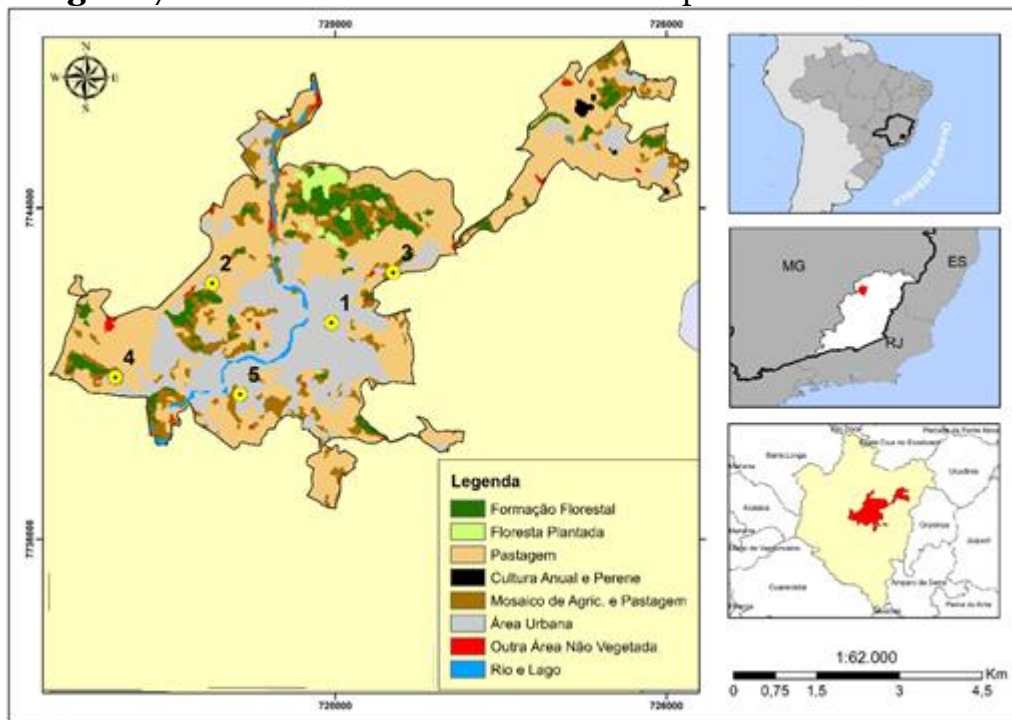
Fonte: MapBioma. Organização: Autores.

Em relação a formação florestal, observa-se que grande parte está envolvida por pastagem, que também circunda a área urbana. A formação florestal, se destaca na paisagem pela sua extensão, principalmente acompanhando rodovias e às margens do rio Piranga.

Os demais fragmentos se encontram de maneira dispersa e fora da área urbana. Dentro do perímetro urbano, chama a atenção, o fato de não se encontrar praças arborizadas, que possa contribuir na amenização da temperatura do ar. Em relação à distribuição espacial do uso e cobertura da terra, o mesmo pode ser identificado na Figura 7, onde também se identifica a localização dos pontos de mensuração da temperatura do ar.

A área urbana ocupa a porção central da área do perímetro urbano, que apresenta o predomínio da cobertura de pastagem, que tem o dobro da área urbanizada (Figura 7).

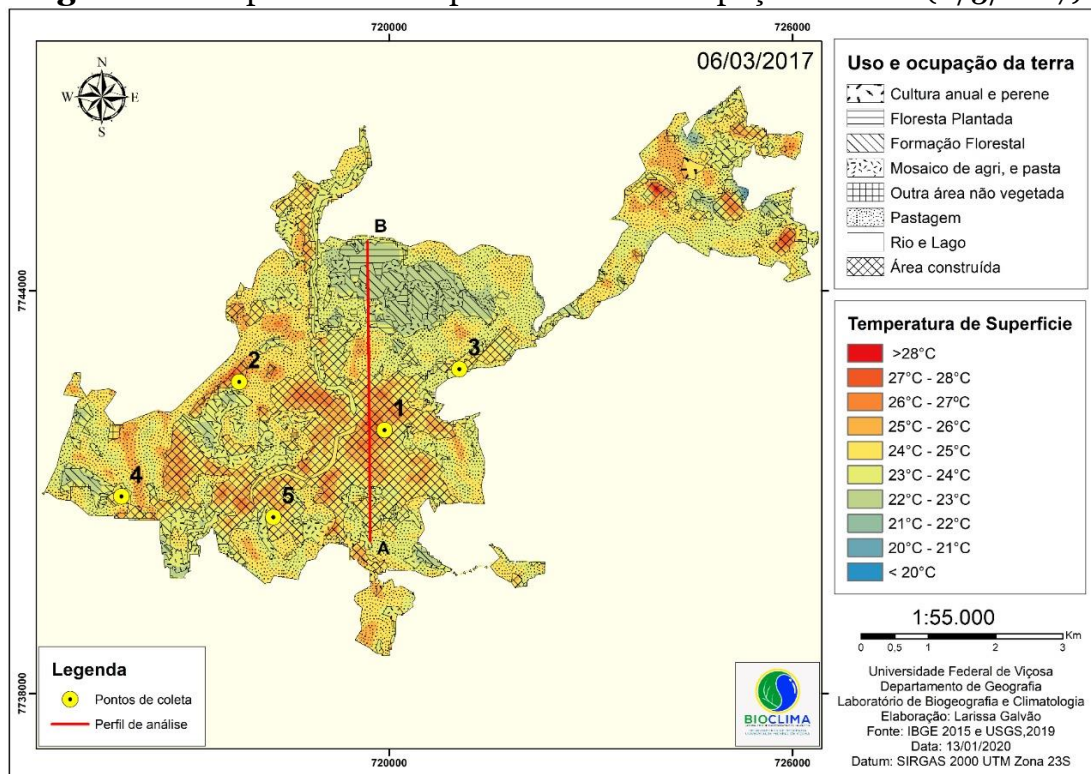
**Figura 7-** Uso e cobertura da terra no município de Ponte Nova-MG



Fonte: MapBioma. Organização: Autores.

A passagem do rio Piranga dentro da área urbana, ocasiona em certos momentos problemas relacionados ao extravasamento do canal fluvial em direção às margens, onde se situam as principais ruas e avenidas da cidade, dentro do leito maior, local de maior ocupação na cidade, conforme Allocca e Fialho (2019). A análise das TSTs intraurbanas do dia 6 de março de 2017 (Figura 8) retratou a distribuição da temperatura de superfície no verão, com média de 25,2°C, apresentando “núcleos de calor” (FIALHO, 2009), em determinados pontos do espaço analisado. As temperaturas mais altas se concentraram na porção densamente construída da área urbana, alcançando de 27,0°C a 28,0°C.

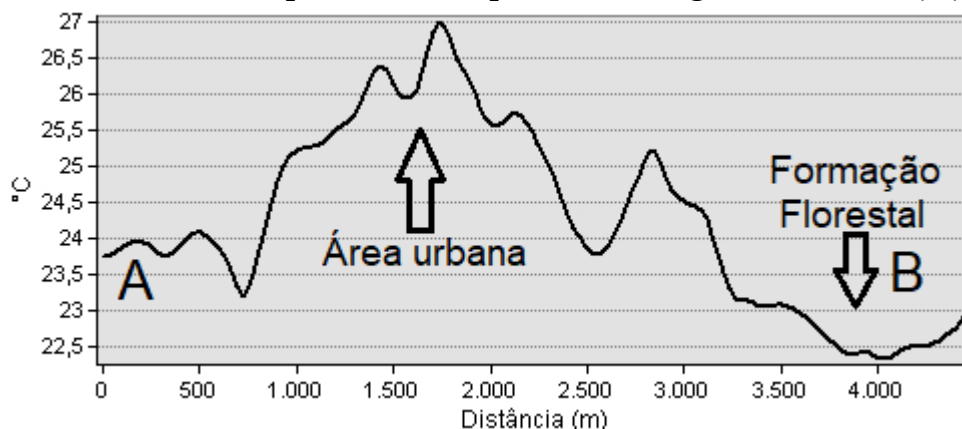
**Figura 8-** Temperatura de superfície e uso e ocupação da terra (6/3/2017)



Fonte: INPE (*Landsat 8*). Organização: Autores.

Com destaque para o adensamento urbano compreendido entre os postos Auxiliadora e 2 (Bombeiro). Além deste local, os demais núcleos de calor se posicionaram nas áreas de pastagem. As temperaturas mais amenas evidenciam-se, na porção Noroeste, local de presença de cobertura de Formação Florestal e Floresta Plantada, com temperaturas entre 21,0°C e 22,0°C, seguido pelas áreas de Pastagem e Mosaico de agricultura e Pastagem, apresentaram temperatura de superfície, relativamente mais baixas, comparada as porções de área construída. Ainda analisando o campo termal de superfície, elaborou-se um perfil térmico (Figura 9).

**Figura 9-** Perfil da temperatura de superfície ao longo do eixo AB (6/3/2017)



Fonte: INPE (Landsat 8). Organização: Autores.

No sentido AB, a fim de evidenciar as variações termais em função dos tipos de uso e cobertura, no segmento, que se inicia na franja urbana, próximo ao trevo de acesso a Viçosa até a rodovia BR-120 em uma linha reta, o que permite passar por uma área de mata e pastagem, que contrasta com a área urbanizada, situada na margem direita do rio Piranga.

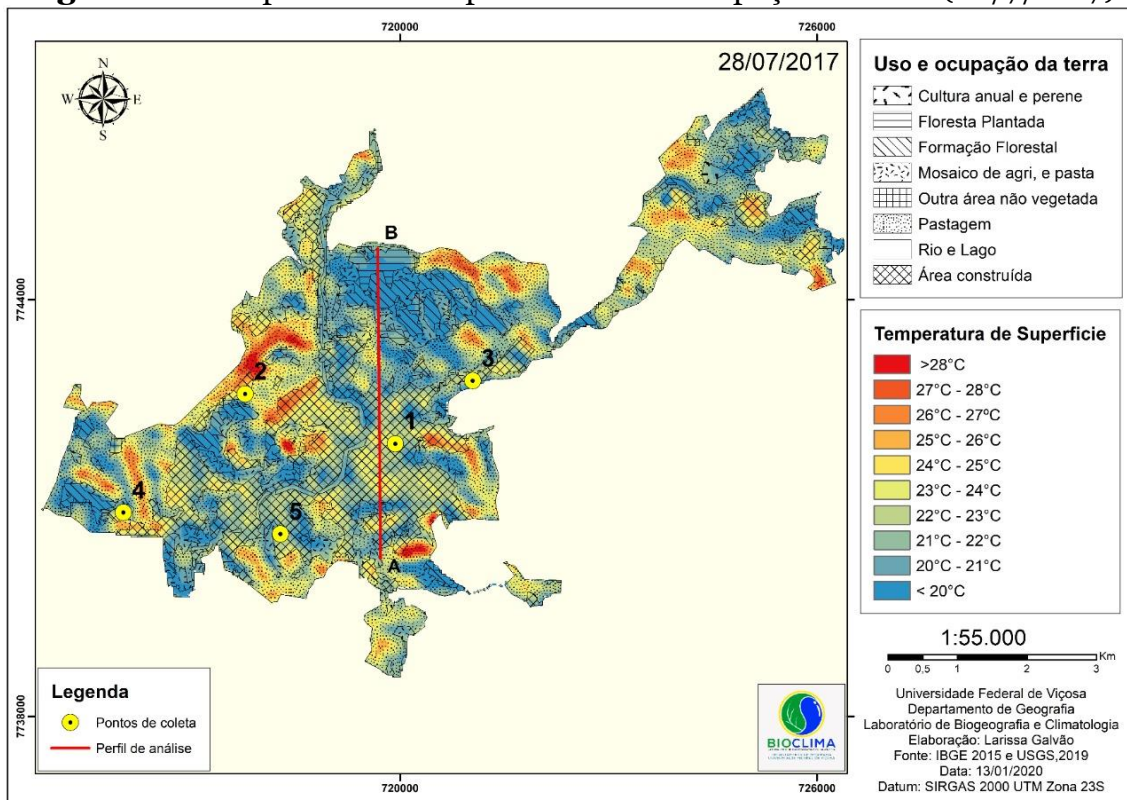
A análise do perfil térmico, permite verificar a correlação entre as áreas mais urbanizadas, como as mais aquecidas, enquanto as áreas mais verdes com as menores temperaturas de superfície. A Figura 10, demonstra a correlação, quando a imagem termal é combinada com o uso e ocupação da terra, no dia 28 de julho de 2017.

Diferentemente da imagem de verão, grande parte da superfície ficou abaixo de 21,0°C e a maior parte dos “núcleos de calor” se localizaram nas franjas do perímetro urbano, como pode ser visto nas proximidades do posto Bombeiro (Posto 2), nas proximidades do trevo da MG-329, como também na área de expansão urbana, aonde se localiza o posto Paraíso, local em que se apresenta a criação de um novo loteamento.

A localidade do Bombeiro se destaca por apresentar uma pista de pouso, circundada de solo exposto. Em Auxiliadora, sua localização na área comercial e de fluxo intenso de veículos, ajuda a compreender seu destaque no campo térmico de superfície, enquanto na AABB (Posto 4), situada na franja urbana da cidade, na saída para Belo Horizonte, está relacionada a orientação da vertente, que varia de norte na AABB e Noroeste nos Bombeiros (Posto 2). A temperatura

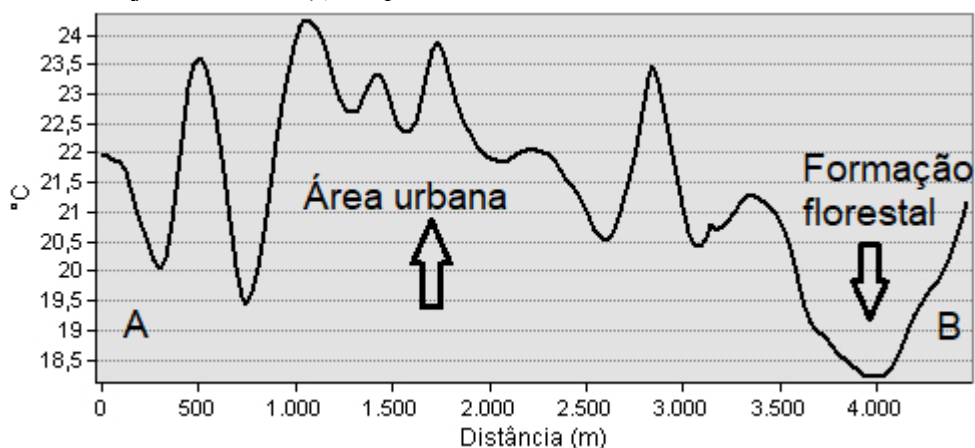
de superfície apresentou variação ao longo do perfil térmico e ao longo do segmento AB para o inverno (Figura 11).

**Figura 10-** Temperatura de superfície e uso e ocupação da terra (28/7/2017)



Fonte: INPE (Landsat 8). Organização: Autores.

**Figura 11-** Perfil da Temperatura de superfície ao longo do eixo AB, no dia 28 de julho de 2017, no perímetro urbano de Ponte Nova-MG



Fonte: INPE (Landsat 8). Organização: Autores.

Ao comparar os valores das temperaturas de superfície do verão e inverno, verifica-se que as áreas urbanas apresentam o maior valor médio, com 24,8°C, seguido de perto por áreas de cultura anual perene, enquanto no



inverno, a pastagem se apresenta com o maior valor (22,7°C), acompanhado pela área construída com 22,4°C. Já a área de formação florestal tanto no verão, quanto no inverno, sempre registrou os menores valores, com 23,0°C e 19,5°C, respectivamente.

Por fim, mesmo com diferenças absolutas bastante significativas entre os episódios de verão e inverno, constatou-se que as áreas com temperaturas de superfícies mais elevadas se repetiram nos dois casos, sendo possível identificar núcleos de calor distribuídos na malha urbana, sobretudo no bairro Palmeiras, onde se localiza o posto na Escola N. S. Auxiliadora (Posto 1), com forte presença de trânsito e fluxo de pedestre, por se conter a presença de um centro comercial, ao longo da Avenida Francisco Vieira Martins, situado entre a Praça de Palmeiras e a Praça Dom Helvécio, nas proximidades do Hospital Arnaldo Gavazza.

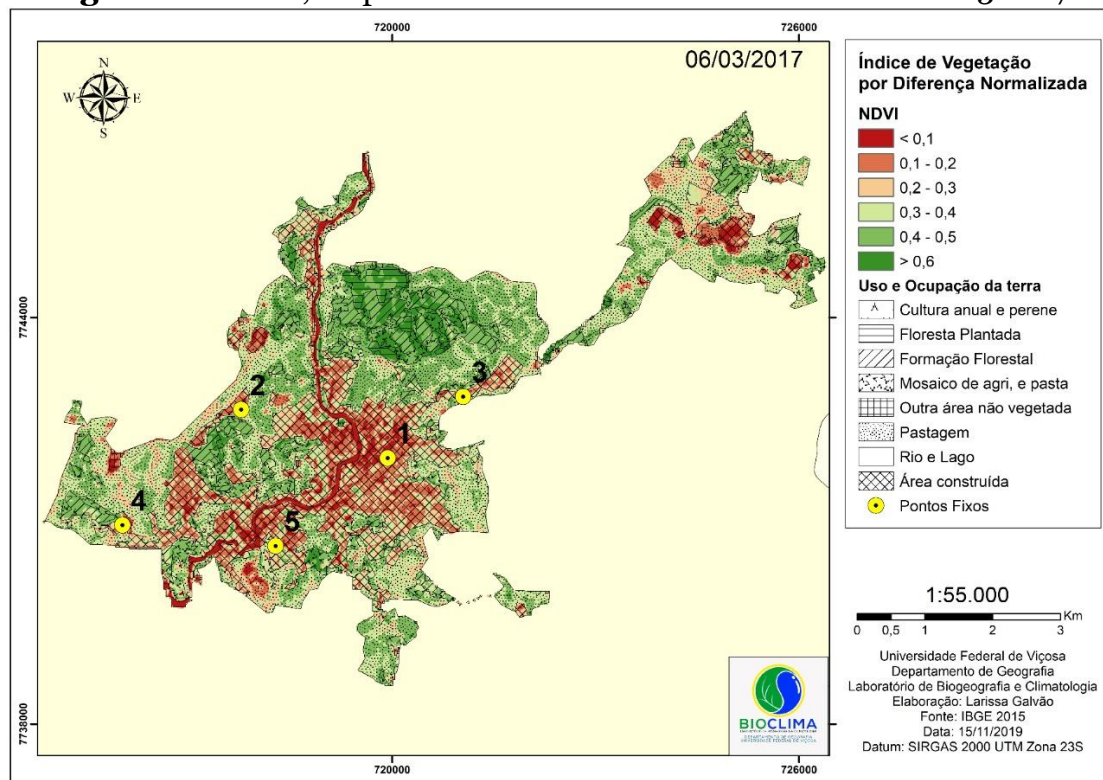
Ao analisar a correlação entre a temperatura de superfície e o NDVI para o verão (Figura 12) e inverno (Figura 13), constatou-se, que baixos índices vegetativos estão atrelados aos valores de temperatura mais elevados.

Isto porque, conforme Callejas et al. (2011) estes comportamentos ocorrem pelo fato da superfície impermeabilizada ou o solo exposto possuírem uma capacidade térmica maior, destinando maior parte da energia líquida disponível para aquecimento do ar e do solo.

Em razão disso, a identificação da área urbana se confunde com a pastagem do entorno, fato que não ocorre no verão, como explica Shiflett et al. (2017). O solo exposto possui alta amplitude térmica, aquecendo rapidamente durante o período de exposição solar, levando à consequente elevação de temperatura de superfície.

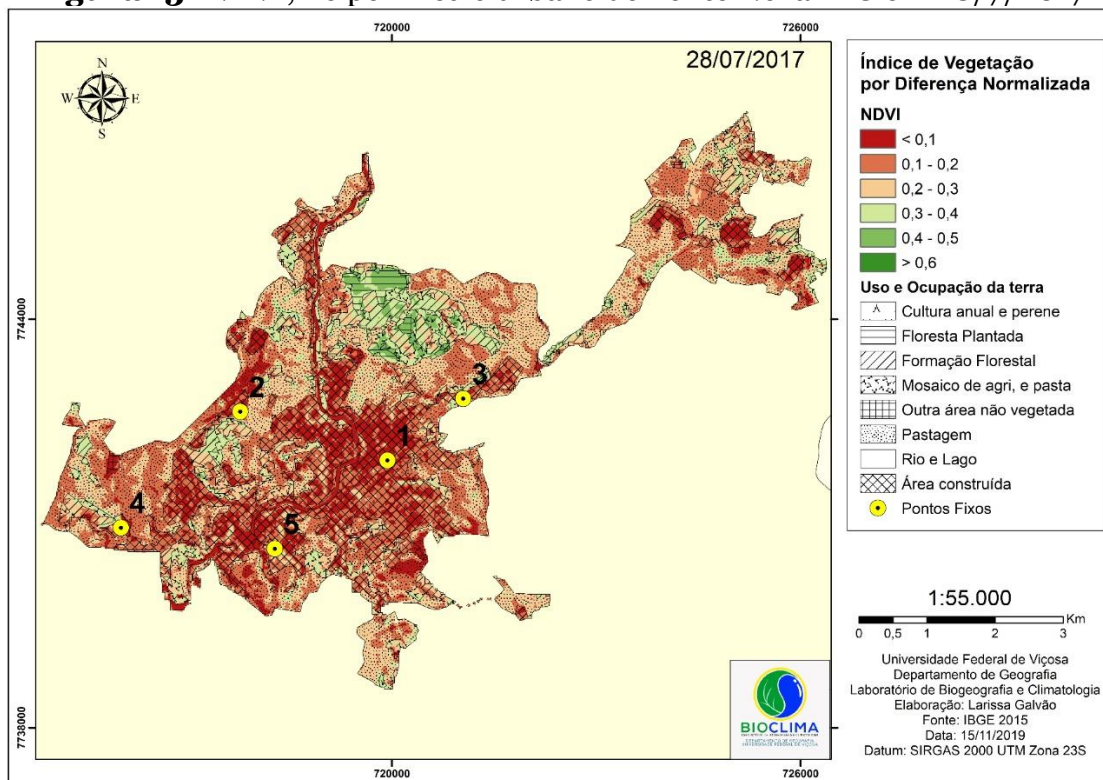
Os dados obtidos mostram, ainda, a influência da estação chuvosa e seca na reflectância da vegetação, como verificado por Paula et al. (2016), alteram significativamente a atividade fotossintética, modificando, assim, a resposta térmica da cobertura vegetal, como pode ser identificado na porção norte do perímetro urbano, onde se apresenta a existência de formação florestal, a temperatura de superfície, determina os menores valores térmicos, como visto nas Figuras 9 e 11.

Figura 12- NDVI, no perímetro urbano de Ponte Nova-MG em 6/3/2017



Fonte: INPE (Landsat 8). Organização: Autores.

Figura 13- NDVI, no perímetro urbano de Ponte Nova-MG em 28/7/2017



Fonte: INPE (Landsat 8). Organização: Autores.

Ao considerar a correlação entre a Temperatura de superfície e o NDVI no verão e no inverno, constata-se, ao observar a Tabela 1, que demonstra o nível de correlação do coeficiente de Pearson, observa-se que no verão a correlação é muito forte (0,98) e no inverno é forte (0,82).

### **Comparação entre a temperatura do ar e de superfície**

As duas datas analisadas para as imagens termais *Landsat 8*, coincidiram com dias de estabilidade atmosférica, gerada pela atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A temperatura do ar mensurada no horário das 10h00min, sobre a área de estudo apresentada na Tabela 3, foi utilizada para a comparação com a temperatura de superfície.

Comparando as temperaturas de superfície terrestre, com as temperaturas do ar dos pontos de controle, nota-se que a temperatura do ar é superior, no dia 6/3/2017, período representativo do verão, em relação às temperaturas detectadas na imagem.

**Tabela 3-** Temperatura de superfície e temperatura do ar

| Data dos eventos | Pontos  | Temperatura     |         | $\Delta T = TS - TA$ |
|------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|
|                  |         | Superfície (°C) | Ar (°C) |                      |
| 06/03/2017       | Ponto 1 | 25,9            | 30,2    | -4,3                 |
|                  | Ponto 2 | 26,4            | 29,3    | -2,9                 |
|                  | Ponto 3 | 24,0            | 28,9    | -4,9                 |
|                  | Ponto 4 | 24,2            | 29,9    | -5,7                 |
|                  | Ponto 5 | 25,3            | 29,3    | -4,0                 |
| 28/07/2017       | Ponto 1 | 22,7            | 19,9    | +2,8                 |
|                  | Ponto 2 | 24,0            | 21,2    | +2,8                 |
|                  | Ponto 3 | 22,0            | 18,8    | +3,2                 |
|                  | Ponto 4 | 22,6            | 21,8    | +1,7                 |
|                  | Ponto 5 | 22,0            | 20,2    | +0,8                 |

Fonte: Imagem Termal (*Landsat 8*). Organização: Autores.

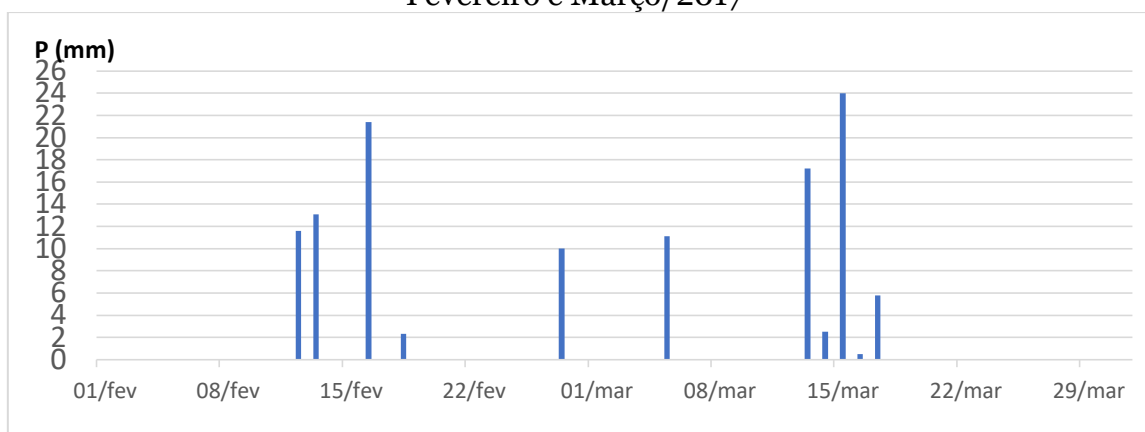
Nesta questão, há que se considerar que geralmente a temperatura da superfície terrestre é maior do que a temperatura do ar. Isto porque, conforme salienta Weng (2001) e Alves e Vecchia (2012), normalmente, a temperatura do ar é adquirida por meio de abrigos meteorológicos, que ao se localizarem inseridos dentro da malha urbana, espaço com maior heterogeneidade, maiores rugosidades e alternadas dimensões de construções no entorno, com variáveis

que podem vir a interferir no balanço da temperatura do ar, como a presença ou calmaria, presença de solos desnudos ou áreas impermeabilizadas contribuindo para temperaturas mais altas formadoras de microclimas.

Ademais, o sombreamento das construções e do próprio relevo irregular e dissecado pode interferir nas médias da temperatura de superfície capturada pelo pixel com dimensões de 30m x 30m (OLIVEIRA e FIALHO, 2017).

Todavia, credita-se o fato, apesar da condição de tempo favorável, no dia 06/03/2017, ter ocorrido precipitação no dia anterior da passagem do satélite, condição que pode ter influenciado na leitura da temperatura de superfície, uma vez que a relação do NDVI é afetada pela precipitação antecedente. Segundo os dados da ANA, a estação Ponte Nova, localizada no bairro Rasa registrou 11 mm (Figura 14) como também no dia 27 de fevereiro, com valor de 10mm.

**Figura 14-** Precipitação total diária em Ponte Nova-MG nos meses de Fevereiro e Março/2017



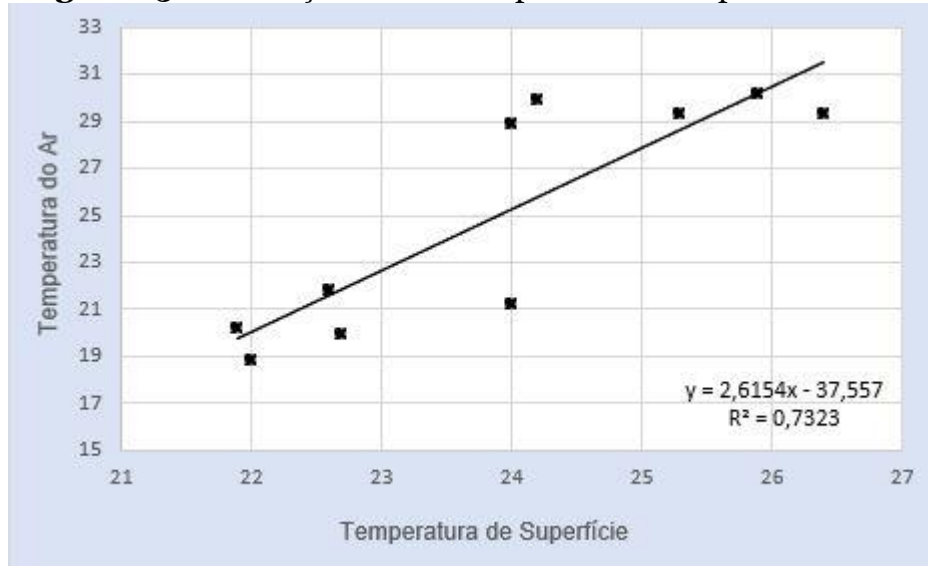
Fonte: ANA. Organização: Autores

A hipótese da precipitação ter influenciado os registros da temperatura de superfície, encontra respaldo nos estudos realizados em áreas de agricultura irrigada. Yang et al. (2020) ao analisarem o efeito da irrigação sobre a temperatura da superfície terrestre (TST), com base no sensor MODIS, constataram o efeito de resfriamento, causado pela irrigação (chuva artificial) diminuindo a TST diurno em 1,15K e noturno em 0,13K, em média, em áreas irrigadas na China.

A correlação entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar (Figura 15) apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,7323, o que significa uma correlação forte. Desta forma, o horário de mensuração da

temperatura do ar (10h00min) sendo próximo ao horário da aquisição das imagens termais pelo satélite (9h51min.), contribuiu de forma significativa nos resultados de boas correlações das temperaturas na malha urbana de Ponte Nova.

**Figura 15-** Correlação entre a temperatura de superfície e do ar



Fonte: INPE (*Landsat 8*). Organização: Autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar os valores da temperatura de superfície e da temperatura do ar, constatou-se uma correlação forte (0,73), indicando a possibilidade das imagens termais serem usadas para estimar a temperatura do ar, levando-se em conta os fatores geográficos, climáticos e meteorológicos de ordem local, que podem variar de acordo com cada realidade.

Neste sentido, o uso da técnica abre novas possibilidades de estudos de clima nas cidades de clima tropical de altitude de pequeno porte, inserida dentro do domínio de mar de morros. Muito embora, o maior problema do uso da técnica seja a resolução temporal do satélite, tanto assim, que na área de estudo do presente trabalho, o melhor período para obtenção de imagens termais com baixa nebulosidade ocorre nos meses de agosto e setembro.

Cabe destacar, que onexo causal da inversão do sinal do delta, no verão, quando a temperatura do ar foi superior a temperatura de superfície está relacionado à ocorrência da precipitação no dia anterior. O uso e cobertura da terra, elaborado a partir da plataforma MapBioma, mostrou-se uma ferramenta

importante na compreensão da distribuição da TST que permitiu uma visão da totalidade do espaço analisado, sendo possível compreender causalidades de porções de maior e menor temperatura nas imagens termais.

Para análises de maior detalhamento, principalmente, dentro das classes de uso mais generalizadas, como a pastagem, é necessário o uso de imagens com maior resolução, a fim de permitir identificar as pequenas variações de temperatura de superfície, com a presença de vegetação de baixo vigor e solo exposto, que também respondem de forma diferenciada.

A correlação entre o NDVI e a TST, demonstrou uma relação muito forte no verão e forte no inverno, se mostrou bastante adequada, e assim podendo contribuir para os estudos do clima urbano em cidades de pequeno porte, pois permite compreender a distribuição dos núcleos de calor, bem como a capacidade de relacionamento entre os tipos de uso e ocupação da terra, podendo haver contrastes mais ou menos importantes, que são influenciados por diversos fatores que compõem a superfície e a atmosfera. Mas, no presente trabalho, os índices de mais elevados de NDVI coincidem com os locais de menor temperatura de superfície, enquanto os menores valores de NDVI combinam com os locais de maiores temperaturas de superfície.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão das Bolsas de Iniciação Científica, que permitiu a realização do trabalho, como parte do projeto: **Paisagens, Clima e Territórios apropriados: Uma discussão sobre o significado social do clima em diferentes sociedades e escalas geográficas** (Registro SISPPG – Sistema de Pesquisa e Pós-graduação: 10708275919) desenvolvido no Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA-UFV).

## **REFERÊNCIAS**

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003. 159p.

ALLOCCA, R. A. **Análise do campo térmico na área urbana de Ponte Nova, Minas Gerais**. 177f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2018.

Disponível em: [http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_12778\\_Disserta%E7%E3o\\_Final%20%28Vers%E3o%20Digital%29.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_12778_Disserta%E7%E3o_Final%20%28Vers%E3o%20Digital%29.pdf). Acesso em: 6 mar. 2021.

ALLOCCA, R. A.; FIALHO, E. S. O campo térmico no perímetro urbano de Ponte Nova-MG (Zona da Mata Mineira), em situações sazonais de verão e inverno, no ano de 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 24, n. 15, p. 300-329, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60753/38885>. Acesso em: 7 jan. 2021.

ALVES, E. D. L. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, Ano 13, v. 20. P. 97-116, 2017. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13956/7217>. Acesso em: 6 mai. 2021.

ALMEIDA, A. J. P.; GUIMARÃES JUNIOR, S. A. M.; ANDRADE, E. L., FERREIRA NETO, J. V. Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais...**, 17, João Pessoa: INPE. Paraíba, p. 2047-2054, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/po406.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2021.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental. **Ambiência**, Guarapuava-PR, v. 8, n. 1, p. 101 -111, 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1428>. cesso em: 7 jan. 2021.

AMORIM, M. C. T. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Revista Finisterra**, Lisboa-PORT, v. 52, n. 105, p. 111-133, 2017. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/6888>. Acesso em: 15 ag. 2021.

**ANA**. Agência Nacional de Águas. Rede higrometeorológica Nacional. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/monitoramento/sala-de-situacao/rede-hidrometeorologica-nacional-1>. Acesso em: 3 mar 2021.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: Monteiro, C. A. F. Mendonça, F. (orgs.): **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, p. 93-120, 2009. 192p.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L.C.; OLIVEIRA, A.S.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Uso do solo e Temperatura Superficial em Área Urbana. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 10, n. 23, p. 207- 223, 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/579>. Acesso em 10 fev. 2021.

COLLISCHONN, E. Área verde como oásis térmico na região metropolitana de Porto Alegre. Acesso em/RS. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista-RR, Volume

Especial em Climatologia Geográfica, p. 165-183, 2012. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/1107/880>. Acesso em 26 dez. 2020.

CORREA, W. S. C.; COELHO, A. L. N.; VALE, C. C. Influência de distintos sistemas atmosféricos na temperatura de superfície do município de Vitória (ES). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 16, n. 53, p. 37-54, 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26984>. Acesso em: 7 jan. 2021.

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. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/bzMBJJ8MgLGXdSwHkYMHjYr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 mai. 2021.

DOUSSET, B.; GOURMELON, F. Satellite Multi-Sensor Data Analysis of Urban Surface Temperatures and Landcover. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, London-ING, v. 58, n. 1, p. 43-54, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271603000169>. Acesso em 13 jan. 2021.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: Reflexões acerca de um conceito. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista-RR, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p.61-76, 2012a. Disponível: <https://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/1094>. Acesso em: 5 jun. 2021.

FIALHO, E. S. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: FIALHO, E. S.; SILVA, C. A. (org.). **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: UFGD, 2012b, v. 1, pp. 83-114. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/327890815\\_ESTUDOS\\_CLIMATICOS\\_EM\\_SITIOS\\_URBANOS\\_E\\_RURALS](https://www.researchgate.net/publication/327890815_ESTUDOS_CLIMATICOS_EM_SITIOS_URBANOS_E_RURALS). Acesso em: 2 mar. 2021.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. O campo térmico no município de Viçosa-MG, Brasil, durante o período de verão (2014/2015) e inverno (2015). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, Lisboa-PORT, n. 12, p. 127-151, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2182-12672017000200007](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2182-12672017000200007). Acesso em 12 jan. 2021.

FIALHO, E. S.; SANCHES, F. O.; ALVES, R. S.; PAULO, M. L. S.; OLIVEIRA, W. D.; FERNANDES, L. A.; PRADO, L. B. Proximidades e contendas: uma análise das diferenças entre parâmetros climáticos ao longo do transecto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, Ano 14, Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, p. 357-368, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/61747/37747>. Acesso em: 5 mai. 2021.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, Ano 15, Edição Especial do Simpósio Brasileiro de Climatologia-SBCG-2018, p. 47-



85, 2019. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65748/38760>. Acesso em: 5 mai. 2021.

GRUBLER, A. Industrialization as a historical phenomenon. in: SOCOLOW, R. (org.): **Industrial Ecology and Global Change**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1994. 299p.

IBGE, Diretoria de pesquisas, coordenação de população e indicadores sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pontenova/panorama>. Acesso em: 11 jan. 2021.

INPE (Brasil). Divisão de Geração de Imagens. **LANDSAT**. In: Landsat. [S. l.], 2013. Disponível em: [dgi.inpe.br](http://dgi.inpe.br). Acesso em: 20 jan. 2021.

MACHADO, F. L. V.; JARDIM, C. H. Indicadores climáticos de degradação ambiental em áreas urbanas: o aglomerado da serra em Belo Horizonte – MG. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. STEINKE, E. T. (orgs): **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: Ed.UFGD, p. 107-144, 2014, 392p.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass, **Coleção 4.0 da série anual de mapas de uso e cobertura do solo do Brasil**. Disponível em: [www.mapbiomas.org](http://www.mapbiomas.org). Acesso em: 12 jan. 2021.

MARINHA DO BRASIL. **Centro de Hidrografia da Marinha, Cartas sinóticas**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 3 mar 2021.

MARCHI, O. A. M.; CALIJURI, M. L.; COSTA, S. H. G.; LUGÃO, W. G.; SOUZA, P. J. A.; Leitura e Caracterização da Paisagem em auxílio ao planejamento da ocupação urbana de Ponte Nova–MG. **Natureza & Desenvolvimento**, Viçosa-MG, v. 1, n. 1, p. 41-50, 2005. Disponível em: [http://www.cbcn.org.br/arquivos/p\\_leitura\\_nova-mg\\_1379590217.pdf](http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_leitura_nova-mg_1379590217.pdf). Acesso em: 26 mai. 2021.

NATIVIDADE, U, A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo-SP, v. 32, n. 4, p. 600-614, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n4/0102-7786-rbmet-32-04-0600.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

OKE, T. R., MILLS, G., CHRISTEN, A., VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 519p.

OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. O campo térmico do distrito de Carapina - Serra/ES: Análise de verão em uma cidade litorânea. **Caderno de Geografia**, Coimbra-PORT, v. 41, n. 1, p. 59-79, 2020. Disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/view/41\\_5/6507](https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/view/41_5/6507). Acesso em: 14 jan. 2021.

- ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. C. T. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Temperatura da Superfície e do ar na cidade de Tarumã/SP. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA: reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos, 2013, Lima/Peru. Unión Geográfica Internacional. v. 1. p. 1-20, 2013. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Ecologia/03.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2021.
- PAULA, I. F. M.; PIMENTEL, F. O.; FERREIRA, C. C. M. Correlação entre a temperatura de superfície e o índice vegetativo no perímetro urbano de Juiz de Fora –MG. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora-MG, v.6, n.4 (Caderno Especial II SIMGEO), p.339-351, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18037>. Acesso e: 9 fev. 2021.
- PIRINGER, M.; GRIMMOND, C. S. B.; JOFFRE, S. M.; MESTAYER, P., MIDDLETON, D. R.; ROTACH, M. W., BAKLANOV, A.; RIDDER, K., FERREIRA, J.; GUILLOTEAU, E.; KARPPINEN, A.; MARTILLI, A.; MASSON, V.; TOMBROU, M. Investigating the surface energy balance in urban areas – recent advances and future needs. **Water, Air, and Soil Pollution: Focus** 2: 1–16, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1021302824331>. Acesso em: 7 jan. 2021.
- PORONGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. C. C. T. Geotecnologias aplicadas à análise de Ilhas de Calor de superfície em cidades do Interior do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife-PE, v. 12, n. 6, p. 2041-2050, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.6.p2041-2050>. Acesso em: 7 mar. 2021.
- PRADO, L. B.; FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. O sensoriamento remoto e o clima urbano: Uma perspectiva de investigação através do campo térmico de superfície, na área central do município de Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, Ano 16, v. 17, p. 919-946, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/76384/42620>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- RAO P. K. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, New York-EUA, v. 53, p. 647-648, 1972.
- SANTOS, L. F.; FURTADO, J. B.; FIALHO, E. S. Análise da distribuição da temperatura de superfície no município de Ervália – MG. In: SEMINÁRIO DE POS-GRADUACAO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Minas Gerais, **Anais...**, 7, Juiz de Fora. p. 192-201, 2019. Disponível em <https://www.ufjf.br/ppgeografia/files/2019/08/ANAIS-VII-SEMINÁRIO-DO-PPGEO.pdf>. Acesso em: 2 de jun. 2021.
- SANTOS, L. G. F.; FIALHO, E. S. Análise da distribuição da temperatura de superfície em relação ao índice de vegetação por diferença normalizada, em estação seca e chuvosa, no município de Teixeira-MG. **Revista Ponto de Vista**, Viçosa-MG, v. 9, n. 3, p. 95-112, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RPV/article/view/10805>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SHIFLETT, S. A.; LIANG, L. L.; CRUM, S. M.; FEYISA, G. L.; WANG, J.; JENERETTE, G. D. Variation in the urban vegetation, surface temperature, air temperature nexus. **Science of the Total Environment**, New York-EUA, v. 579, n. 1, p. 495–505, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716325086>.

Acesso em: 13 jan. 2021.

SHIMAKURA, S. E. **Interpretação do coeficiente de correlação.**

Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Acesso em: 20 jan. 2020.

STREUTKER, D. R. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. **International Journal of Remote Sensing**, New York-EUA, v. 23, n. 13, p. 2595-2608, 2002. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160110115023>. Acesso em: 7 jan. 2021.

TOFFOLLI, T. N.; RODRIGUES JUNIOR, R. S.; FERREIRA, J. H. D. Padrão Espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) no município de Campo Mourão/PR. **Revista Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro-RJ, v. 42, n. 4, p. 182-188, 2019. Disponível em:

<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13502/13095>.

Acesso em: 10 fev. 2021.

UNITED NATIONS - Department of Economic and Social Affairs, Population Division-. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**

(ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations, 2019, 126p. Disponível em:

<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2021.

USGS. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook - Section 1.** 2016. Disponível

em: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-1>. Acesso em: 10 jan. 2021.

VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata, de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro-RJ, v. 20, n. 1, p. 3-82, 1958. Disponível

em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg\\_1958\\_v20\\_n1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1958_v20_n1.pdf). Acesso em: 11 jan. 2021.

WENG, Q. A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. **International Journal or Remote Sensing**, New York-EUA, v. 22, n. 10, p. 1999-2014, 2001.

Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713860788>. Acesso em: 7 jan. 2021.

YANG, Q.; HUANG, X.; TANG, Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations. **Science of the Total Environment**, New York-EUA, v. 705, n. 2, 10p. 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135984>. Acesso em: 11 fev. 2021.

Recebido em 12 de Junho de 2021  
Aceito em 29 de Julho de 2021