

## Distribuição espacial da intensidade da ilha de calor de superfície no verão e inverno em Viçosa.<sup>1</sup>

Spatial distribution of surface heat island intensity in summer and winter in Viçosa.

Larissa Galvão fontes dos Santos<sup>2</sup>, Edson Soares Fialho<sup>3</sup>

**RESUMO:** O avanço nos métodos de pesquisa em clima urbano, propiciou diferentes formas de monitorar o clima das cidades, dentre elas, a análise do campo térmico de superfície. O sensoriamento remoto tem auxiliado a gestão dos recursos naturais e planejamento urbano. Nesse sentido, o presente trabalho procura contribuir, por sua vez, analisando o campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG), em situação de inverno e verão do ano de 2018. Para isso, foram utilizadas duas imagens do satélite *Landsat8*, datadas em 20/01/2018 e 02/09/2018 na elaboração da temperatura de superfície e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, bem como o mapeamento do uso e cobertura da terra por meio do Mapbioma. Diante das análises, foi possível observar que, o município tanto no inverno, quanto no verão, as menores temperaturas de superfície se concentram onde há maior proeminência de formações vegetais, enquanto, as maiores, se encontram em áreas de pastagem e área urbana, esta última, sobretudo no verão. As maiores diferenças entre campo cidade, identifica-se que as áreas de pastagem degradada, com solo exposto, apresentaram o locais de maior diferença entre os valores de temperatura de superfície, com os ambientes florestados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima urbano, temperatura de superfície, Campo térmico.

**ABSTRACT:** Advances in urban climate research methods have led to different ways of monitoring the climate in cities, including analyzing the surface thermal field. Remote sensing has increasingly become part of this scope, aiding analyses in places without meteorological stations. To this end, this study aims to analyze the surface thermal field in the municipality of Viçosa (MG) during the winter and summer of 2018. To this end, two Landsat8 satellite images, dated 20/01/2018 and 02/09/2018, were used to calculate surface temperature and the Normalised Difference Vegetation Index and map land use and land cover using Mapbioma. From the analyses, it was possible to see that, of the municipality in both winter and summer, the lowest surface temperatures are concentrated where plant formations are more prominent. At the same time, the highest are found in pasture areas and urban areas, the latter especially in summer. About the the greatest differences between the countryside and the city it can be seen that the areas of degraded pasture with exposed soil showed the most significant difference between the surface temperature values and the forested environments.

**KEYWORDS:** Urban climate, Surface temperature, thermal field.

<sup>1</sup> O trabalho faz parte do projeto: Paisagens, Clima e Territórios apropriados: Uma discussão sobre o significado social do clima em diferentes sociedades e escalas geográficas. (SISPPG/UFV: 213615).

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Viçosa. Mestranda. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8787-2255>. E-mail: [larissa.galvao@ufv.br](mailto:larissa.galvao@ufv.br)

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Viçosa. Professor Associado IV. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1162-632X>. E-mail: [fialho@ufv.br](mailto:fialho@ufv.br).

## 1. INTRODUÇÃO

As preocupações com as questões ambientais do meio urbano alcançam relevância, quando o processo de urbanização se intensifica, abandonando as condições mínimas de infraestrutura, que promovem o crescimento de uma cidade fragmentada social e economicamente (SANT'ANNA NETO, 2002).

Além desses problemas, autores como Oke (1987) e Monteiro (1976) em seus estudos evidenciam as consequências decorrentes das transformações na paisagem, em face da substituição da vegetação e adensamento de materiais de construção de maior inércia térmica. O uso intenso do território, por meio do fluxo de pessoas, atividade comercial e o trânsito de veículos, que são inerentes a vida urbana, é capaz de maneira conjunta, modificar a harmonia das relações entre sociedade e natureza e desencadear, dentre diversas alterações, o aumento da temperatura do ar e da superfície nas cidades.

O estudo sobre o clima urbano tem seus primeiros registros em países de latitudes médias, com clima temperado, como o estudo realizado por Chandler (1965) na cidade de Londres, em que notou a existência de uma temperatura do ar maior no meio urbano, quando comparado ao seu entorno imediato. No Brasil, dadas as diferentes realidades e condições climáticas, os pesquisadores brasileiros viram a necessidade de promover estudos de caso considerando as condições do clima tropical.

As primeiras cidades brasileiras que foram contempladas com esse tipo de estudo climático foram: São José dos Campos (TARIFA, 1977); Porto Alegre (DANNI, 1980) e Santa Maria (SARTORI, 1986). Os referidos trabalhos se pautaram no arcabouço teórico de Monteiro (1976), que considera a relação entre o clima e o espaço urbano como um sistema integrado.

A partir da década de 1980, as técnicas de mensuração das variáveis climáticas para os estudos do clima das cidades, começou a utilizar geotecnologias (LOMBARDO, 1985; DELGADO *et al.*, 2012). Por proporcionar análises em diferentes escalas, possibilitar estabelecer relações com demais variáveis, como o uso e cobertura da terra, vegetação, o monitoramento da temperatura de superfície, o sensoriamento remoto tem contribuído no monitoramento de espaços da cidade.

No entanto, as pesquisas sobre clima urbano, apresentaram maior atenção nas grandes cidades até meados da década de 1990 em detrimento das cidades de menor porte. Esse cenário, por sua vez, mudou um pouco, a partir do início da década de 2000, uma vez que as cidades médias e de pequeno porte, nos últimos censos demográficos vem apresentando taxas de crescimento maiores do que os grandes centros urbanos (FIALHO, 2009; FIALHO; QUINA, 2016 e 2017).

O município de Viçosa (MG), com 76.400 hab. é uma cidade verticalizada, processo esse iniciado no início da década de 1990. Todavia, cabe destacar, que segundo o levantamento da rede

urbana brasileira elaborada pelo IBGE-REGIC (2020), a cidade de Viçosa, por suas condições econômicas e sociais, dentro do contexto geográfico no qual se insere, pode ser definida como centro sub-regional nível B<sup>4</sup>, devido ao seu processo de ocupação condensado.

O município, sobretudo o espaço urbano, possui uma gama de estudos que investigam a formação de um clima local (FIALHO, 2021), no entanto, grande parte se concentra na análise da variável temperatura do ar, de forma que, análises com a utilização de imagens de satélite, há apenas dois estudos.

O primeiro realizado na área central (PRADO *et al.*, 2020) e o segundo, no setor norte de expansão da mancha urbana (FIALHO; SANTOS, 2023). Nesse sentido, o presente trabalho busca verificar se existe a correlação entre a intensidade da ilha de calor de superfície com o uso e cobertura da terra, considerando todo o perímetro da área urbana consolidada do município de Viçosa, MG.

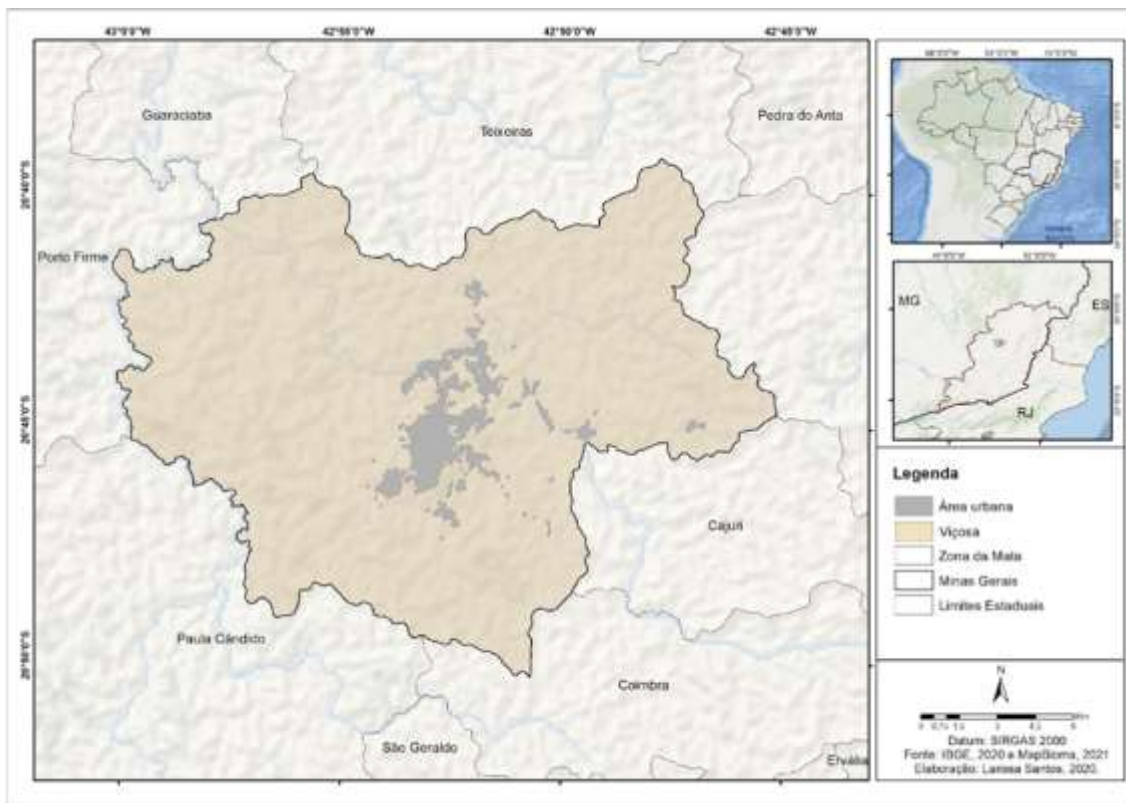
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha do ano de 2018, para o município de Viçosa (Figura 1), ocorreu em virtude de ser aquele que apresentou imagens de satélite sem cobertura de nuvens para a área de estudo nas duas estações.

Para o desenvolvimento do objetivo, utilizou-se uma metodologia quali-quantitativa e experimental, com o mapeamento da expansão da mancha urbana, com vistas a entender a espacialidade desse processo; o mapeamento da Temperatura de Superfície e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) confeccionados com imagens do satélite *Landsat-8* e o mapeamento do uso e cobertura da terra pelos dados do projeto Mapbiomas.

<sup>4</sup> O Regic 2018 classifica os centros urbanos brasileiros em cinco categorias a depender do grau de subordinação, influência e intensidade de fluxos existentes em cada um deles. Sendo assim, cada categoria tem um nível de hinterlândia ou região complementar diferente, ou seja, a classificação é dividida em 5 grupos. Metrôpoles; Capitais Regionais (A, B e C); Centros sub-regionais (A, B e C); Centros de Zona (A, B e C) e Centros Locais.

Figura 1: Localização do município de Viçosa, MG.



Fonte: Autores (2024).

## 2.1. Coleta de dados

A elaboração das imagens termais e NDVI, foram utilizadas duas imagens do satélite *Landsat 8*. A escolha pelo satélite em questão, se dá em virtude da boa resolução espacial (30x30m) frente aos demais satélites disponíveis para *download* dos produtos que possuem bandas na região do Infravermelho termal. As imagens foram obtidas no *site* Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Esse satélite foi lançado em 2013 com o objetivo de trazer melhorias na qualidade do imageamento, sobretudo no canal do visível e do infravermelho (USGS, 2016). Possui dois sensores, sendo eles o *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* responsável pelo imageamento no canal do infravermelho termal, que possibilita o desenvolvimento das imagens termais e o sensor *Operational Land Imager (OLI)* que realiza o imageamento nas demais faixas espectrais.

Para analisar o comportamento da temperatura de superfície em situações sazonais distintas, buscou-se selecionar imagens condizentes com a situação de inverno e verão, que não estivessem sob a condição de nebulosidade. Sob condição de estabilidade atmosférica, ausência de nuvens, as imagens de situações sazonais de verão (20/01/2018) e inverno (02/09/2018) do ano de 2018 foram selecionadas.

Para caracterização geral do uso e cobertura da terra do município de Viçosa, também foram utilizados os dados do projeto Mapbiomas, porém, do ano de 2018, em virtude do ano das imagens de satélite encontradas sobre a área.

## 2.2. Temperatura de Superfície

Na elaboração da temperatura de superfície foram utilizadas equações disponibilizadas pela USGS, seguindo os procedimentos adotados por Coelho e Correa (2013). Os procedimentos consistem no uso da banda 10 do satélite *Landsat* 8, correspondente ao infravermelho termal, com resolução espacial de 60 metros, mas reamostrados e disponibilizados em 30 metros. O procedimento parte da conversão de níveis de cinza da imagem para radiância, em seguida a obtenção da temperatura de brilho do sensor em Kelvin, com base nas equações 1 e 2.

Eq. 1

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L$$

Onde,  $L\lambda$  = Radiância espectral do sensor no topo da atmosfera (Watts / (m<sup>2</sup> \* srad \* μm)),  $M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10,  $A_L$  = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10,  $Q_{cal}$  = Valores de pixel do produto padrão quantizados e calibrados (DN).

Eq. 2

$$T = \frac{K_2}{\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15$$

Onde:  $T$  = Temperatura efetiva no satélite (K),  $L\lambda$  = Radiância espectral (Watts / (m<sup>2</sup> \* srad \* μm)),  $K_1$  = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados.  $K_2$  = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados (COELHO; CORREA, 2013). Os dados e valores necessários para a realização das equações descritas são encontradas nos metadados disponibilizados junto a imagem de satélite. O produto gerado a partir da aplicação acima, é subtraído por 273,15, para a obtenção da temperatura em graus Celsius. Após gerar a imagem termal, foi reprojetoado para o Datum SIRGAS 2000, projeção UTM 23 Sul e recortado para Viçosa.

Por fim, para elaboração da carta de intensidade da ilha de calor de superfície, foi utilizado o *raster* elaborado na termografia de superfície. A partir da identificação do registro de menor temperatura de superfície, essa foi utilizada para subtrair os demais valores verificados nos demais *pixels*.

### 2.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Para a obtenção do NDVI, é necessário a utilização das bandas 4 (infravermelho) e 5 (infravermelho próximo) do satélite *Landsat 8*, para a obtenção do índice. O mesmo tem a capacidade de verificar a presença, o vigor e o adensamento vegetal na superfície. Para isso, utiliza uma escala, que varia de 1 a -1.

Os valores mais próximos a 1, demonstram maior vigor e adensamento de cobertura vegetal. Enquanto os valores negativos identificam uma menor condição da vegetação, e possibilidade de locais com solo exposto, área construída e corpos d'água (ALMEIDA *et al.*, 2015). A equação (Eq. 3) para obtenção do índice obedece a proposta de Rouse *et al.* (1973):

Eq. 3

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Onde:

NDVI = Índice de vegetação da diferença normalizada. NIR = infravermelho próximo. R = Infravermelho.

Para identificar a variação sazonal do NDVI, adotou-se a proposta elaborada por Melo *et al.* (2011), conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classes de valores de intensidade do NDVI.

Classes	Valores do NDVI
Corpo hídrico e solo exposto	> 0
Baixa	0,01 a 0,20
Moderadamente baixa	0,21 a 0,40
Moderada	0,41 a 0,60
Moderadamente alta	0,61 a 0,80
Alta	0,81 a 1,00

Fonte: Melo *et al.* (2011, p. 524).

### 2.4. Uso e cobertura da terra.

Para a análise da expansão da mancha urbana do município de Viçosa foram utilizados dados do Mapbiomas<sup>5</sup> para os anos de 1985 a 2021. Foram baixados dados de uso e cobertura da terra da última coleção lançada, Coleção 7.0, nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 para o município, através da plataforma *Google Earth Engine*.

<sup>5</sup> O MapBiomas é uma iniciativa do Observatório do Clima, co-criada e desenvolvida por uma rede multi-institucional envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia com o propósito de mapear a cobertura e uso da terra do Brasil e monitorar as mudanças do território (Mapbiomas, 2021).

Após o download a mesma forma foi realizada para transformação do formato *raster* para vetor. Com os vetores gerados, foi realizada a união de classes para integrar os polígonos que foram formados por cada classe, formando assim, um único polígono para cada classe de uso e cobertura da terra e por fim, calculada a área. Para a definição de cores da legenda, foi utilizada a palheta de cor padrão disponibilizada pelo Mapbiomas (2022).

### **3. A expansão urbana do município de Viçosa (1985-2021).**

Viçosa, a partir de 1970, com a federalização da antiga Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (UREMG) passou a ser denominada Universidade Federal de Viçosa (UFV). Essa mudança propiciou um maior investimento público na região, o que de certa forma, favoreceu a atração de mão de obra (SILVA, 2014).

Para compreender os aspectos espaciais desse processo de formação meio urbano e a complexidade intrínseca a formação de uma cidade em um ambiente de relevo acidentado, foi realizado o dimensionamento e espacialização desse crescimento ao longo dos anos de 1985 a 2021.

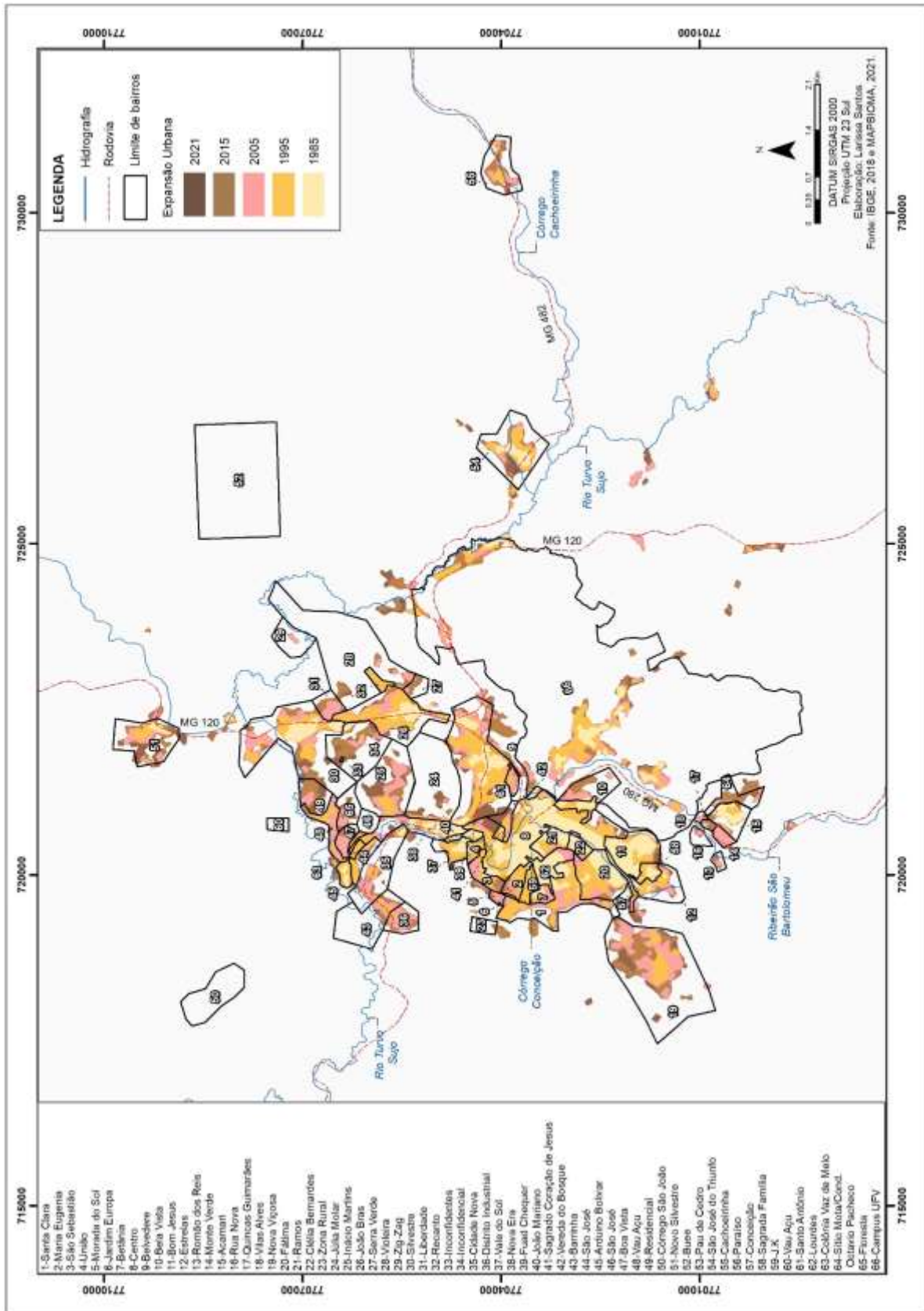
Na Figura 2, que mostra a espacialização da expansão urbana de Viçosa em intervalos de 10 anos, é possível observar que, a urbanização seguiu um padrão de adensamento ao longo dos cursos d'água e seus vetores de expansão seguindo as principais rodovias que cortam o município, principalmente, a partir de 2005.

Ao observa que a densificação e verticalização, privilegia as margens dos canais fluviais, a partir de meados da década de 1990, o que desrespeitava a lei do Código Florestal de 1965. Porém, as construções anteriores a essa data não desrespeitam a lei. Após essa data sim.

O fato pode ser explicado pela demanda por habitações em área planas e próximas ao campus da UFV. Mas, recentemente o código sofreu uma modificação e apresenta a possibilidade de regularização das ocupações preexistentes, respeitadas as regras constantes na nova Lei Florestal (Lei no 12.651/2012), bem como o disposto nos arts. 46 a 71-A da Lei no 11.977/2009.

Além dos rios, não se pode esquecer das rodovias, como indutores do avanço da malha urbana. Na porção norte do município, observa-se um expressivo prolongamento da área urbana, que se constituiu ao longo da BR-120. De acordo com Pereira (2005) uma integração e expansão das construções nessa área se fortalecem, a partir dos anos 2000, com instalação de instituições de ensino superior, a ESUV (Escola de Ensino Superior de Viçosa) e o Centro Universitário de Viçosa (Univiçosa), que adquiriu a primeira instituição. Isso por sua vez, possibilitou a atração de novos habitantes para os bairros circundantes (Silvestre, Liberdade, João Braz e Santo Antônio).

Figura 2: Expansão da mancha urbana da cidade de Viçosa, do ano de 1985 a 2021.



Fonte: Autores (2024).



Outras vias de acesso importantes, também conduzem o movimento de expansão da mancha urbana, como a rodovia MG-482 que, pelo sentido oeste dá acesso ao distrito industrial da cidade e ao município de Porto Firme. No sentido leste, permite o acesso aos distritos de São José do Triunfo e Cachoeirinha.

A rodovia MG-280, que atravessa o *campus* da UFV, permite acesso ao município de Paula Cândido, que ainda permite chegar a Ubá. Essa estrada até o ano de 1973<sup>6</sup> era a via preferencial de chegada a Viçosa.

Na Tabela 2, é possível visualizar a proporção, em termos de área expandida da cidade. De 1985 a 1995, Viçosa experimentou o seu mais expressivo crescimento, com uma ampliação de quase 4 km<sup>2</sup>, e uma taxa ocupação de 123,2 %.

Junto com a verticalização, havia um movimento de construção de novas habitações nos bairros próximos ao centro. Na década de 1990, as áreas ao redor das duas praças principais da cidade já se encontravam ocupadas e os olhares de expansão passava para as áreas circundantes (SILVA, *op. cit.*).

Segundo dados do IPEA DATA (2021), do censo de 1980 ao censo de 1996, Viçosa recebia um total de 18.824 novos habitantes. No entanto, na população urbana esse aumento foi superior, com 21.537, indicando que, além da chegada de novos habitantes no município, ainda havia um movimento de êxodo rural, com a população rural se direcionando à cidade.

Tabela 2: Expansão da mancha urbana de Viçosa.

Ano	(Área) Km <sup>2</sup>	Taxa de crescimento%	1985-2021
1985	2,95	-	
1995	6,58	123,19	
2005	9,58	45,44	341,86
2015	11,78	22,97	
2021	13,04	10,69	

Fonte: Autores (2024).

De 1995 a 2005, a área urbana apresentou uma menor ritmo de crescimento, em relação ao período de 1985-1995. Espaços antes não identificados próximos ao centro até 1995, agora se mostravam ocupados, além de ser notável a ampliação nos bairros mais distantes ao centro, como Bom Jesus, Nova Viçosa, Posses e João Braz.

Entre 2015 e 2021, percebe-se que a mancha urbana continuou a crescer, observa-se que o movimento de expansão ocorreu nas franjas da cidade. Esse movimento em direção as áreas

<sup>6</sup> 1973 foi inaugurado a rodovia BR-120.

periféricas da cidade têm a dinâmica baseada em duas formas de ocupação principais: condomínios fechados horizontais de alto poder aquisitivo e loteamentos voltados para a população de baixa renda.

Apesar do menor ritmo de crescimento, assim como da população, que o censo de 2007 a 2010 evidenciou, com um aumento de apenas 2.263 habitantes na área urbana. E no período de 2010 (72.220 hab.) a 2022 (76.430 hab.), a população teve um aumento 4.210 novos habitantes.

Ao observar esse comportamento, nos últimos 12 anos (2010-2021). Isso pode ser o reflexo dos processos de produção do espaço voltados para a especulação financeira, para imobilização de capital (os condomínios de alto padrão). Essa lógica impulsiona os processos de reestruturação urbana.

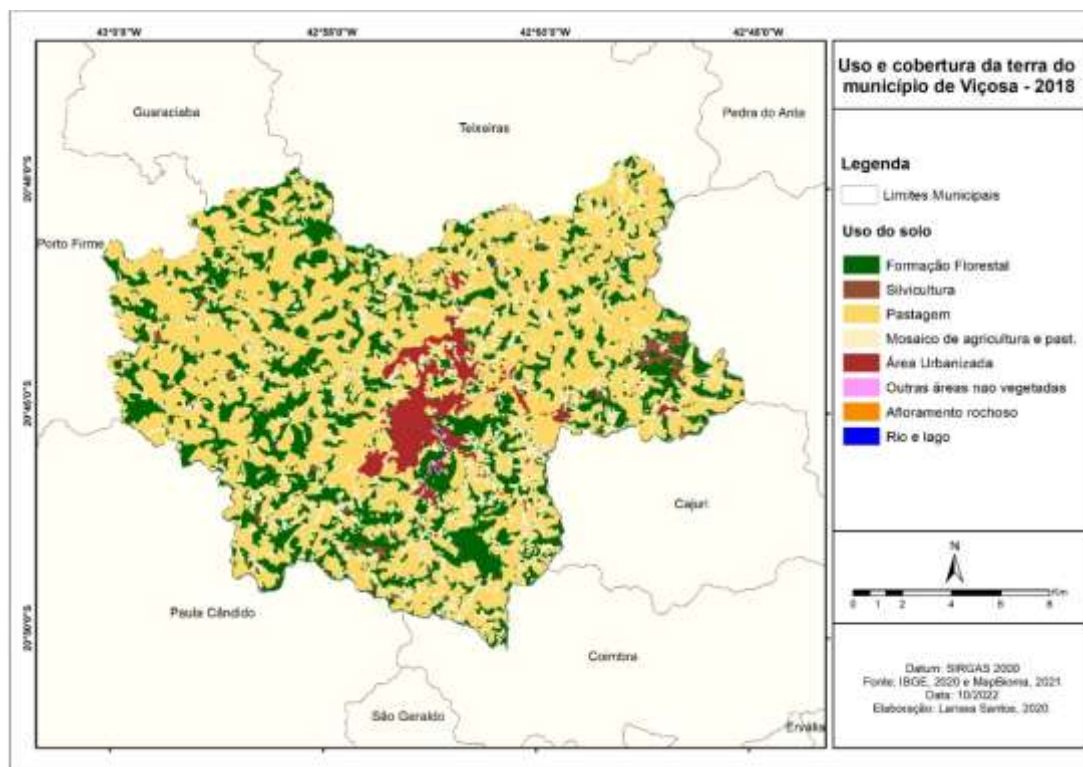
3.1. O campo térmico de superfície do município Viçosa: uma relação entre temperatura de superfície e uso e cobertura da terra.

Em Viçosa, trabalhos com enfoque na temperatura de superfície já foram realizados por Delgado *et al.* (2012) comparando o uso e cobertura da terra e a Temperatura de superfície de 1999 a 2010 e Santos e Fialho (2021) no período de 1985 e 2019, nos quais, mesmo com metodologias diferentes, ambos notaram tendências de aumento das temperaturas de superfície na área urbana, entre 2,0°C e 3,5°C.

3.2. Espacialização da intensidade da ilha de calor de superfície e do uso e cobertura da terra em Viçosa, no verão e inverno de 2018.

No ano de 2018, de acordo com os dados do Projeto Mapbioma, o uso e cobertura da terra em Viçosa era composto pelas seguintes classes: formação florestal, silvicultura, pastagem, mosaico de agricultura com pastagem, área urbanizada, afloramento rochoso, outras áreas não vegetadas e rio e lago (Figura 3).

Figura 3: Uso e cobertura da terra, no município de Viçosa para o ano de 2018.



Fonte: Autores (2024).

Dentre as classes encontradas, é possível observar que a maior parte do município foi composto da classe de uso pastagem, sendo essa, aproximadamente 49,0% da cobertura de Viçosa, seguido de formação florestal, com 26,0% e mosaico de agricultura com pastagem apresentou 19,2%. Já a área urbanizada ocupa 12,49 km<sup>2</sup>.

Os demais usos, como outras áreas não vegetadas, rio e lago e silvicultura e afloramento rochoso ocupam 1,5% da área do município, como pode ser observado na Tabela 3. Na análise da diferença de temperatura de superfície entre o ambiente rural e urbano, no dia 20 de janeiro de 2018 (verão), as temperaturas de superfície apresentaram variação de 24,5°C a 38,8°C, e uma média de 29,0°C.

Tabela 3: Porcentagem por classe de uso e cobertura da terra, no município de Viçosa.

Uso e cobertura da terra	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%
Formação Florestal	7795,33	77,95	26,04
Silvicultura	392,61	3,93	1,31
Pastagem	14685,94	146,86	49,05
Mosaico de agricultura e past.	5761,26	57,61	19,24
Área Urbanizada	1249,03	12,49	4,17
Outras áreas não vegetadas	27,48	0,27	0,09
Afloramento rochoso	1,90	0,02	0,01
Rio e lago	26,93	0,27	0,09

Fonte: Autores (2024).

Na Figura 4, apresenta pontos de maior diferença termal em algumas áreas rurais do município, dentro do intervalo de 10,0°C e 14,0°C, no qual se encontram sobre o uso pastagem e mosaico de agricultura com pastagem, dispersas pela área rural do município. Todavia, chama atenção o fato de que nas áreas de transição entre o urbano e rural, constata-se também intensidades significativas, variando entre 6,0°C e 8,0°C.

As menores intensidades, por sua vez, localizam-se no intervalo 0,0 a 4,0°C, que como se constata, ocupa a maior porção da área do município, nota-se uma relação com a localização da classe de formação florestal e silvicultura (Figuras 4 e 5).

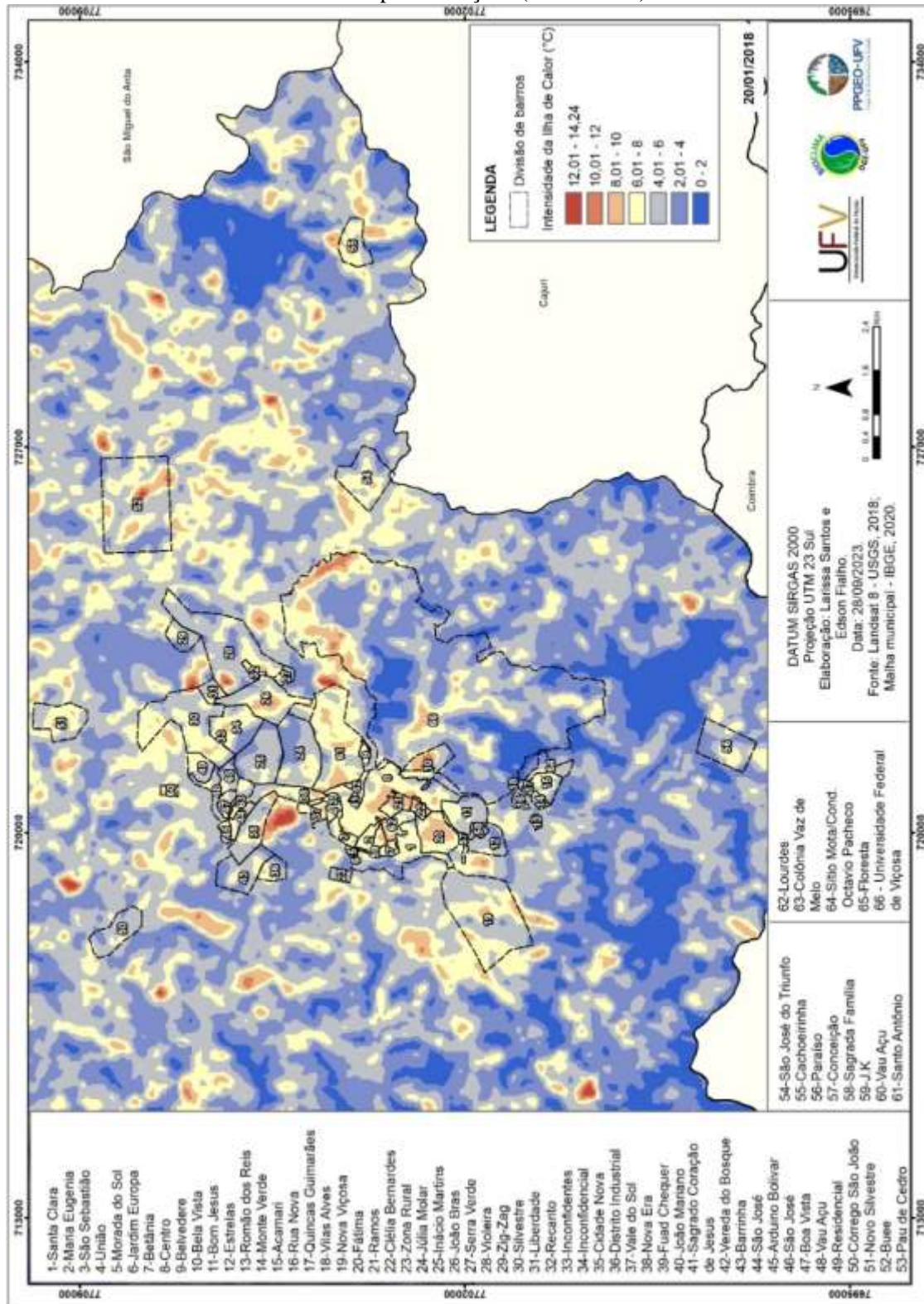
Além disso, as classes de afloramento rochoso, rio e lago, formação florestal e silvicultura apresentam maiores proporções dos intervalos das temperaturas mais baixas, sobretudo a formação florestal e silvicultura, que se encontram nas porções Sul, Sudoeste e Noroeste do município, além de uma pequena área na porção Leste.

Em contrapartida, as proporções de temperatura de superfície mais elevadas são encontradas em três classes de uso: pastagem, mosaico de agricultura e pastagem e na área urbanizada, sendo, nesta última, onde se observa proporção dos três últimos intervalos (32,0°C a 38,7°C) com maior proeminência.

No inverno, dia 2 de setembro de 2018, a temperatura de superfície variou de 18,1°C a 31,2°C, com uma média de 24,0°C. Na Figura 6, é possível verificar que a temperatura de superfície e do uso e cobertura da terra do município de Viçosa.

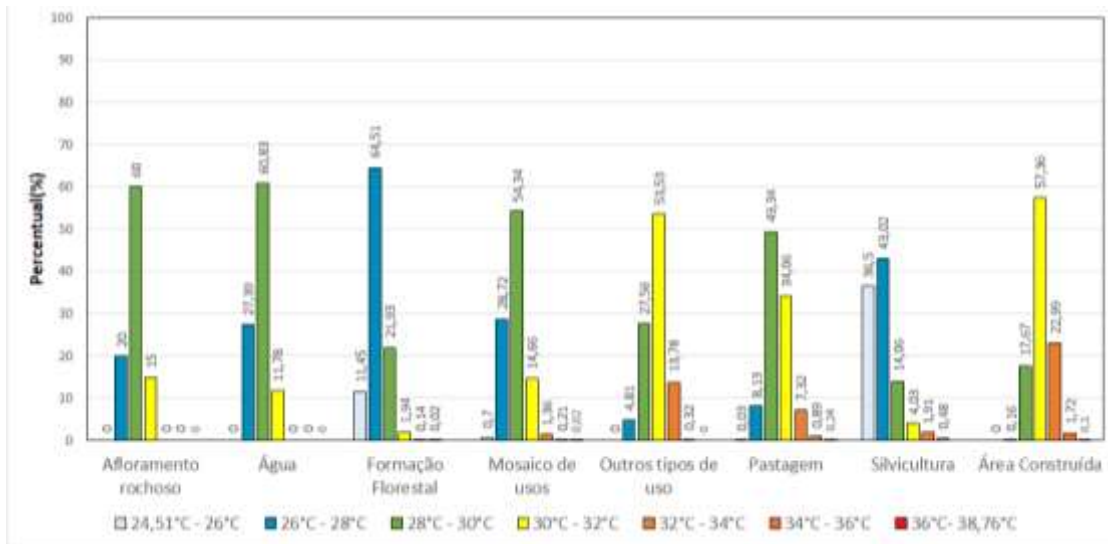
Nota-se ainda que, as porções de maiores temperaturas de superfície, assim como no verão, localizam-se na porção rural, sobretudo, no uso pastagem, alcançando temperaturas de 30,0°C a 31,2°C. As temperaturas mais amenas estão localizadas em grande parte sobre a formação florestal e a silvicultura, assim como encontrado para o verão.

Figura 4: Distribuição espacial da intensidade da ilha de calor de superfície, no município de Viçosa (20/01/2018).



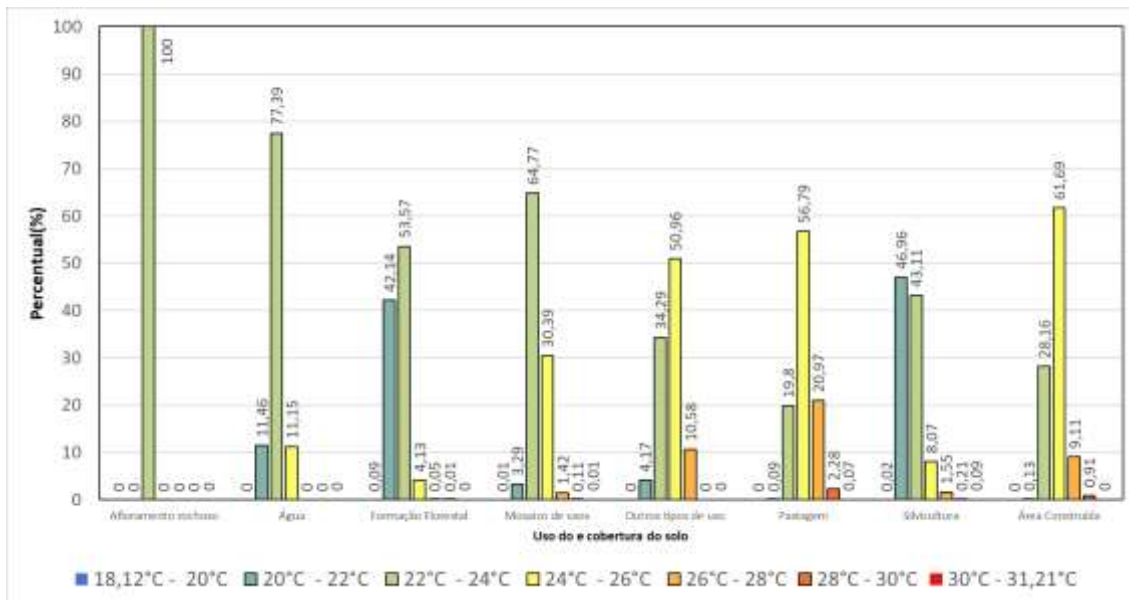
Fonte: Autores (2024).

Figura 5: Temperatura de superfície por uso e cobertura da terra - verão de 2018.



Fonte: Autores (2024).

Figura 6: Temperatura de superfície por uso e cobertura da terra – inverno de 2018.



Fonte: Autores (2024).

Na Figura 7, a distribuição da ilha de calor de superfície é semelhante ao verão. As temperaturas mais baixas se localizaram nos usos de rio e lago, afloramento rochoso, formação florestal e silvicultura, porém, os intervalos de 18,1°C a 22,0°C, foram mais evidentes na formação florestal e silvicultura.

Esse resultado é corroborado com os resultados encontrados por Fialho e Santos (2021), no qual, as áreas com maior presença de vegetação adensada, respondeu com menor temperatura de superfície. Constatou-se também, que a maior concentração de superfícies com maiores temperaturas de superfície, localizam-se na área urbana, assim com verificado por Santos e Fialho (2020).

Em relação as classes com maiores temperaturas de superfície, as mesmas se repetiram sobre as mesmas classes encontradas no inverno, como, outros tipos de uso, pastagem e área urbanizada. Porém, diferente dos resultados encontrados no verão. No inverno é no uso pastagem que se encontram proporções de temperaturas mais elevadas.

Outro elemento importante, verificado que influenciou de maneira significativa a distribuição espacial da temperatura de superfície, foi a orientação das vertentes. No bairro Santo Antônio (61), que faz divisa com Julia Molá (24), observa que próximo ao divisor, quando a vertente muda de orientação, a intensidade da ilha de calor de superfície sofre um acréscimo de 6,0°C para 8,0°C em uma curta distância. O mesmo se observa no Bela Vista (10), local onde se encontra o centro de convenções da UFV.

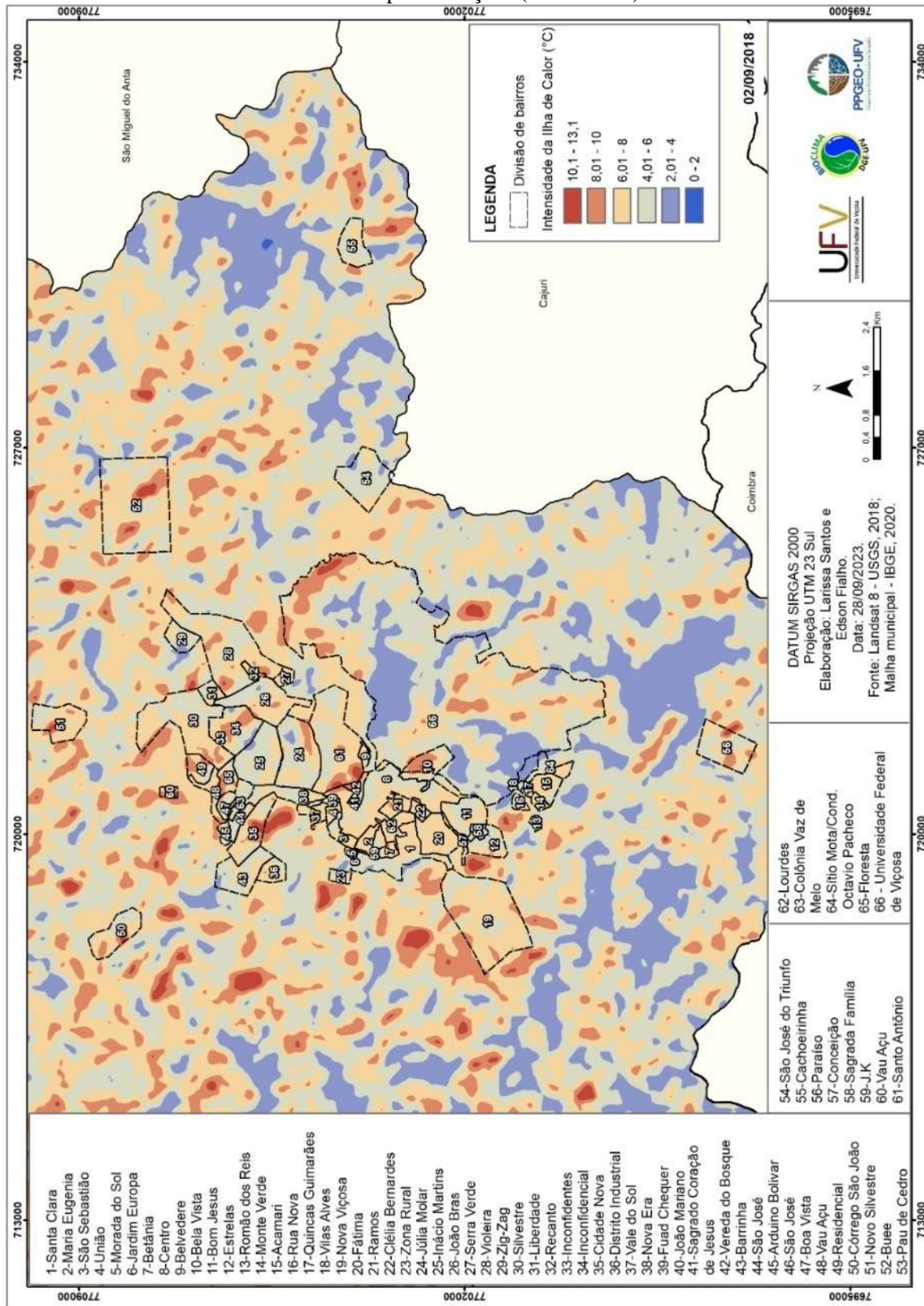
Por fim, os locais, onde se apresenta superfícies sem vegetação, afloramentos rochosos e a área do aeroporto são locais, que também se encontram temperaturas de superfície elevadas e também com intensidade de calor de superfície alta, cujo valor fica compreendido entre 8,0°C e 13,0°C.

As superfícies desprovidas de cobertura vegetal, segundo Callejas *et al.* (2011), por possuírem uma maior capacidade térmica, isso propicia um aquecimento rápido. Como Viçosa é caracterizado por um clima que apresenta um inverno seco, que pode chegar até 6 meses, com pluviosidade reduzida, isso acaba por influenciar o estado da vegetação, tornando a mesma capaz de favorecer o aquecimento da superfície, que em sua grande parte é formada por pastagens.

Em relação ao NDVI para o verão e o inverno, nota-se que os valores oscilaram 0,18 a 0,65, no verão, indica um maior vigor da vegetação. Enquanto no inverno variou de -0,12 a 0,59 (Figura 8). Essa diferença, conforme a Tabela 1, demonstra que a intensidade do índice fica entre as classes baixa e moderada, sendo que predomina a classe moderadamente baixa (0,21-0,40) com 84,4%, enquanto no verão a classe moderada predomina (0,41-0,60) com 71,2%.

No inverno, as áreas, sobretudo na porção Oeste, local com vários pontos de maior temperatura de superfície, identifica-se áreas com indicação de NDVI baixo (0,01-0,20). Na área urbanizada é possível notar, que no inverno a temperatura de superfície foi semelhante a aquela presente no entorno, no entanto, as temperaturas mais elevadas foram encontradas com maior incidência no meio urbano (Figuras 9 e 10).

Figura 7: Distribuição espacial da intensidade da ilha de calor de superfície, no município de Viçosa (02/09/2018).



Fonte: Autores (2024).



Figura 8: NDVI do verão (20/1/2018) e inverno (2/9/2018) em Viçosa, MG.

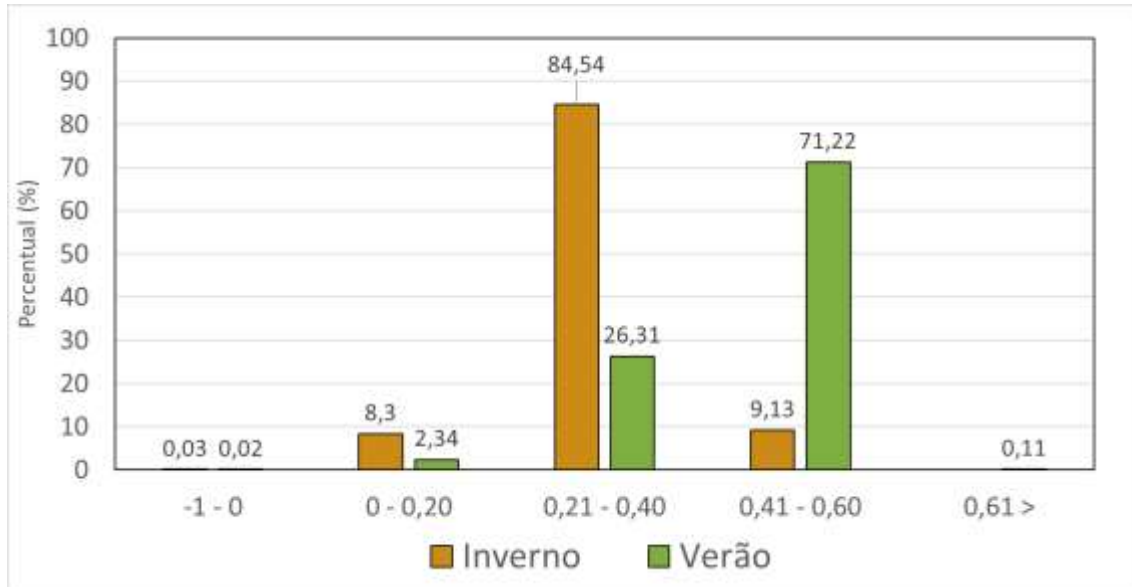
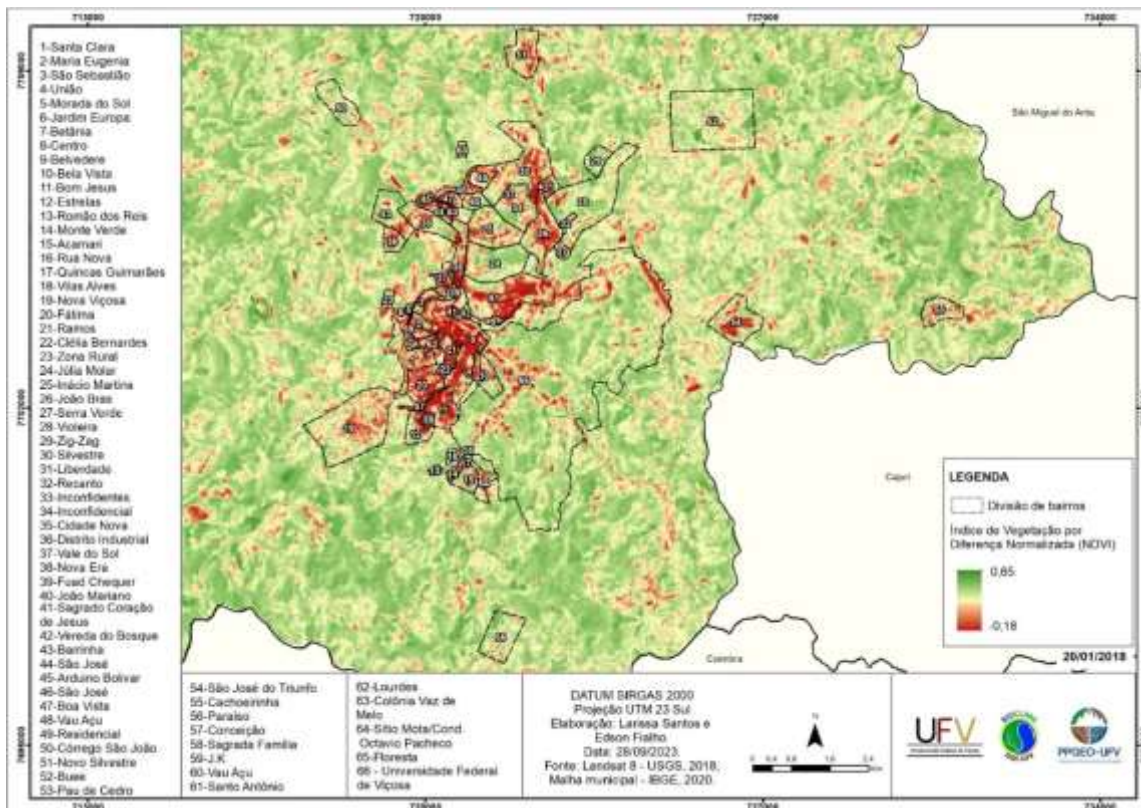
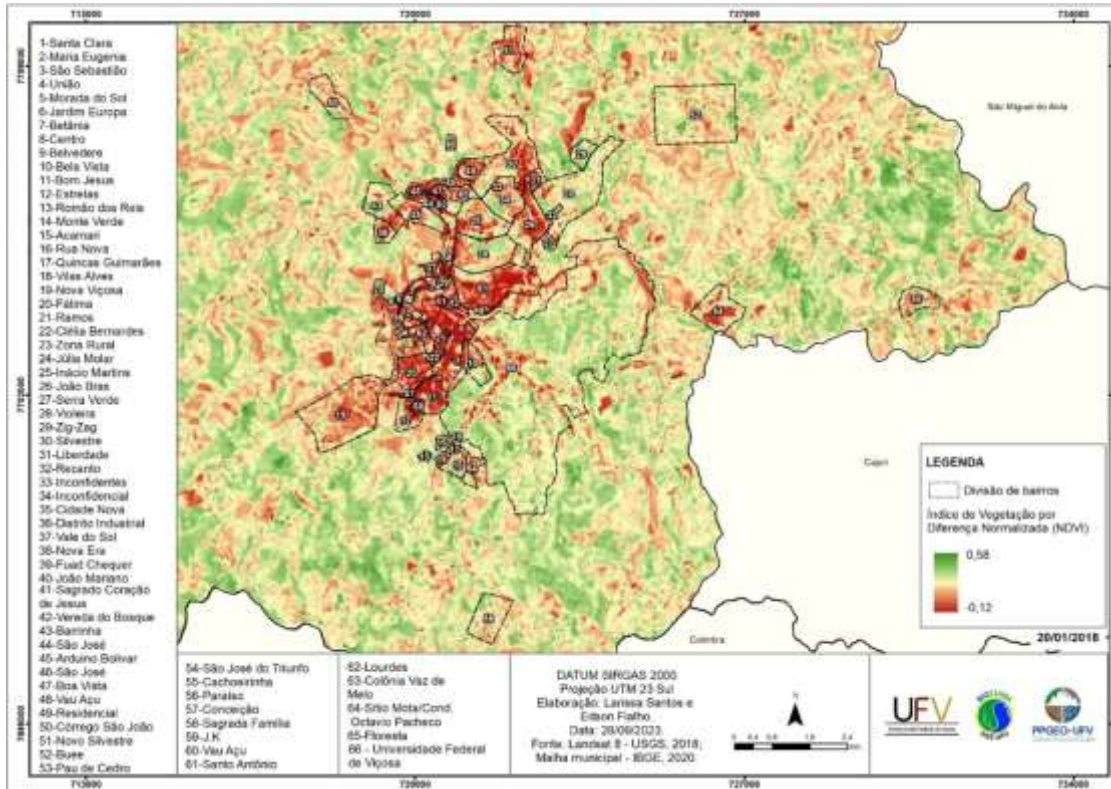


Figura 9: NDVI do dia 20/01/2018 em Viçosa, MG.



Fonte: Autores (2023).

Figura 10: NDVI do dia 02/09/2018 em Viçosa, MG.



Fonte: Autores (2023).

Porém, resultado encontra respaldo no trabalho de Amorim e Dubreuil (2016), que avaliaram a cidade de Presidente Prudente, SP, onde ao avaliaram a temperatura de superfície em período seco e chuvoso, evidenciaram que, no período chuvoso, a área urbana ficou quente em relação ao entorno rural, com uma condição de maior vigor da vegetação e consequente redução das temperaturas, enquanto no inverno, as temperaturas de superfícies em superfícies desprovidas de vegetação e da pastagem se assemelham a encontrada no urbano.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão da malha urbana de 1985 a 2021 foi a uma taxa de 342,86%, sendo que o período entre 1985 a 1995, registrou o maior ritmo de crescimento da taxa de crescimento (123%).

A partir dos resultados, foi possível observar que, no inverno, quanto no verão, os tipos de usos formação florestal e a área de silvicultura concentram as temperaturas mais baixas, enquanto pastagem e a área urbana, possuem as maiores temperaturas de superfície, sendo que, no verão, a área urbana concentra temperaturas mais elevadas do que no inverno, e as áreas de pastagem, no inverno, concentram os maiores valores de temperatura de superfície, fato esse relacionado a condição de seca.

Em relação ao NDVI, constatou-se a relação entre um índice baixo para as áreas de vegetação rasteira no inverno, indicando uma deterioração da vegetação, por causa da redução das chuvas, que favorece a condição de vegetação degradada e superfície exposta a ação do vento e as chuvas intensas do início da primavera. Essa condição conseqüentemente, favorece o registro das maiores temperaturas de superfície.

Já as diferenças na intensidade da ilha de calor de superfície, as mesmas foram superiores no verão do que no inverno. Esse resultado difere dos resultados da literatura, porém cabe destacar que a maior parte da intensidade ficou entre 0,1°C e 4,0°C, enquanto no inverno que a intensidade máxima foi menor cerca de 1,0°C, a intensidade que predomina está entre 4,0°C e 6,0°C.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALMEIDA, A. J. P.; GUIMARAES 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: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, *Anais...*, João Pessoa, PB, 2015.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. As diferenças das temperaturas dos alvos diagnosticadas por meio de imagens termais do satélite *Landsat 8* em período seco e chuvoso em ambiente tropical. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2016, Goiânia. *Anais [...]*. Goiânia: Gráfica UFG, 2016. v. 1. p. 1034-1046.

CALLEJAS, I. J. A., DURANTE, L. C., DE OLIVEIRA, A. S., NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. *Revista Mercator*, Fortaleza, CE, v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/579>. Acesso em: 3 out. 2023.

CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London, Hutchinson e Co. Publishers, 1965.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica*. Boa Vista-RR, v.7, n.1 p.31-45, 2013. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/2996/0>. Acesso em: 3 out. 2023.

DANNI, I. M. Ilha térmica de Porto Alegre. *Boletim Gaúcho de Geografia*, Porto Alegre, RS, v. 8, n. 1, p. 33-48, 1980. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/37634>. Acesso em: 3 out. 2023.

DELGADO, R. C.; RODRIGUES, R. de A.; FARIA, A. L. L.; PESSOA, C. S. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, São Paulo, SP, n. 25, p. 69-80, 2012. Disponível em: [https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/318](https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/318). Acesso em: 3 out. 2023.

FIALHO, E. S. *Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira*. 2009. 279p. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/publico/EDSON\\_SOARES\\_FIALHO.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/publico/EDSON_SOARES_FIALHO.pdf). Acesso em: 3 out. 2023.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Análise das diferenças térmicas entre o campo e a cidade em situação sazonal de verão, em 2014, no município de Viçosa (MG). **Revista Entre-Lugar**, Dourados, MS, v. 7, n. 14, p.13-35, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8145>. Acesso em: 2 out. 2023.

FIALHO, E.; 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**, Lisboa, PORT, n. 17, p. 127-151, 2017. Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2017.12.006>. Acesso em: 2 out. 2023.

FIALHO, E. S. Experimentos climáticos realizados pelo BIOCLIMA da UFV na Zona da Mata Mineira. in: CHRYSOSTOMO, M. I.; FARIA, A. L.; IORIO, G. S. (orgs.): Espaço, Dinâmicas territoriais e apropriações. Editora UFV, Viçosa-MG, p. 169-194, 2021b. 280p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351101363\\_Experimentos\\_climaticos\\_realizados\\_pelo\\_BIOCLIMA\\_da\\_UF\\_n\\_a\\_Zona\\_da\\_Mata\\_Mineira](https://www.researchgate.net/publication/351101363_Experimentos_climaticos_realizados_pelo_BIOCLIMA_da_UF_n_a_Zona_da_Mata_Mineira). Acesso em: 3 out. 2023

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. Clima, Cidade e Crescimento: Uma investigação da expansão norte da cidade de Viçosa-MG, por meio da termografia de superfície (2000-2019). **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 32, p. 383-414, 2023. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15766>. Acesso em: 3 out. 2023.

**IBGE**. Questionário Censo 2010. Características gerais da população Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/questionarios.php>. Acesso em: 5 out. 2023.

**IBGE**. Regiões de Influência das Cidades – Regic 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

**IPEA-DATA**. Banco de Dados do Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada. Macroeconômico. 2012. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 3 out. 2023.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

**MAPBIOMAS** - Projeto de mapeamento anual da Cobertura e uso do solo no Brasil. Coleção 7.0. 2022. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 2 out. 2023.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. A aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. **Revista RAE 'GA**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 520-533, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919>

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976. 181p.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2nd Edition. Methuen, London, 1987, 435p.

PEREIRA, M. F. V. Contradições de uma cidade científica: Processo de urbanização e especialização territorial em Viçosa, MG. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, MG, v. 18, n. 16, p. 197-206, 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15459/8749>. Acesso em: 2 out. 2023

PRADO, L. B.; FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. Sensoriamento remoto e o clima urbano: uma perspectiva de investigação através do campo térmico de superfície, na área central do município de Viçosa. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 27, p. 919-946, 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14302>. Acesso em: 2 out. 2023.

ROUSE, J. W.; HAAS, H. R. SCHELL, J. A. DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. *Proceedings*, v. 1, n. 3, p. 309-317, 1973. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf>

SANT'ANNA NETO, J. L. **Os climas das cidades brasileiras**. 1. Ed. Presidente Prudente: Programa de Pós Graduação em Geografia da FCT/UNESP, 2002. 227p.

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, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RPV/article/view/10805>. Acesso em: 2 out. 2023.

SANTOS, L. G. F.; FIALHO, E. S. Análise comparativa da temperatura de superfície, no município de Viçosa, MG) nos anos de 1985 e 2019: primeiros resultados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, *Anais...*, João Pessoa, 2021. p. 603 - 618., 2021.

SANTOS, L. G. F. **O clima urbano por meio do sensoriamento remoto**: O campo térmico de superfície do município de Viçosa, MG. Dissertação (Monografia em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, 2022. 75p. Disponível em: <https://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2023/01/Larissa-Galvao-Fontes-dos-Santos.pdf>. Acesso em: 4 out. 2023.

SARTORI, M. G. B. Modelização do clima urbano de Santa Maria, RS. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v. 8, n. 8, p. 53-66, 1986. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/25431>. Acesso em: 4 out. 2023.

SILVA, M. L. **Expansão da cidade de Viçosa (MG)**: A dinâmica centro-periferia. 2014, 149p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/2049>. Acesso em: 4 out. 2023.

TARIFA, J. R. A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: O caso de São José dos Campos. **Revista Geografia**, Rio Claro, SP, v. 2, n. 4, p. 81-102, 1977, Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/14785>. Acesso em: 3 out. 2023.

USGS. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**: Section 1. 2016. Disponível em: [http://landsat.usgs.gov/18handbook\\_section1.php](http://landsat.usgs.gov/18handbook_section1.php). Acesso em: 2 out. 2023.