Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

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

PRADO, Leonardo Brandão – leonardo.prado@ufv.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

FIALHO, Edson Soares - fialho@ufv.br
Universidade Federal de Viçosa / UFV

SANTOS, Larissa Galvão Fontes – larissa.galvao@ufv.br
Universidade Federal de Viçosa / UFV

Submetido em: 08/09/2020
Aceito para publicação em: 16/12/2020
Publicado em: 29/12/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.76384

RESUMO: O presente trabalho tem como intuito debater sobre a utilização do sensoriamento remoto pela Climatologia Geográfica através do sensor termal TIRS 10 acoplado ao satélite Landsat 8. Uma vez que as estações meteorológicas para a escala de análise do clima urbano em cidades de pequeno porte são inexistentes ou insuficientes para uma análise ao nível de detalhamento necessário. O município de Viçosa foi escolhido devido a trabalhos anteriores a este que puderam subsidiar a análise aqui presente. O município também apresenta o relevo ondulado como característica Geomorfológica que está presente em muitas cidades da Zona da Mata Mineira. Foi utilizado o satélite Landsat 8 no período de 2014 a 2017 em condição de tempo estável. Observou-se que diante da morfologia da área de estudos a utilização do sensoriamento remoto é uma ferramenta de obtenção de dados de grande valor e importância, uma vez que pode apresentar um nível de detalhamento superior a interpoladores. Principalmente devido à morfologia da cidade que potencializa microclimas.

PALAVRAS-CHAVE: Clima Urbano, Viçosa-MG, Temperatura de superfície, Sensoriamento Remoto, Zona da Mata Mineira.

REMOTE SENSING AND THE URBAN CLIMATE: A RESEARCH PERSPECTIVE THROUGH THE SURFACE THERMAL FIELD, IN THE CENTRAL AREA OF THE MUNICIPALITY OF VIÇOSA – MG

ABSTRACT: The present work aims to debate the use of remote sensing by Geographical Climatology through the thermal sensor TIRS 10 coupled to the satellite Landsat 8. Once the meteorological stations for the scale of analysis of urban climate in small cities. are nonexistent or insufficient for an analysis at the level of detail required. The municipality of Viçosa was chosen due to previous works that could support the analysis here, the municipality also presents the wavy relief as a Geomorphological characteristic that is present in many cities in the Zona da Mata Mineira. The Landsat 8 satellite was used from 2014 to 2017 in a stable weather condition. It was observed that in view of the morphology of the study area, the use of remote sensing is a tool for obtaining data of great value and importance since it can present a level of detail higher than interpolators. Mainly due to the city's morphology.

KEYWORDS: Urban Climate; Viçosa-MG, Surface temperature, Remote sensing; Zona da Mata Mineira

LA TELEDETECCIÓN Y EL CLIMA URBANO: UNA PERSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL CAMPO TÉRMICO DE LA SUPERFICIE, EN EL ÁREA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE VIÇOSA - MG

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo discutir el uso de la teledetección por parte de Climatologia Geográfica mediante el sensor térmico TIRS 10 acoplado al satélite

Landsat 8. Ya que las estaciones meteorológicas para la escala de análisis del clima urbano en las ciudades pequeñas. son inexistentes o insuficientes para un análisis con el nivel de detalle necesario. Se eligió el municipio de Viçosa debido al trabajo previo que podría subvencionar el análisis aquí, el municipio también presenta el relieve ondulado como un rasgo geomorfológico que está presente en muchas ciudades de la Zona da Mata Mineira. El satélite Landsat 8 se utilizó en el período de 2014 a 2017 bajo condiciones climáticas estables. Se observó que, habida cuenta de la morfología de la zona de estudio, la utilización de la teleobservación es un instrumento para obtener datos de gran valor e importancia, ya que puede presentar un nivel de detalle superior al de los interpoladores. Principalmente debido a la morfología de la ciudad que mejora los microclimas.

PALABRAS CLAVE: Clima Urbano, Viçosa-MG, Temperatura de Superfície, Sensores Remotos, Zona da Mata Mineira.

1. INTRODUÇÃO

> ...Considerada como "anomalia" atmosférica por uns, como "tecido canceroso" no organismo social por outros a "cidade", malgrado toda essa constatação, continua sendo o "habitat" do homem por excelência... (MONTEIRO, 1990, p. 10).

O ser humano diante do seu processo civilizatório sempre almejou compreender de forma sistemática a natureza, buscando identificar certos padrões naturais inerentes as suas dinâmicas, devido a sua necessidade de apropriação sobre o espaço. Nesse sentido, o ato de observar o tempo atmosférico para o ser humano tem sua importância, pois fornece informações que serão necessárias para obtenção de água, como também em decisões de cunho agrícola e conforto térmico. Apesar das informações em tempos pretéritos serem obtidas pela observação das mudanças do tempo e suas variabilidades inter-anuais, o ser humano, como o advento do sedentarismo, passou a se fixar nos espaços.

Aos poucos foram transformando a paisagem de maneira mais significativa, por meio do surgimento das cidades, hoje o local, onde mais se lança rejeitos diversos à atmosfera, que podem modificar a baixa troposfera. Esse fenômeno de apropriação e modificação da natureza está vinculado a concentração das atividades humana, induziu a uma modificação do ambiente através dos mecanismos de dinamização da economia, como a industrialização, que em tempos passados, exigia o consumo de recursos vegetais, e por isso, incentiva o desmatamento de áreas verdes. Além disso, a necessidade de expansão das cidades, exigia que paisagens fossem drenadas e rios canalizados. E com isso, a impermeabilização da superfície aumentava, e consequentemente, as inundações, alagamentos e deslizamentos de terra.

O Brasil vivenciou esse processo, travestidos de ação modernizante na década de 1930, mas que a partir do plano de metas instaurado na década de 1950 reconfigurou o processo de urbanização brasileira que se concentrou na região sudeste do país, principalmente no Rio de Janeiro e São Paulo. Fernandes (2015, p. 367) elucida com clareza a situação do estado brasileiro diante de tais transformações ocasionadas pelo processo de urbanização na passagem "diante do processo de urbanização, os aspectos ambientais foram postos em segundo plano, eclodindo apenas na virada da década de 1960 para 1970, quando o caos urbano, resultado da inexistência e/ou ineficiência de ações de planejadoras do ambiente citadino, já era perceptível, e os estudos de caráter urbano passaram a ter relevância para a minimização dos seus efeitos".

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Os estudos de clima urbano no Brasil emergem neste contexto, mais precisamente, partir década de 1970, por meio do Professor e Geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que instrumentalizou e organizou a base teórica dos estudos sobre Climatologia Geográfica ao nível regional e local nas cidades brasileiras, que começaram a ganhar ao longo do tempo mais robustez, uma vez que as cidades passaram a concentrar grande parte da população brasileira, devido à expectativa de melhor qualidade de vida e renda. O processo de desenvolvimento da teoria do clima urbano para as condições geoambientais brasileiras propõem sugere três canais de percepção propostas por Monteiro (2003, p. 24) sendo elas:

> Conforto térmico – Englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.
>
> - Qualidade do ar – A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais a atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana.
>
> -Impacto meteórico – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando- lhe a circulação e os serviços.

A partir do canal de percepção do conforto térmico, onde os componentes dinâmicos estão assegurados, o devido trabalho se orientou através da perspectiva do campo térmico. No entanto, quando a apresentação da obra Teoria e Clima urbano, publicada inicialmente em 1976 e relançada em parte em 2003, não havia a técnica do sensoriamento remoto termal.

Os estudos de clima das cidades eram realizados por meio de análises episódicas e pontos de observação fixos e/ou móveis. Com o avanço da tecnologia (FIALHO et al., 2019), o conceito de ilha de calor (FIALHO, 2012a) começa a sofrer um esgarçamentos, que necessita de ser repensado ou reformulado, pois embora o fenômeno seja o mesmo, os métodos de mensuração foram se diferenciando, a tal ponto que os resultados passaram a não mais ser comparáveis, onde diferencia a ilha de calor em a) atmosfera inferior, onde a maior parte dos estudo realizados por Geógrafos se encontra; b) atmosfera vertical, onde se observa a expansão e retração da camada limite e c) de superfície, que verifica a temperatura dos alvos ou objetos, que se encontram na superfície.

A expansão das áreas urbanas é considerada um fator significativo para a mudança no uso da terra e na temperatura da superfície da terra. Estudos têm demonstrado que o crescimento urbano e as alterações do clima ao nível local têm provocado mudanças de temperatura do ar causam problemas sérios resultantes do desenvolvimento econômico e social. Portanto, é vital investigar

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

maneiras de prever mudanças na mudança da temperatura da superfície da terra.

A temperatura de superfície (TS) é definida como a temperatura sentida quando há uma troca de radiação de ondas longas e fluxos de calor turbulentos na interface superfície-atmosfera. A TS está sendo cada vez mais utilizada para avaliar as mudanças nas zonas urbanas. Imagens de satélite são usadas como fontes de informação para tendências e variabilidade da temperatura da superfície. Muito embora, a investigação da ilha de calor de superfície tenha iniciado na década de 1970 com RAO (1972), Matson et al. (1978) e Price (1979), o campo está constantemente em desenvolvimento tecnológico, mas os avanços do debate epistemológico e teórico não acompanham o debate.

Segundo Ortiz e Amorim (2011) a partir da elaboração de mapas de temperatura de superfície é possível verificar quais são os locais da cidade que merecem atenção por parte dos gestores públicos. É importante destacar que tanto os dados como softwares de processamento apresentaram grandes avanços nos últimos anos o que facilitou ainda mais a utilização do sensoriamento remoto em diversas áreas e diferentes análises.

Contudo, apesar das limitações técnicas, decorrente ao tempo de passagem dos satélites, a resolução temporal e espacial das imagens, optou-se em avançar nos estudos, já tem sido investigada por inúmeros estudos realizados pelo Laboratório de Biogeografia e Climatologia (FIALHO, 2015; FIALHO *et* al., 2015; QUINA, 2015; FIALHO, 2016; FERNANDES, 2015; FERNANDES *et* al., 2017 e FIALHO; QUINA, 2016 e 2017).

A partir dessa explanação, o presente trabalho, busca por meio da utilização da técnica do sensoriamento remoto, analisar a espacialidade do campo termal e sua correlação com a ocorrência de uso da terra urbana para uma região de sítio de planalto dissecado, que apresenta um sítio complexo (FIALHO, 2012b), com a existência de inúmeros topoclimas, decorrentes da associação da orientação e declividade das vertentes, que modificam o tempo de exposição ao sol, somado ao sombreamento e ao uso e cobertura da terra, que podem promover o surgimento de núcleos de calor ou e frio.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Município de Viçosa–MG (Figura 1) está localizado na porção norte da Zona da Mata Mineira, que permite o mesmo ser influenciado pelos sistemas atmosféricos como a Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência de umidade (ZCOU) e os sistemas tropicais e polares atlânticos (STA e SPA).

No município possui uma estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na qual seus dados servem para caracterizar dois diferentes períodos durante o ano, uma época chuvosa que engloba os meses de outubro a março, e uma época seca, entre abril e setembro.

De acordo com os dados das Normais Climatológicas de 1981 a 2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (2020), a precipitação acumulada varia de 104,6mm (outubro) a 255,3mm (janeiro) no período chuvoso e de 7,5mm (julho) a 55mm (abril) no período seco. Em relação a temperatura média

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

mensal do ar, a mesma varia de 22,9^{0}C em fevereiro a 16,2^{0}C no mês de julho (Figura 2).

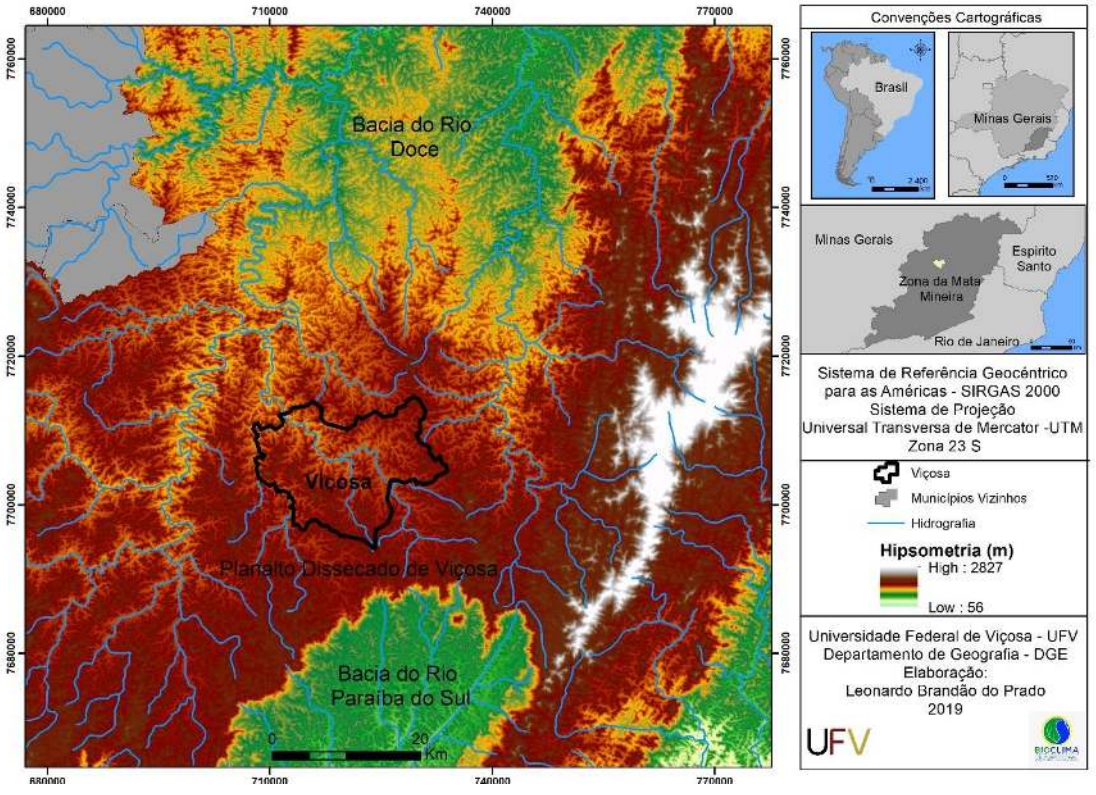


Figura 1 – Localização do município de Viçosa. Organizado por: Leonardo B. Prado.

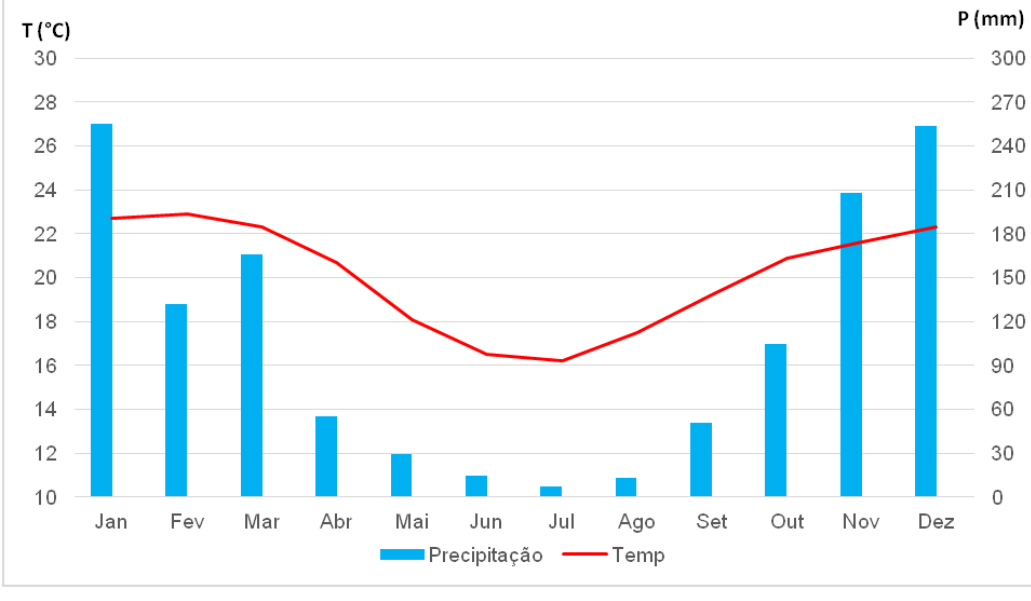


Figura 2 – Variação termo-pluviométrica (1981-2010) da Estação Meteorológica do INMET, no município de Viçosa. Fonte: INMET. Organizado por: Edson Soares Fialho.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Além disso, Sanches *et* al. (2017), observaram que, apesar dos totais pluviais anuais não apresentarem tendência de redução, existe um aumento do período seco, que normalmente compreende de maio a setembro. Junto às influências climáticas devido a sua localização geográfica, destaca-se ainda a morfologia da região, com dobramentos como a Serra da Mantiqueira, que atuam como barreiras a esses sistemas atmosféricos, principalmente aqueles originários no oceano Atlântico. (CUPOLILLO *et* al., 2008; FIALHO; PAULO, 2014).

Ainda sobre a paisagem da região, Ab' Saber (2003) classifica a região como domínio morfoclimático de Mares de morro florestados com características fisiográficas de:

> "Mamelonização universal das vertentes, desde o nível de morros altos até os níveis de morros intermediários e patamares de relevo, drenagem originalmente perene até para o menos dos ramos das redes hidrográficas dendríticas regional." (AB'SABER, 2003).

Fonseca *et* al. (2006) ao analisarem o Estado de Minas Gerais, constatam que devido a sua extensão territorial, o mesmo apresenta diversas paisagens climáticas, uma vez que em seu território há desde extensos planaltos na região do cerrado até relevos ondulados repletos de colinas e vales, como na área de estudos.

O processo de ocupação de Viçosa seguiu a tendência que as demais cidades da região da Zona da Mata Mineira experimentaram, com a construção das primeiras habitações próximas ao leito do rio São Bartolomeu, no fundo de vale e teve o seu crescimento e concentração populacional as margens do rio durante o seu processo de urbanização.

Na virada da década de 1960, quando todo o país iniciou a tendência à concentração populacional urbana (VALVERDE, 1958). Viçosa iniciou o processo de expansão para as vertentes e em seguida para os topos de morro, concentrando-se na área central da cidade (FIALHO, 2015). Visando obter um nível de detalhamento maior, optou-se analisar a área central da cidade, contemplando dez bairros, como pode ser visto na Figura 3, por concentrar mais de 75,0 % da população residente no município de Viçosa, local em que predomina a ocupação vertical, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

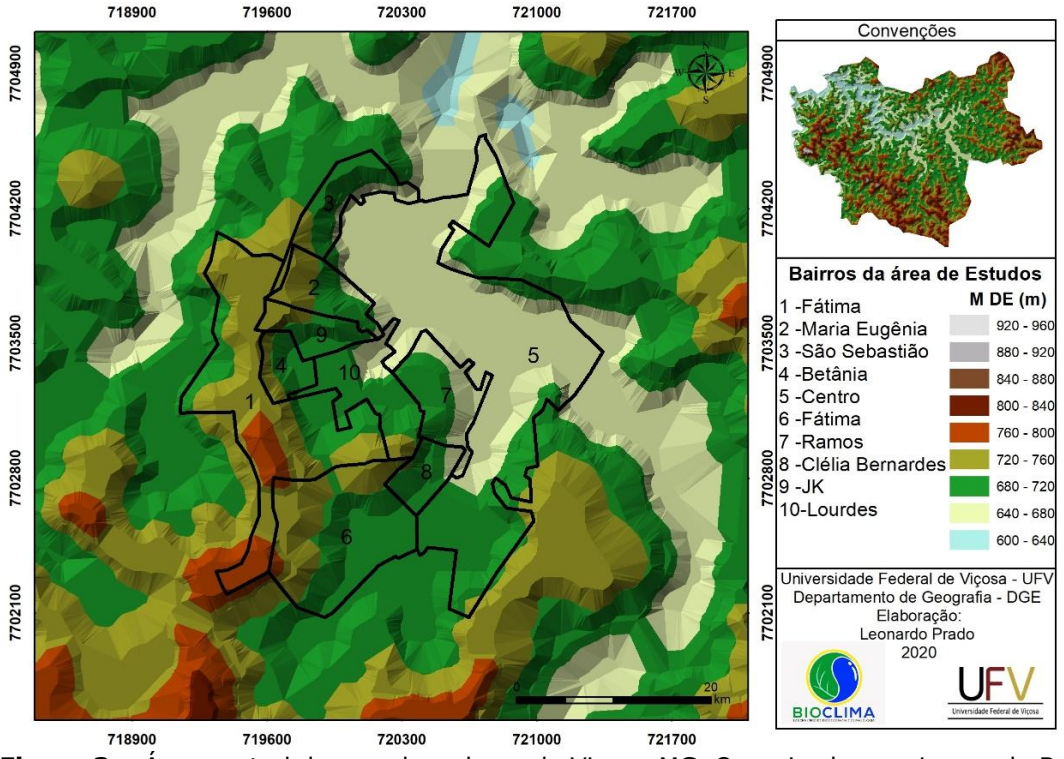


Figura 3 – Área central da mancha urbana de Viçosa-MG. Organizado por: Leonardo B. Prado.



Figura 4 – Vista parcial da área central de Viçosa-MG. Fotografia obtida por: Edson Soares Fialho em 3 de setembro de 2018.

Segundo Paula (2019) o início do processo de verticalização inicia-se no final da década de 1980, tendo forte crescimento na década seguinte, mas algumas mudanças na tipologia dos apartamentos e no uso dado aos edifícios. O aumento da densidade habitacional na zona central levou a uma maior demanda por serviços e comércio. Assim, a preferência dos promotores imobiliários locais por construir edifícios residenciais mudou e passa a ser a construção de edifícios mistos (residenciais e comerciais) para atender um novo mercado.

Após esse início, um outro fato nos chama a atenção, o setor da construção civil começa-a atrair investidores de outras cidades, o que contribuiu para aumentar a velocidade do processo de verticalização, em razão do retorno rápido, principalmente após o ano de 2000, quando se concretizou o programa REUNI (Reestruturação e Expansão das Universidades Federais), com a ampliação do número de cursos de graduação como Medicina e Enfermagem, oferecidos pela Universidade Federal de Viçosa.

O mercado imobiliário foi impactado novamente e 49 novos edifícios foram construídos para atender a nova demanda habitacional e de serviços. (Tabela 1). A população urbana, nesse sentido, também acompanha o crescimento da verticalização, conforme a Tabela 2.

Tabela 1 - Evolução do número de Tipologias das edificações verticais na área central de Viçosa-MG entre 1980 a 2000.

Ano de construção	Tipo de Edifício			Número Total de empreendimentos
	Residencial/Comercial	Residencial	Comercial/Serviços	
1980	5	12	4	21
1990	10	7	7	24
2000	33	13	3	49
2011	5	1	-	6
2012	8		-	8
Total	**61**	**33**	**14**	**108**

Fonte: Paula (2019, p. 78).

Tabela 2 - Evolução da População do município de Viçosa-MG entre 1950 a 2000.

Décadas	População		
	Rural	Urbana	Total
1950	11.901	6.424	18.325
1960	11.778	9.342	21.120
1970	8.780	16.907	25.777
1980	7.5165	31.110	38.686
1991	5.202	46.456	51.658
2000	5.063	59.792	64.854
2010	4.915	67.305	72.220
2019*	-	-	78.846

*População estimada.
Fonte: Ferreira e Fialho (2016) e IBGE* (2020). **Organizado por**: Edson Soares Fialho.

Ao observar a imagem da Figura 5, identificam-se três localidades: o bairro centro, com edificações verticalizadas; o bairro de Santo Antônio, no trevo de saída sentido Ponte Nova e o centro periférico, que tem a imagem da cidade, que remonta a década de 1980. Fica nítido, nessa imagem, que o processo de verticalização é concentrado e próximo ao campus da Universidade

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Federal de Viçosa. A consequência desse processo, segundo Paula (2020) foi o aumento de demolições de edificações antigas, que na década de 1980, foi constatado cerca de 7 demolições para o número de 23 demolições na década de 1990, onde já se observa um avanço, de forma mais incisiva, sobre o patrimônio. Destas, 11 foram substituídas por uma edificação de 4 ou mais pavimentos após a demolição.



Figura 5 – Vista parcial da área urbana de Viçosa-MG. Fotografia obtida por: Edson Soares Fialho em 3 de setembro de 2018.

Uma segunda consequência, decorrente da verticalização da área central para atender a demanda de moradia para estudantes universitários é segundo Coelho (2019) a criação da necessidade de condomínios fechados para atender a demanda de habitações familiares, que poder ser visualizados pelo mapa de evolução da mancha urbana de do município (Figura 6) e do centro (Figura 7), elaborado a partir das informações disponibilizadas pela plataforma MapBiomas.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

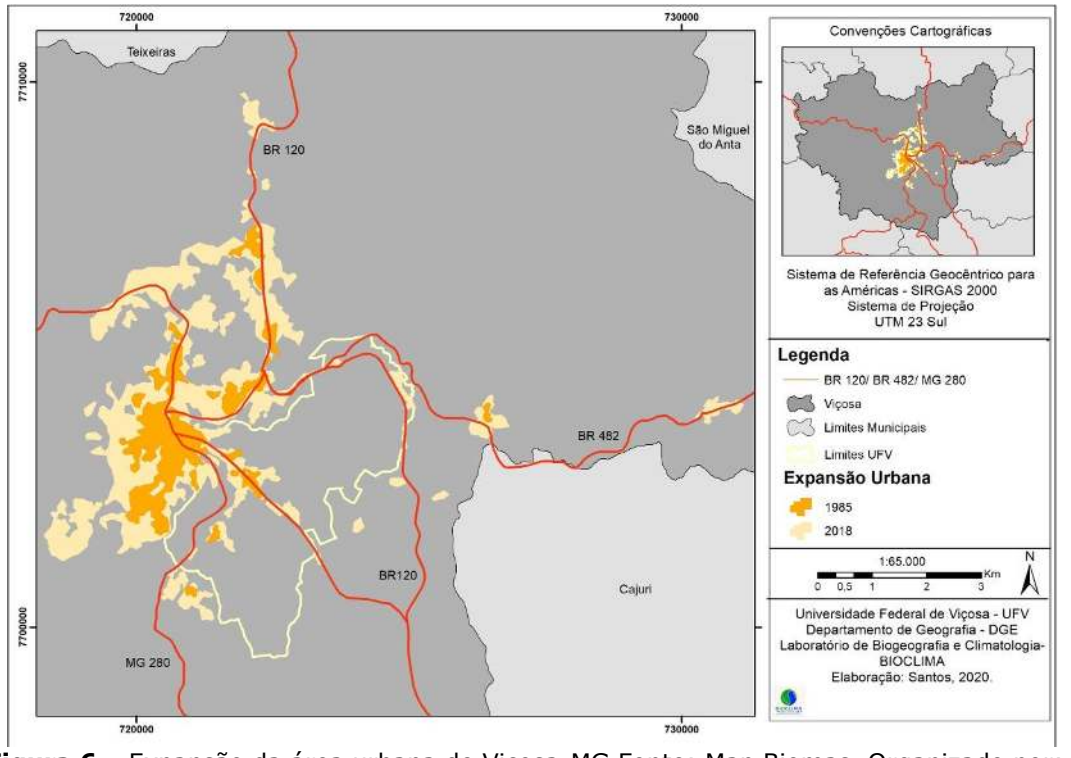


Figura 6 – Expansão da área urbana de Viçosa-MG.Fonte: Map Biomas. Organizado por: Larissa Galvão Fontes dos Santos.

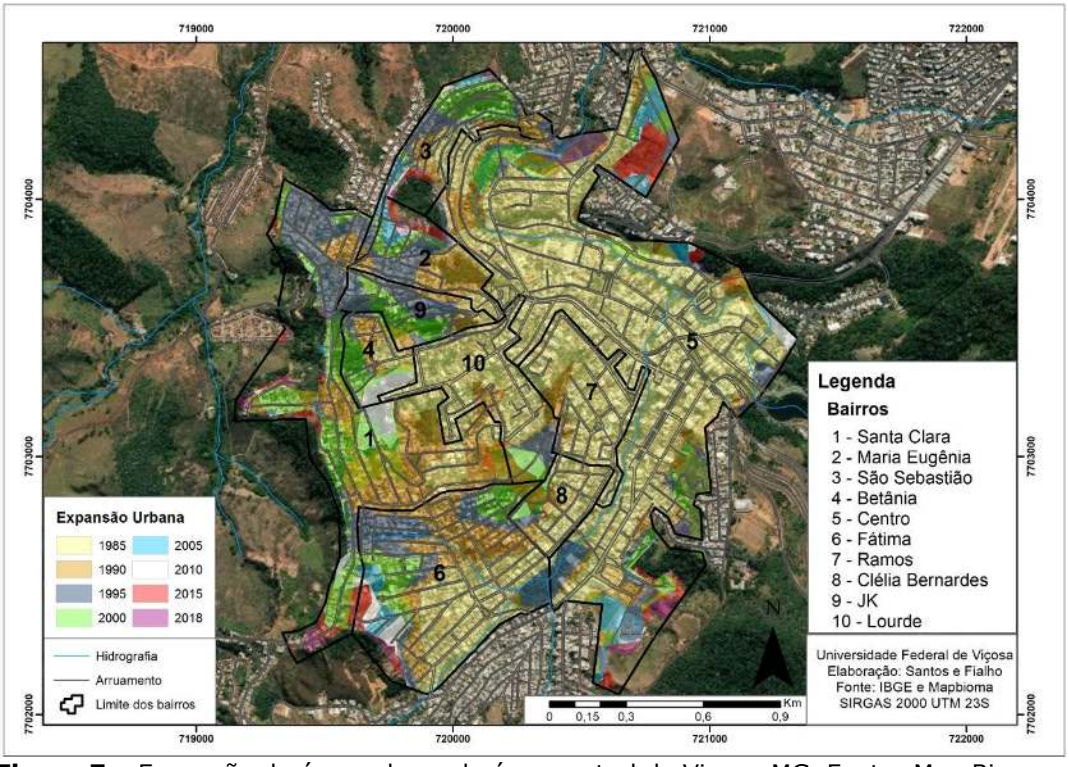


Figura 7 – Expansão da área urbana da área central de Viçosa-MG. Fonte: Map Biomas. Organizado por: Larissa Galvão Fontes dos Santos.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Para efeito de orientação, as manchas isoladas da cor amarelo claro, que se encontram em torno do limite do campus da UFV são os locais de ocorrência de condomínios fechados. Apesar de Viçosa ter mais de 140 anos de existência, percebe-se, que o processo de urbanização na cidade não respeita o patrimônio histórico cultural, principalmente, na zona central, representando uma característica do próprio processo de urbanização da cidade, deixando explícitas na paisagem urbana as marcas dos interesses dos agentes que constroem a cidade, que por sua vez impactam na atmosfera local. A partir disso, o presente estudo buscará analisar esse impacto através do uso de imagens termais *Landsat* 8.

3. METODOLOGIA

Segundo Galvão e Fialho (2020), as condições de tempo na região da Zona da Mata, há uma dificuldade de se obter imagens satisfatórias para análise do campo termal, visto que a resolução temporal dos satélite de 15 a 16 dias, associado a passagens de sistemas atmosféricos regionais, permite uma coincidência no verão de mais dias nublados com a passagem do satélite, enquanto para os meses de agosto e setembro para a região da Zona da Mata Mineira são aqueles em que a condição de nebulosidade baixa favorece a existência de mais de uma imagem por mês, pois coincide com o final do período seco e uma estabilidade atmosférica

Apesar das dificuldades de obtenção de imagens satisfatórias, o presente trabalho conseguiu selecionar quatro cenas, de diferentes estações do ano, entre os anos de 2014 e 2016 imageada através do satélite *Landsat – 8*. O satélite em questão possui a bordo um sistema imageador denominado *Thermal Infrared Sensor (TIRS),* esse sistema possui como característica a capacidade de através do sensor infravermelho termal medir a radiância dos objetos na superfície terrestre, que através de fórmulas matemáticas são capazes de nos informar a temperatura dos alvos em ºC ou ºF.

A aquisição das imagens TIRS 1 (banda 10) foram possíveis através do *site* do serviço Geológico Estadunidense *(https://earthexplorer.usgs.gov/*). Os dados extraídos são disponibilizados em formato GEOTIFFs, com datum WGS 1984 e sistema de projeção UTM, torna-se fundamental que o metadatos sejam baixados junto às imagens para que no momento de processar as mesmas, os valores inseridos nas equações estejam de acordo com as necessidades de correção de cada cena.

Devido à resolução temporal de aproximadamente 16 dias do satélite *Landsat – 8, o* imageamento da região foi captado na mesma hora, como pode ser visto na Tabela 3. As cenas escolhidas estavam sob tempo estável no momento da passagem do satélite. O pré-processamento das imagens se iniciou com o recorte das imagens *rasters* para área desejada, reduzindo assim o volume de dados, acelerando o processamento das imagens.

Tabela 3 - Características das cenas

Nome da Cena	Estação	Data	Hora	Ano
LC82170742014137LGN00_B10	Outono	17/05/2014	09:50	2014
LC82170742014217LGN00_B10	Inverno	05/08/2014	09:51	2014
LC82170742015268LGN00_B10	Primavera	25/09/2015	09:51	2015
LC08L1TP217074201602162017032901T1B10	verão	16/02/2016	09:51	2016

A primeira etapa do processamento das imagens *rasters* selecionadas consistiu em aplicar a equação 1 (Tabela 4) que possui como finalidade a conversão de níveis de cinza (NC) em radiância. (USGS, 2013; GOMES, 2012 e COELHO; CORREA, 2013). Após a aplicação da equação nas cenas coletas, foi preciso realizar uma segunda equação (Eq. 2 e Tabela 5) que possui como intuito a conversão da radiância no topo da atmosfera (*Lλ)* para temperatura de brilho em Kelvin (K). Isto porque "a temperatura de brilho do sensor ou temperatura radiante assume que a Terra é um corpo negro, isto é, com emissividade igual a 1 e inclui efeitos atmosféricos como absorção e outras emissões ao longo do caminho superfície-sensor."

$$L\lambda = ML * QCAL + AL \qquad \textbf{Eq.1} \text{ -}$$

Tabela 4 - Equação de conversão em níveis de cinza para radiância

Lλ	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts (m²sr μm)
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda (10)
QCAL	Valor quatizado calibrado pelo pixel em ND
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda (10)

Para Santos *et* al (2014) a equação assim se configura através da expressão.

$$T = \frac{k2}{In(\frac{k1}{L\lambda}+1)} \qquad \textbf{Eq.2}$$

Tabela 5 -. Equação de radiância para temperatura em Kelvin

T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (k)
k1	Constante de calibração 1
K2	Constante de calibração 2
Lλ	Radiância espectral em Watts

Ao final do processamento das imagens, subtraiu-se o valor de 273 dos *rasters* com a finalidade de se obter uma cena com os valores finais em graus celsius (ºC). A importância de se baixar juntos às imagens os seus devidos metadados é que durante o processamento necessitasse das diferentes constantes para chegarmos a um produto final, que podem mudar os seus valores de acordo com o tempo atmosférico e a captação pelo próprio sensor a bordo do satélite. Assim, para se possuir uma resposta fidedigna, o zelo por essa etapa do processamento é fundamental.

Em seguida, foram elaborados os mapas de uso do solo para o ano de 2018, considerando 4 classes, adaptadas do Manual Técnico de Uso da Terra do

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2006). Foram definidas as seguintes classes: área edificada, corpos de água, vegetação de médio porte e vegetação de pequeno porte. A classe área edificada compreende áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies não agrícolas. A classe vegetação foi subdividida em função do estágio sucessional e a classe corpos de d'água.

Em relação ao mapa de orientação de vertentes, este visou apontar quais são as áreas que mais recebem insolação. Essa preocupação e relação com o clima é muito importante, pois determinará o grau de insolação em decorrência da movimentação aparente do Sol durante o dia. De acordo com Saydelles e Sartori (2007), durante a movimentação aparente do Sol ao longo do ano no Hemisfério Sul, somente nas áreas tropicais o Sol atinge o zênite durante o solstício de verão, e nas áreas equatoriais nos equinócios de primavera e outono.

Desse modo, com a movimentação aparente diária do Sol, a insolação acentua-se diferentemente de leste para oeste, proporcionando o gradativo aquecimento do ar. Assim, as vertentes orientadas para o quadrante leste, recebem a insolação pela parte da manhã e apresentam as temperaturas em elevação; as vertentes orientadas para o quadrante norte recebem intensa insolação ao meio dia, horário em que as temperaturas já são mais altas; as vertentes voltadas ao quadrante oeste recebem a insolação mais intensa pela parte da tarde, cujas temperaturas são mais elevadas, principalmente nos dias de verão; e as vertentes voltadas para o quadrante sul recebem pouca insolação devido à inclinação dos raios solares.

Para finalizar, em relação aos sistemas produtores do tempo da passagem das imagens, limitou a escolha de uma imagem por estação, pois a cobertura de nebulosidade da área de estudo é um fator limitante, por se encontrar em uma área de serra, que causa maior instabilidade atmosférica. Ainda no campo da comparação entre os tipos de uso e a temperatura de superfície, optou-se em utilizar um histograma, onde os registros de temperatura forma calculados, a partir do levantamento de 20 pontos amostrais de forma aleatória para cada tipo de uso, a fim de definir uma temperatura média representativa da superfície. E por fim, a fim de verificar a significância da espacialidade dos sensores termais, os mapas termais serão comparados com os resultados para mesma área central de Viçosa-MG, publicado no trabalho de Ferreira e Fialho (2016), com base no registro de pontos fixos de observação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas até então desenvolvidas no âmbito do Laboratório de Biogeografia (Bioclima) do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, estavam pautadas no método de pontos fixos de coleta de dados de temperatura e umidades, além de *transects* móveis (FIALHO, 2019) com o intuito de captar a diferença entre os ambientes em análise. Os resultados das pesquisas até então demonstraram forte correlação entre o os tipos de uso da terra e a localização dos núcleos de calor.

Contudo, na busca de ampliar os horizontes da pesquisa e complementar os estudos até então realizados em uma paisagem complexa, decorrente da

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

presença de colinas e vales de várias orientações, criam dificuldades de um mapeamento mais representativo. Apesar disso, os trabalhos desenvolvidos por Fialho et al. (2015); Ferreira e Fialho (2016); Fialho et al. (2016), Fialho e Quina (2016 e 2017) e Allocca e Fialho (2019) ao buscarem solucionar tal questão, utilizaram o interpolador IDW *(Inverse Distance Weighting*[1]*)*, que tem como lógica considerar os pontos próximos entre si, que são mais parecidos do que dados mais distantes, para estimar um dado não medido o IDW utilizará os dados amostrados ao seu entorno, que terão um peso maior do que os dados amostrados mais distantes, sendo assim, a medida que o dado amostrado esteja longe do dado estimado, menor será a influência do primeiro no segundo.

> O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, os valores do atributo tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados. Esse conceito também fundamenta a base das relações espaciais entre fenômenos geográficos, utilizando a correlação espacial como meio de diferença dos atributos estimados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

Em função disso, o uso de geotecnologias (FIALHO, 2014) permitem, que se possa obter dados radiométricos a distância dos objetos alvos em escalas maiores, onde pode se visualizar toda a área de trabalho ao mesmo tempo, porém, como limitação se tem o recorte temporal e o horário de leitura ou de passagem do satélite sobre a área de estudo. O fundamento do sensoriamento remoto na perspectiva termal consiste no imageamento dos objetos que compõe a superfície terrestre, que são considerados fontes emissoras de radiação eletromagnética (REM), essa intensidade de emitância pode ser considerada proporcional a sua temperatura de superfície, assim, todos os objetos que estão na superfície terrestre que estejam a uma temperatura superior a 273K são capazes de serem medidos através de satélites orbitais que possuam em sua estrutura sensores termais. A temperatura de superfície terrestre (TST) em situação urbana é definida por Voogt e Oke (2013) como:

> A detecção remota térmica das temperaturas da superfície urbana é um caso especial de observação da temperatura da superfície do solo, que varia em resposta ao balanço energético da superfície. A temperatura superficial resultante incorpora os efeitos das propriedades radiativas e termodinâmicas da superfície, incluindo umidade da superfície, admissão térmica e emissividade da superfície e os efeitos da atmosfera próxima à superfície e sua relação com a turbulência transferida da superfície.

Desta forma, os dados coletados em campo através de sensores termo-higrmétricos acoplados em abrigos meteorológicos medem a temperatura e umidade do ar de acordo com suas propriedades físico-químicas, diferentemente dos sensores orbitais, que captam através dos seus sensores termais a temperatura da superfície dos alvos junto às propriedades físicas dos mesmos. Conforme Steinke; Steinke (2010) e Coelho; Correa (2013) salientam, é normal a temperatura de superfície ser mais elevada do que a temperatura do ar,

[1] Cabe destacar que a técnica cartográfica de interpolação, assim como qualquer outra metodologia desse tipo, possui potencialidades e limitações, e acima de todo o produto é um modelo, uma representação.

devido as características aqui citadas, o que na prática não interfere nos resultados obtidos, muito embora tal condição não pode ser verificada ainda em Viçosa, considerando a densidade de abrigos meteorológicos (uma estação meteorológica oficial) e de pontos de coleta instalados na cidade nos estudos de Fialho e Quina em 2017, com 14 postos termo-higrométricos e a escala que opera os sensores orbitais.

Devido ao objetivo do trabalho em investigar o comportamento térmico de superfície da área central do município de Viçosa, os mapeamentos não seguiram uma legenda padronizada de escalas de temperatura, as mesmas foram deixadas em escalas distintas, uma vez que ao categorizar as temperaturas obtidas dentro de um padrão de intervalos, a conformação do campo térmico de superfície se alteraria, modificando assim o campo térmico natural imageado.

A partir do exposto, os gradientes de temperatura de superfície foram avaliados, utilizando, a partir de um perfil de temperatura nas imagens. Criou-se, por digitalização manual, um alinhamento de 12 km na direção Noroeste-Sudeste (NW-SE-S), de forma a abranger o vale principal, onde se encontra a Av. P.H. Rolfs, local de maior concentração de edificações verticais (Sentido A-B) e a faixa comercial e de serviços (B-C) e a transição para bairros residenciais com edificações de sobrado (C-D). A partir da análise inicial das duas cenas (Figuras 8, 8A e 8B) se observou que há diversos núcleos de calor na área de estudos, mas que para além delas, há uma coincidência da espacialização da temperatura de superfície, que se repete em três das quatro cenas utilizadas.

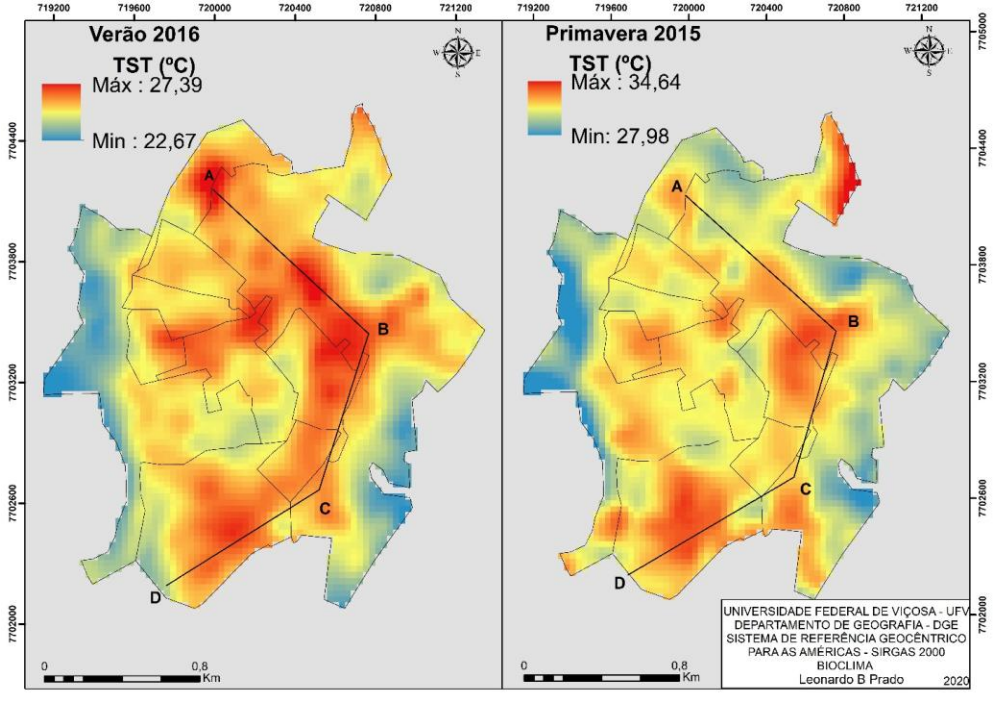


Figura 8 – Temperatura de Superfície Terrestre do Verão e da Primavera 2016 / 2015

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

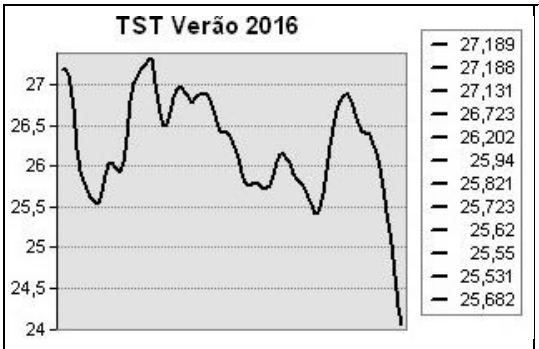


Figura 8A - Perfil térmico ABCD

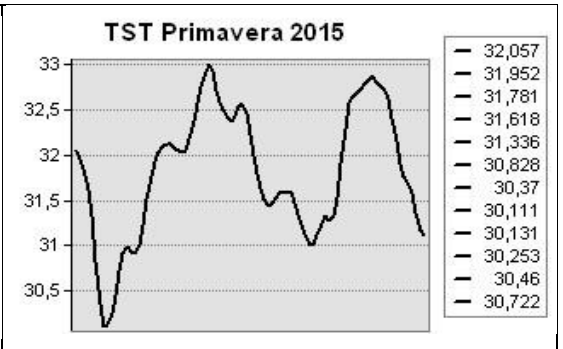


Figura 8B - Perfil térmico ABCD

Fonte: INPE. Organizado por: Leonardo B. Prado. .

Observou-se que esse campo térmico com as temperaturas mais elevadas seguiram os fundos de vale seguindo através do segmento AB e em seguida ao BCD, que a partir do ponto B insere-se em um fundo de vale, que segue até o final da área de estudo, no sentindo sudoeste. A análise dos gráficos, a partir do segmento ABCD se verificou que dentro das devidas proporções, ocorreu um comportamento semelhante, principalmente os picos de temperaturas.

Chama atenção também o extremo oeste e sudeste da área de estudos que registraram as menores temperaturas no momento da passagem do satélite, destacam-se ainda as temperaturas registradas na primavera de 2015, uma vez que todas as temperaturas registradas foram superiores às registradas no verão, esse fato, embora não investigado pode estar relacionado a dinâmica da atmosfera.

A espacialização do campo de temperatura de superfície terrestre durante o Outono de 2014 apresentou uma conformação semelhante a já encontrada nas estações posteriores, do verão e da primavera que seguiram a mesma forma espacial do fenômeno (Figura 9, 9A e 9B). A imagem termal processada na estação do inverno diferenciou-se das demais por não apresentar essa coincidência espacial das temperaturas mais elevadas pelo fundo de vale e subir pela planície no sentido sudoeste da área de estudos. Contudo, apresentaram núcleos de calor (FIALHO, 2009) coincidentes as registradas nas demais cenas selecionadas.

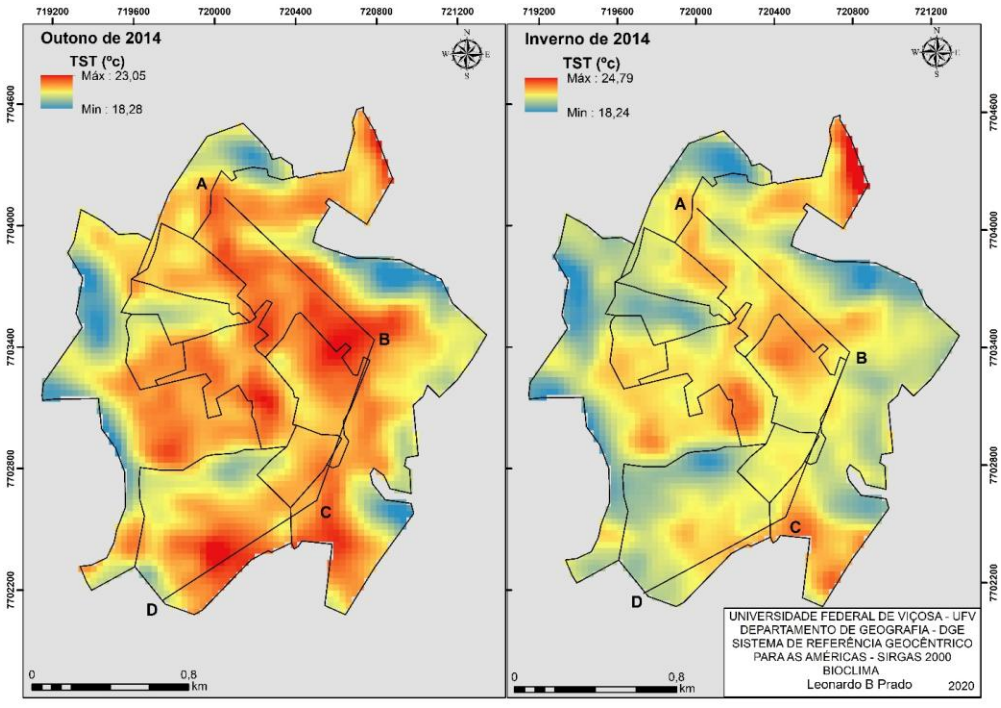


Figura 9 –Temperatura de superfície terrestre do Outono e Inverno de 2014

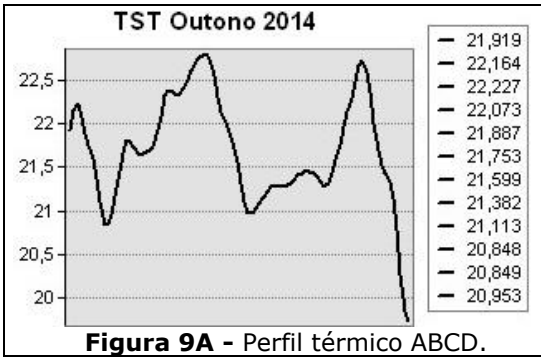


Figura 9A - Perfil térmico ABCD.

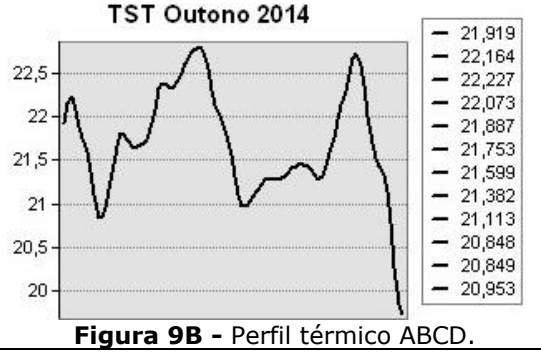


Figura 9B - Perfil térmico ABCD.

Fonte: INPE. Organizado por: Leonardo B. Prado.

A princípio, levou-se a acreditar que esta não conformação térmica de superfície se deu devido a uma das principais características do inverno, que é o tempo estável com poucas nuvens, propiciando uma homogeneidade de radiação solar e consequentemente uma temperatura de superfície terrestre mais homogênea, diferentemente de estações como o Verão onde a região é propícia a entrada de sistemas atmosféricos.

Assim, partiu-se para uma análise mais profunda dos aspectos geoecológicos da área de estudo, visando identificar como o uso e ocupação do solo e a orientação de vertentes poderiam influenciar nessa conformação térmica e nos núcleos de calor (Figura 10).

A questão da orientação de vertentes na análise climatológica pode ser um elemento capaz de influenciar no balanço de radiação solar naquele microclima. Fialho (2009) e Fialho e Paulo (2014) abordam a questão do sítio onde a cidade está instalada, ao analisar o percurso Ponte Nova – Ubá (MG), devido a essa possibilidade de diferença no balanço energético, são capazes de

produzir microclimas através do seu relevo ondulado, onde os sítios convergentes e divergentes compõe a paisagem da região.

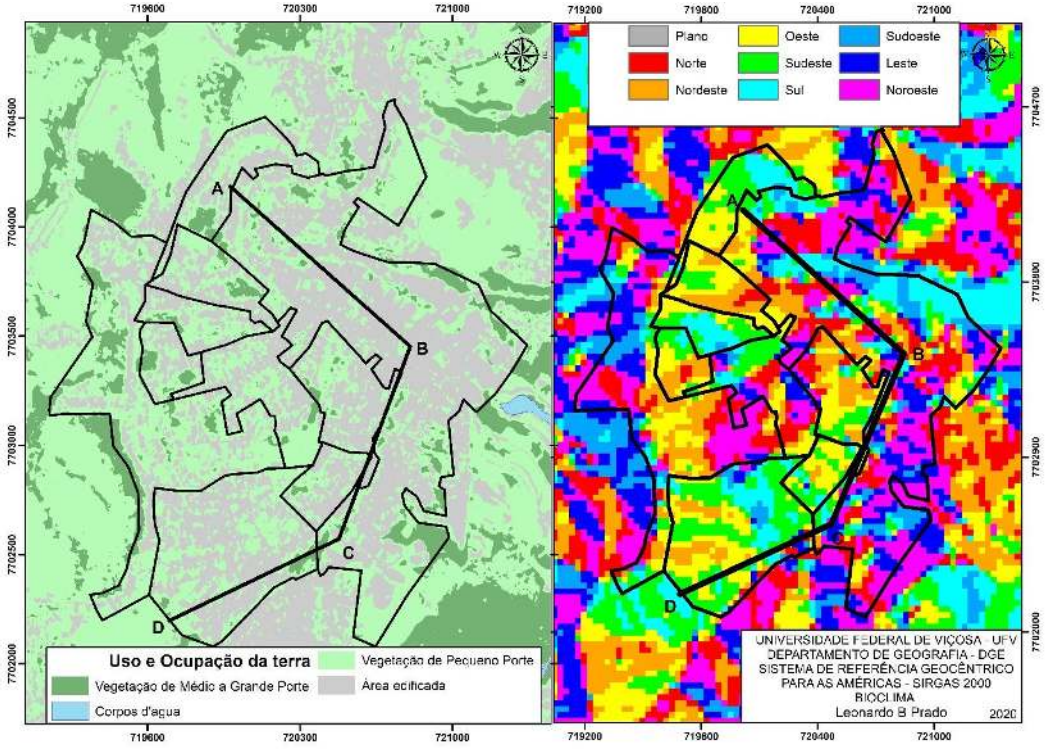


Figura 10 - Mapa de uso e Ocupação da terra e Orientação de Vertentes. Organizado por: Leonardo B. Prado.

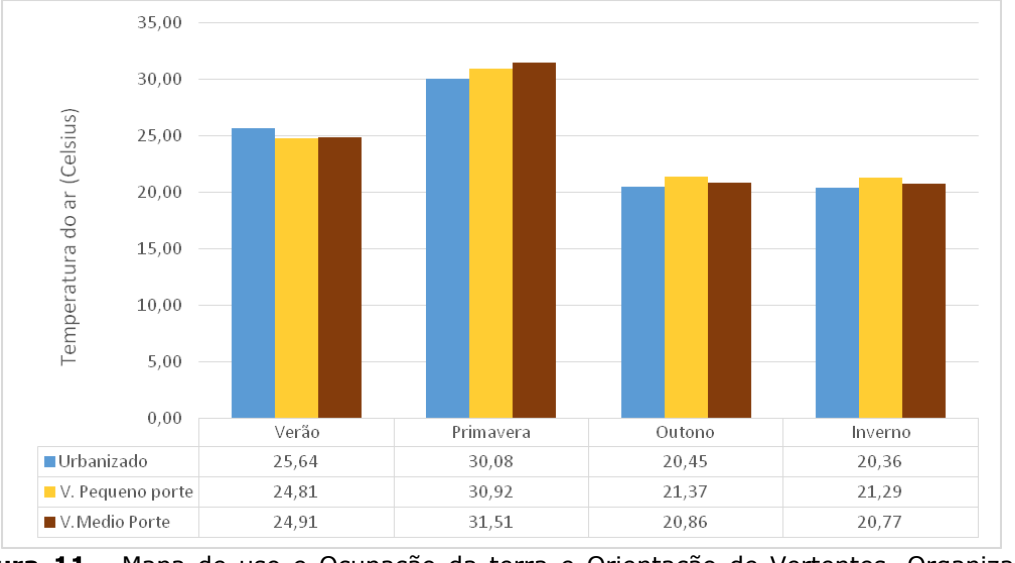
O ponto A, início do segmento analisado, apresenta o primeiro núcleo aquecido do segmento, que se apresenta como uma ocupação verticalizada e antiga, voltada para sudeste, perante o segmento AB, onde geomorfologicamente se apresenta em um fundo de vale, as diferentes orientações de vertentes não foram capazes de justificar nesse segmento uma plausível justificativa espacial para esse núcleo mais aquecido que seguiu pelo fundo de vale. Cabe destacar, que o horário da leitura ocorre pela manhã (10h00min), horário onde há um início do aquecimento, uma vez que o fundo de vale tende a acumular o ar frio durante a noite e madrugada, que apenas no amanhecer do dia seguinte, a radiação solar, a partir das 9h00min, começa a aquecer, pois não há mais sombreamento das encostas próximas.

Durante o segmento BC constatou-se uma tendência a se registrar temperaturas menores, essa condição se deu através de orientações de vertentes voltados predominantemente para o quadrante sul (Sudeste, Sul, Sudoeste) e em alguns momentos leste. Junto a este fator, se observa no mapa de uso ocupação que há um corredor de vegetação de pequeno porte e ao centro deste, um complexo com uma vegetação mais estruturada, o que pode ter favorecido o registro de menores temperaturas.

Já no segmento CD se observou uma área com registros térmicos um pouco mais baixos em relação aos segmentos AB e BC, influenciada por meio de um fragmento de mata próximo a atual prefeitura da cidade que mesmo não apresentando as menores temperaturas das cenas registradas, se configurou

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

como um oásis dentro do campo térmico analisado. Constatou-se que não há relação espacial clara do fenômeno campo térmico de superfície com junção dos aspectos geoecológicos aqui analisados, principalmente, se os mesmos forem analisados separadamente, uma vez que se observou que apenas a vegetação de médio a grande porte não necessariamente irá configurar um núcleo frio, assim como uma área edificada não irá por si só apresentar altas temperaturas de superfície. E isso se deve em razão da sua quantidade espacial e compactação, que inserida na área urbana, a vegetação se encontra com muita abertura, possibilitando uma maior permeabilidade de radiação solar, como pode ser visualizado na Figura 11.



	Verão	Primavera	Outono	Inverno
Urbanizado	25,64	30,08	20,45	20,36
V. Pequeno porte	24,81	30,92	21,37	21,29
V.Medio Porte	24,91	31,51	20,86	20,77

Figura 11 - Mapa de uso e Ocupação da terra e Orientação de Vertentes. Organizado por: Leonardo B. Prado.

A não relação direta entre o uso da terra e a temperatura do ar, pode também estar atrelada ao horário de passagem do satélite, que por ser na parte da manhã, a área urbana, em função de sua inércia térmica, começa a aquecer de maneira mais lenta em comparação com as áreas de pastagens ou tipos de vegetação com maior permeabilidade. Além dos mecanismos de ventos locais (brisas de montanha e vale), que podem retardar o aquecimento, pois durante a noite drenar o ar frio e a umidade para o fundo do vale.

Cabe esclarecer, que na Figura 11, os tipos de usos da terra foram elaborados, a partir da média da temperatura da superfície de 20 pontos escolhidos aleatoriamente para cada tipo de uso, totalizando 60 pontos obtidos na imagem termal.

Outra coisa que deve ser colocada é a diferença térmica encontrada pelas imagens termais. O fato de se poder verificar grandes diferenças, isso não quer dizer que os valores representem algo extraordinário (JARDIM; FERREIRA, 2005) dentro de uma área urbana em um mesmo horário, isto porque, o caráter da temperatura da superfície é distinto da temperatura do ar. A temperatura de superfície, refere-se a temperatura do alvo e além disso, a passagem de sistemas atmosféricos, podem causar instabilidade podem reduzir as diferenças termais, uma vez que, mecanismos decorrentes do predomínio do ar frio,

desencadeia a formação de nevoeiros nos fundos de vale, que podem demorar a se dissipar. Essa situação de inversão térmico reforça ou caracteriza a formação dos micros, topo ou mesoclimas urbanos.

Além disso, Mendonça e Dubreil (2005) explicitam que a temperatura do ar de uma determinada localidade é resultante de uma combinação momentânea de determinados fatores. No ambiente urbano, a escala espacial e temporal dos fatores intervenientes na configuração climática apresenta particularidades derivadas tanto da maior heterogeneidade relativa ao uso e ocupação do solo, quanto da maior velocidade e diversidade das atividades humanas em relação ao meio agrícola e rural. Ainda para os mesmo autores, na imagem de satélite, a paisagem rural da Região Metropolitana de Curitiba, apresentou uma heterogeneidade térmica mais importante que aquela da aglomeração urbana. Este fato resultou na formação de uma mancha térmica urbana mais homogênea quando comparada à zona rural contígua. Todavia, a heterogeneidade das paisagens intra-urbanas é mais complexa que relativa às paisagens rurais.

Agora, apesar da diferença entre a natureza da temperatura do ar e de superfície, o presente trabalho não pode desconsiderar o exercício de comparação, uma vez que, essa mesma área foi palco dos estudos de Ferreira e Fialho (2014), que realizaram um levantamento da temperatura do ar em 10 pontos fixos de coleta, durante 28 dias contínuos entre dezembro de 2013 e janeiro de 2014. Considerando a média da temperatura para o período de análise, os autores elaboraram um mapa do campo térmico (Figura 12).

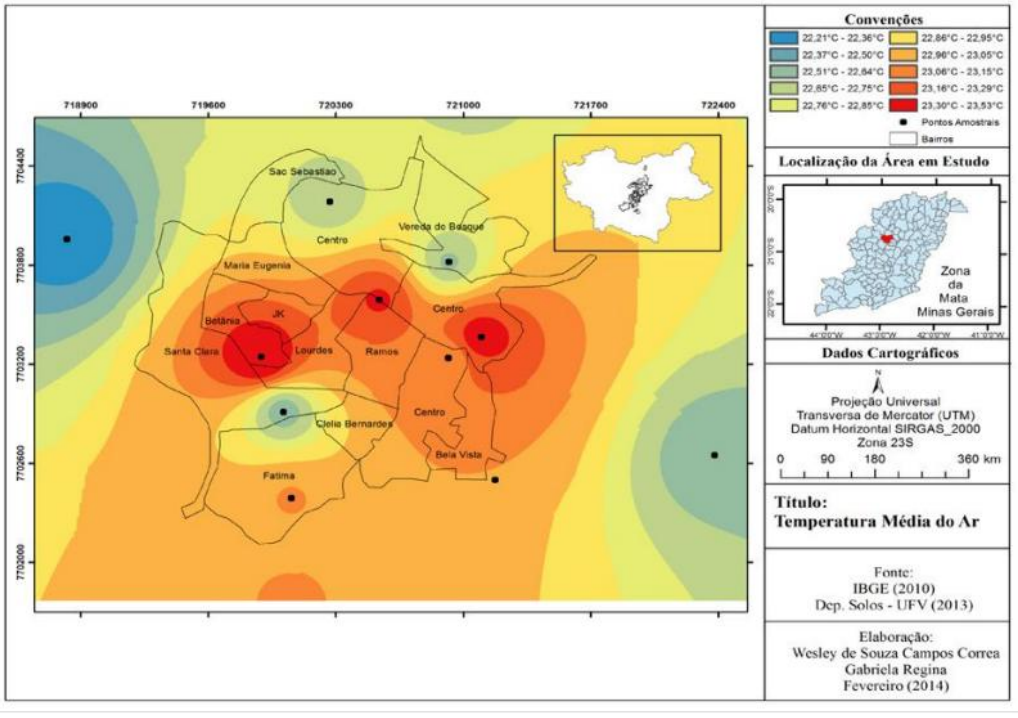


Figura 12 – Mapeamento do campo térmico da área central de Viçosa, com base na temperatura média do ar entre dezembro/2013 e janeiro/2014. Fonte: Ferreira e Fialho (2014. p. 1066).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Ao se observar as figuras que retratam o campo térmico, com base na temperatura de superfície (Figuras 7 e 8) e temperatura do ar (Figura 11), apesar das diferenças técnicas (equipamentos de mensuração) e o tempo de registro, é possível verificar que há uma coincidência entre os locais de maior temperatura (tanto do ar, quanto de superfície), que se identifica ao longo do fundo do vale. Como foi verificado nos estudos iniciais em Viçosa, que utilizaram as técnicas de *transects* móveis (FIALHO e AZEVEDO, 2008 e ROCHA; FIALHO, 2010) e fixos (FERREIRA e FIALHO, 2016; FIALHO; QUINA, 2016 e FERNANDES et al., 2017).

As diferenças entre a configuração se deve a própria distribuição dos pontos fixos no espaço e sua densidade de pontos, o que implica numa melhor ou pior qualidade do interpolador utilizado, que no caso foi o IDW (Ponderação do inverso da distância) é baseada na distância ponderada de um ponto amostral.

Por fim, ainda é necessário lembrar que, Viçosa por estar inserida em um domínio de paisagem de mar de morros, precisamente, em um sítio de planalto dissecado, essa condição quando se observa a Figura 10, percebe que apesar de haver uma coincidência entre áreas mais densamente urbanizadas com temperatura elevadas, que se localizam em fundo de vale, não se pode desconsiderar o fato de que áreas de vegetação permeáveis, também apresentam temperaturas quase equivalentes e em algumas estações sazonais superiores.

Tal resultado, não coaduna com resultados de trabalhos que destacam o efeito amenizador da vegetação sobre a temperatura do ar, conforme Leal (2012) e Shams *et* al. (2009), que aponta que a vegetação em área urbana controla a temperatura do ambiente, atenuando grande parte da radiação incidente, propiciando segundo Furtado (1994), a vegetação propicia resfriamento passivo principalmente por meio do sombreamento lançado pela vegetação, que reduz a conversão de energia radiante sensível, consequentemente reduzindo as temperaturas de superfície dos objetos sombreados.

Porém, as área verdes inseridos no meio urbano, em condições de espacialidade fragmentada, permite uma maior atuação da radiação solar, tais fragmentos não apresentam os mesmos efeitos de atenuação, como pode ser identificado no trabalho de Barros et al. (2010) para um parque urbano na cidade de Cuiabá, identificou que no período de inverno, a vegetação mais seca, permite o aumento da permeabilidade da radiação solar e isso, somado a baixa umidade, pode tornar a atividade esportiva ao ar livre no parque um risco à saúde. Além disso, Barros e Musis (2013), verificaram que o padrão espacial da distribuição das áreas de vegetação arbórea associado ao tamanho dos fragmentos florestais, também contribuem para a formação dos ambientes térmicos urbanos de maior desconforto, como também verificado por Costa et al. (2010) no Parque Itaimbé, em Santa Maria-RS.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do relevo ondulado que configura o centro da mancha urbana de Viçosa, inserido no domínio de paisagem de Mar de morros, o tipo de uso da terra somada a orientação das vertentes, apresentaram forte influência na

configuração do campo térmico, produzido a partir das imagens termais. A percepção holística do fenômeno pautado na teoria dos geossistemas torna-se fundamental para a análise através do sensoriamento remoto sendo necessária a junção de o máximo de elementos e fatores em escalas de análise coincidentes para que se possa obter dados que o conduzam a uma análise do fenômeno com maior precisão para que medidas posteriores possam ser tomadas.

Apesar da técnica do sensoriamento remoto permitir melhor espacialização e identificação de núcleos de calor (FIALHO, 2009), a mesma ainda guarda limitações. Por exemplo, ao utilizar o levantamento de quantas imagens, pode-se afirmar que o fenômeno da "ilha de calor" pode ser considerado. Além disso, outro aspecto deve ser levantado, o fato do horário de registro da imagem é desvinculado ao ritmo da circulação local, no caso o mecanismo de brisas. Mas, independentemente dessa circulação, qualquer ponto de uma dada cidade, pouco ventilado e aberto para permitir a entrada de radiação solar, durante o dia ou no momento da passagem do sensor orbital, tenderá a apresentar valores mais elevados do que o entorno imediato, como também as áreas com um adensamento de tipologias de edificações verticais, também podem ocasionar o surgimento de "ilhas de frio", em razão da inércia térmica.

Nesse sentido, para uma melhor compreensão da espacialização da temperatura de superfície terrestre sugere-se para relevos ondulados a inclusão do elemento vento, assim como a sua direção para que se tenha uma análise mais próxima ao fenômeno como as brisas de montanha e as circulações locais compõem o sistema climático local de Viçosa.

Uma cidade... ainda indi(gente)

Em um dia de sol, a cidade aquece a alma, mas entorpece o viver.
Cidade... feita de indi(gente), nada (inteli)gente....que,
aglutina...concentra... adensa...desagrada... angustia e desconcentra...
Cidade...feita de gente, pode ser amável, basta harmonizar...
criar...respeitar...o outro, como...morador, como gente....muito inteligente...

Autor: *Edson Soares Fialho.* Teixeiras-MG, 10 de dezembro de 2020.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das Bolsas de Iniciação Científica, que possibilitaram a realização desse estudo,como parte do projeto: MONITORAMENTO DO CLIMA URBANO, NA CIDADE DE VIÇOSA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS/INTELIGENTES, que vem sendo desenvolvido no Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA), lotado no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

7. REFERÊNCIAS

AB´SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: Potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editora, 2003.

ALLOCA, R. A. **Análise do campo térmico na área urbana de Ponte Nova, Minas Gerais**. 1590f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Ciências Humanas e Naturais da UFES. Vitória-ES, 2018. Disponível em <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10673/1/tese_12778_Disserta%C3%A7%C3%A3o_Final%20%28Vers%C3%A3o%20Digital%29.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2020.

BARROS, M. P.; NOGUEIRA, M. C. A.; MUSIS, C. R. O projeto de parque urbano e os riscos da exposição ao calor. **Ambiente Construído**, Porto Alegre-RS, v. 10, n. 2, p. 147-156, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ac/v10n2/a10.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2020.

BARROS, M. P.; MUSIS, C. R. Uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria-RS, v. 9, n. 9, p. 1999-2017, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/7705>. Acesso em: 7 dez. 2020.

CAMÂRA, G.; MEDEIROS, J. D. **Princípios básicos em geoprocessamento**. Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura, n. *2*, p 3-11, 1998.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. D. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações**. Revista Geográfica Acadêmica**, Goiânia-GO, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2996/0>. Acesso em: 5 ago. 2020.

COLELHO, D. D. Os projetos habitacionais em Viçosa (MG): uma análise comparativa entre a vila operária e os condomínios fechados. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUACAO EM GEOGRAFIA, 13, São Paulo, ***Anais...,*** São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.enanpege2019.anpege.ggf.br/resources/anais/8/1560166496_ARQUIVO_OSPROJETOSHABITACIONAISEMVICOSA(MG).pdf>. Acesso em: 30 jul. 2020.

COSTA, E. R.; SARTORI, M. G. B.; FANTINI, V. Análise do Conforto Térmico do Parque Itaimbé-Santa Maria/RS sob Condições Atmosféricas de Domínio da Massa Polar Velha em Situação Sazonal de Primavera. **Revista Geografia, Ensino e Pesquisa**, Santa Maria-RS, v. 14, n. 2, p. 16-26, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/29721/pdf>. Acesso em: 7 dez. 2020.

CUPOLILLO F, ABREU M. L.; VIANELLO, R. L. Climatologia da bacia do Rio Doce e sua relação com a topografia local. **Revista Geografias**, Belo Horizonte-MG, v. 4, p., 45-60, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13251>. Acesso em: 7 jul. 2020.

FERNANDES, L. A. Ambientes urbanos e fatores naturais na conformação das condições climáticas no período de inverno em Viçosa/MG. **Revista de Ciências Humanas***,* Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 366-380, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3083>. Acesso em: 6 jun. 2020.

FERNANDES, L. A.; BRANDÃO, L. P.; FIALHO, E. S. The Relationship between the Geoecological and Anthropic Aspects for the Conformation of the Urban Climate of Viçosa-MG in the Synotic Situation of Stability in 2015. **Climate**, New

York-EUA, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/5/2/35>. Acesso em: 7 jun. 2020.

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Análise da variabilidade espacial do campo térmico em situação sazonal de verão (2013/2014), na mancha urbana de Viçosa-MG. SIMPOSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, Curitiba, 14, ***Anais...***, Paraná-PR. p. 1059-1071, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276273993_ANAIS_DO_X_SIMPOSIO_BRASILEIROS_DE_CLIMATOLOGIA_GEOGRAFICA_ANALISE_DA_VARIABILIDADE_ESPACIAL_DO_CAMPO_TERMICO_EM_SITUACAO_SAZONAL_DE_VERAO_20132014_NA_MANCHA_URBANA_DE_VICOSA-MG>. Acesso em: 5 jul. 2020.

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Campo térmico x fator de visão do céu: Estudo da área central do município de Viçosa-MG em episódios de outono e inverno/2014. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre-RS, v. 34, n. 1, p. 1-25, 2016. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/bgg/article/view/53920>. Acesso em: 7 jun. 2020.

FIALHO, E. S.; AZEVEDO, T. R. Topoclimas e o uso do solo no município de Viçosa-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 15, São Paulo, ***Anais...,*** São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Edson_Fialho/publication/342283353_Topoclimas_e_o_uso_do_solo_no_municipio_de_Vicosa-MG/links/5eebf61c299bf1faac626a97/Topoclimas-e-o-uso-do-solo-no-municipio-de-Vicosa-MG.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2020.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira.** 248f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/pt-br.php> Acesso em: 3 jul. 2020.

FIALHO, E. S. Unidades climáticas urbanas: O caso da Ilha do Governador. **Revista do Centro de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10, n. 1, p. 26-46, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3493>. Acesso em: 22 mar. 2020.

FIALHO, E. S. Ilhas de Calor: reflexões acerca de um conceito. ***Acta* Geográfica**, Boa Vista-RR, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012a. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1094>. Acesso em: 15 jun. 2020.

FIALHO, E. S. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: FIALHO, E. S.; SILVA, C. A. (org.). **Concepções e Ensaios 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_RURAIS>. Acesso em 2 de jun. 2020.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES; MIRANDA, J. D. E. C. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. **Revista Geografias**, Belo Horizonte-MG, Edição Especial SEGEO III, p. 80-98, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/158>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FIALHO, E. S. As repercussões da expansão da mancha urbana na dinâmica climática local de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 324-337, 2015. Disponível em <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3095>. Acesso em: 3 jul. 2020.

FIALHO, E. S. O que é um *transect* e sua utilização nos estudos climáticos. **Revista GEOUERJ**, Rio de Janeiro-RJ, n. 34, v. 1, p. 1-29, 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/40951>. Acesso em: 5 ago. 2020.

FIALHO, E. S.; PAULO, M. L. S. Clima e sítio: A variabilidade termohigrométrica, ao longo do transeto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira-Brasil. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEIINKE, E. T. *(*orgs*.).:* **Experimentos em Climatologia Geográfica***.* Dourados*:* EdUFGD, 2014, p. 107-128. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273448852_CLIMA_E_SITIO_NA_ZONA_DA_MATA_MINEIRA_UMA_ANALISE_EM_EPISODIOS_DE_VERAO>. Acesso em: 5 ago. 2020.

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, 2016. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8145/4505>. Acesso em: 4 jun. 2020.

FIALHO E.; QUINA. 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, v. 12, n. 2, p. 127-151, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/got/n12/n12a07.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

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 *transect* Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 14, Número Especial – Dossiê Climatologia de Minas Gerais, p. 357-368, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/61747/37747>. Acesso em: 3 jul. 2020.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORRREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial do Simpósio Brasileiro de Climatologia-SBCG-2018, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 47-85, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65748/38760>. Acesso em: 5 ago. 2020.

GOMES, S. T. **Clima urbano de Dourados (MS)**: uma análise a partir do processo de urbanização. 2012. 158f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/784> Acesso em: 15 dez. 2020

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em 11 mai. 2020b.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v, 10, n. 1, p. 9-25, 2010.

JARDIM, C. H.; FERREIRA, M. A correlação dos fatos geográficos em climatologia a partir da noção de "sítio" e situação. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, São Paulo, 10, ***Anais...,*** São Paulo: USP, p. 7099-7111, 2005. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Climatologia/06.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR**. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_dr/2012/t316_0358-D.pdf>. Acesso em 7 dez. 2020.

MATSON, M. E. P.; MCCLAIN, D. F.; MCGINNIS, J. R.; PRITCHARD, J. A. Satellite Detection of Urban Heat Islands. **Monthly Weather Review**, New York-EUA, v. 106, n. 12, p. 1725-1734, 1978. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/mwr/article/106/12/1725/61852>. Acesso em: 4 ago. 2020.

MENDONÇA, F.; DUBREIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **Revista RA´E GA**, Curitiba-PR, n. 9, p. 25-35, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3444/2721>. Acesso em: 5 ago. 2020.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estudar estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Revista Geosul**, Florianópolis, Ano 5, n. 9, p. 7-19, 1990. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12737>. Acesso em 8 dez. 2020.

MONTEIRO. C. A. F. Clima Urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.;

MENDONÇA, F. (orgs.).: **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

PAULA, K. A. O processo de verticalização na zona central da cidade de Viçosa-MG: Uma análise a partir da expansão da Universidade Federal de Viçosa e do seu impacto na estruturação do espaço urbano. **Revista GeoTextos**, Salvador-BA, v. 15, n. 1, p. 65-87, 2019. Disponível em: <https://cienciasmedicasbiologicas.ufba.br/index.php/geotextos/article/viewFile/30473/19134>. Acesso em: 30 jul. 2020.

PAULA, K. A. O patrimônio histórico cultural e a verticalização: uma análise das mudanças na paisagem urbana de Viçosa – MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. São Paulo-SP, v. 8. n. 57, p. 114-127, 2020. Disponível em:

https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/2263/2174>. Acesso em: 30 jul. 2020.

PRICE, J. C. Assessment of the urban heat island effect through the use of satellite data. **Monthly Weather Review**, New York-EUA, v. 107, n. 11, p. 1554-1557, 1979. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/mwr/article/107/11/1554/61749>. Acesso em: 5 ago. 2020.

QUINA, R. R. Influência de sistemas sinóticos na diferença térmica entre campo e cidade, estudo de caso de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 324-337, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3092>. Acesso em: 7 jun. 2020.

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. C. T. Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota-SP a partir da imagem de satélite *Landsat* 7. **Revista Geográfica da América Central**, v.1, p. 1-16, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/48868750>. Acesso em: 4 jul. 2020.

RAO, P. K. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. In**: Bulletin of the American Meteorological Society**, New York-EUA, n, v. 53, n. 8, 647-648, 1972.

ROCHA, V. M.; FIALHO, E. S. Uso da terra e suas implicações na variação termo-higrométrica ao longo de um transeto campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10, n. 1, p. 64-77, 2010. Disponível em: <http://www.cch.ufv.br/revista/pdfs/artigo4vol10-1.pdf> Acesso em: 3 abr. 2020

SANCHES, F. O.; FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 34, n. 1, p. 122-136, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v34i0.138581>. Acesso em 7 dez. 2020.

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 Teixeiras-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: 7 dez. 2020.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.4, n.4, p. 1-16, 2009.

SAYDELLES, A. P., SARTORI, M. G. B. Análise da insolação direta nas vertentes do Bairro Centro da cidade de Santa Maria-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, Santa Maria, ***Anais...,*** Rio Grande do Sul-RS, p. 1-10. 2007.

U.S. Geological Survey, 2018**, Mineral Resources Data System: U.S. Geological Survey** Disponível em: <https://mrdata.usgs.gov/>. Acessado em: 4 jun. 2020.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, Ano 6, v. 6, p. 37-56, 2010. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25604/17160>. Acesso em: 15 dez. 2020.

VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro-RJ, v. 20, n. 2, p. 1-82, 1958. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1958_v20_n1.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

VOOGT, J. A., OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. ***Remote sensing of environment***, New York-EUA, v. 86, n. 3, p.370-384, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425703000798>. Acesso em: 5 ago. 2020