ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

CLIMATOLOGIA URBANA: CONCEITOS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS

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

FERNANDES, Ludmila Alves – ludmillafernands@gmail.com.br
Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF

CORREA, Wesley de Souza Campos – wesley.campos.correa@gmail.com
Universidade Federal do Espírito Santo/UFES

RESUMO: A climatologia urbana, desde o final do século XX, no Brasil, mais precisamente após a criação do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, vem contribuindo para com o avanço dos estudos do clima urbano no Brasil. Mas não apenas a Geografia se interessou pelo clima das cidades, as demais ciências que abordam o meio urbano, assim como os arquitetos, meteorologistas, engenheiros, urbanistas, dentre outras áreas do saber, se apropriando da temática e aplicando novas técnicas e metodologias que a própria ciência Geográfica vem incorporando. A questão da mudança climática muito influenciou o trabalho, mas o foco será discutir conceitos, demonstrar as vantagens e desvantagens de algumas técnicas e métodos de campo para registro e tratamento das informações no meio urbano. E como cenário da aplicação dessas técnicas é a mancha urbana, situada no município de Viçosa-MG será destacada como nosso recorte espacial que servirá de base para discutir o conceito de clima urbano e de ilha de calor.

PALAVRAS-CHAVES: ilha de calor, temperatura do ar, clima urbano.

URBAN CLIMATOLOGY: CONCEPTS, METHODS AND TECHNIQUES

ABSTRACT: The urban climatology, since the end of the twentieth century, in Brazil, more precisely, after the creation of the Brazilian Symposium on Geographic Climatology, greatly contributed to the advancement of climate studies in Brazil. But not only geography was interested in the climate of the cities, the other sciences, which approach the city as well, so occurred with the climatology. Architects, Meteorology, Agronomy, Engineers, Urbanists, among other areas of knowledge has appropriated the subject, and applying new techniques and methodologies, which Geographic science itself has been incorporating. The issue of climate change has greatly influenced this, but the focus of this work will be to demonstrate the advantages and disadvantages of some field techniques and methods for recording and processing information in urban settings, And as a scenario for the application of these techniques, the municipality of Viçosa-MG will be highlighted as our spatial clipping, which will serve as a basis for discussing the concept of urban climate and heat island.

KEYWORDS: island heat, air temperature, urban climate

Ainda há esperança...

Vive-se tempos difíceis,
Mas não perca sua esperança,
no porvir, nas crianças e
na alvorada, que se renova.

Em tempos de crise,
Não se escolhe o caminho,
Porém, mantenha-se firme,
coerente e convicto.

Em tempos de crise,
A solução perpassa pela atenção.
Pela atenção solidária ao outro.
Pela participação consciente.
Pela partilha que engrandece.

Pois assim, ainda, mesmo que
De repente, a esperança sobreviverá
em nossos dias difíceis.

(Edson Soares Fialho, 8/10/2018)

1. O CONCEITO DE "ILHA DE CALOR"

O ensejo da discussão conceitual aparece a partir da necessidade de melhor delimitar o conceito de ilha de calor, uma vez que se espera que até 2050 cerca de 70% da população global viverá em áreas urbanas (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2010). Diante disso, fenômenos de origem urbana sobre o clima tendem a aumentar, entre eles a ilha de calor urbana (ICU). A substituição da cobertura natural, característica emblemática das cidades, altera as propriedades aerodinâmicas, radiativas, térmicas e de umidade em uma área urbana se comparada ao ambiente natural (ROTH, 2013). A diferença entre a temperatura de uma área rural para uma área urbana é definida como intensidade da ICU (OKE, 1982).

Fialho (2012a), com base em uma revisão bibliográfica, identifica três tipos de ilhas de calor, que se diferem a partir dos métodos e técnicas de mensuração, denominadas: a) ilha de calor de superfície, ilha de calor atmosférica e ilha de calor vertical. Porém, apesar dessas diferenças, o conceito pode gerar uma série de problemas de compreensão em função inclusive da escala de análise adotada.

No Brasil, Sezerino; Monteiro (1990) utilizaram o conceito de campo térmico pela primeira vez. Esse pode ser caracterizado pela resposta física (térmica) da superfície dos objetos quando submetida a condições externas decorrentes dos parâmetros climáticos, que variam sob diferentes condições de tempo e condições de uso e cobertura do solo. Nesse contexto, dentro de um campo térmico é possível identificar em um ambiente intra-urbano, não mais uma ilha de calor, mas um arquipélago de calor. Entretanto, outros autores consideram a cidade como uma ilha de calor, enquanto o ponto mais quente inserido no meio urbano denomina-se de hot spot, conforme Correa (2018).

Apesar dessa apresentação conceitual inicial, o clima urbano é constituído a partir de fatores que criam condições de dotar a cidade de características que a diferenciam do entorno, como identificado por Lansberg; Maisel (1972), em Maryland; Lee (1992), em Londres, e Magee et al. (1999) no Alaska. Além disso, o tamanho da cidade (OKE, 1973), a velocidade do vento (OKE, 1978) e a geometria dos vales e dos prédios, podem auxiliar na formação da ilha de calor urbana. Em relação a esses fatores, Oke sugeriu algumas correlações. A primeira foi estabelecida entre a intensidade da ilha de calor e o tamanho da população urbana em cidades canadenses (Equação 1) e europeias (Equação 2).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Esse modelo numérico é muito questionável, pelo fato de não considerar outras razões atuantes, e acaba por gerar resultados superestimados para cidades tropicais. Entretanto, a correlação é muito empregada em vários trabalhos, destacando-se os realizados nas cidades australianas –Equação 3– (TOROK et al., 2001) e norte-americanas (KARL et. al., 1988) –Equação 4.

Equação 1:

Cidades canadenses.
$\Delta T_{u-r} = 2,96 \log P - 6,41$ ($r^2 = 0.96$)

Equação 2:

Cidades européias.
$\Delta T_{u-r} = 2,01 \log P - 4,06$ ($r^2 = 0.74$)

Equação 3:

Cidades australianas.
$\Delta T_{u-r} = 1,42 \log P - 2,02$

Equação 4:

Cidades norte-americanas.
$\Delta T_{u-r} = a\ (POP)^{0.45}$

O coeficiente a depende do elemento:
$a = -3,9x10^{-4}$ – Temperatura máxima
$a = 3,61x10^{-3}$ – Temperatura mínima
$a = -0,77x10^{-3}$ – Temperatura máxima – população > 10.000
$a = 5.12x10^{-3}$ – Temperatura mínima – população > 10.000

$\Delta T = 1,4ºC - 0,01n - 0,09V - 0,01T + 0,04e$

ΔT – diferencial térmico.
n – nebulosidade em décimos.
V – intensidade do vento em $m.s^{-1}$.
T – temperatura em ºC.
e – umidade absoluta em g/m^3.

No caso da Equação 5, Landsberg em 1956 (*apud* TARIFA, 1977) propôs uma simplificação – Equação 6– do tipo:

Equação 6:

$$\Delta T = \frac{4,6 - 0,28n}{V}$$

ΔT – diferencial térmico.
n – nebulosidade em décimos.
V – intensidade do vento em $m.s^{-1}$

A segunda correlação desenvolvida foi estabelecida entre a intensidade do vento e o tamanho da população (Equação 7). Segundo Oke (1981), há uma velocidade crítica do vento na qual a Ilha de calor seria desfigurada ou atenuada.

Equação 7:

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

$\Delta T_{u-r} = AP^{1/4}.U^{1/2}$

onde:
ΔT_{u-r} = Intensidade da ilha de calor (ºC)
A = coeficiente empírico
P = População
U = Velocidade do vento regional ($m.s^{-1}$)

Outra correlação proposta por Oke (1981) consiste na associação entre a geometria dos vales urbanos e a intensidade máxima da ilha de calor (Equação 8). Essa correlação pode ser expressa através da relação entre altura dos edifícios (H) e a distância entre eles (W), cujo cálculo sugerido é:

Equação 8:

$$\Delta T_{u-r} = 7,45 + 3,97. (H/W)$$

Por último, a relação estabelecida entre altura-distância dos edifícios, gerando os chamados "*canyons (vales)*" urbanos, também suscitou a utilização de outra técnica denominada "*Sky View Factor*" *(Fator de Obstrução do Céu)* – SVF. Essa mede o nível de obstrução do céu, e pode ser expressa por meio da Equação 9.

O SVF, utilizado em estudos climáticos urbanos, comprova a correlação existente entre as áreas de pico de ilha de calor urbana e a densidade de construção em diferentes cidades (BARRING *et al*. 1985; FERREIRA; FIALHO, 2016; FERNANDES *et al.*, 2017).

Equação 9:

$$\Delta T_{u-r} = 15,27 - 13,88 . SVF$$

Segundo Grimmond (2006), a partir da utilização de inovações tecnológicas, a climatologia urbana se desenvolveu através do uso de novos instrumentais empregados nos experimentos de campo, assim como na utilização de modelos matemáticos que são cada vez mais utilizados por meteorologistas, engenheiros e arquitetos. Nessas áreas, a ilha de calor ou clima urbano tem como base de análise os fluxos de energia e massa e seus balanços na interação entre superfície e atmosfera. A abordagem é multidimensional (espaço e tempo) e integra as escalas de cima pra baixo (downscaling).

Atualmente, existe uma grande variedade de diversificações de recortes espaciais a fim de definir a intensidade da ilha de calor. E considerar a diferença de temperatura entre áreas de maior e menor densidade de edificações, conforme Eliasson (1996).

Os estudos sobre ilha de calor também variam em função do método de coleta (Tabela 1). Inicialmente, os estudos utilizavam a rede de estações meteorológicas oficiais, conforme constatado por Oke (1974, 1979 e 1984). Entretanto, atualmente, o recurso transect móvel, que possibilita uma maior mobilidade espacial, é muito utilizado, porém também apresenta desvantagens (Tabela 2), mas isso depende do objetivo da pesquisa e da capacidade logística do pesquisador para optar pela técnica mais adequada no momento.

Tabela 1 - Variação do método de coleta de dados em estudo de ilha de calor.

Autor	Área	Método	Tipo	Intensidade máxima $\Delta T_{(u-r)}$
Lombardo (1985)	São Paulo, SP	Imagem Termal	Temperatura de superfície	10,0^{0}C
Sezerino; Monteiro (1990)	Florianópolis, SC	Transects de pontos fixos	Temperatura do ar	4,4^{0}C
Aguiar (1995)	Manaus, AM	Rede de monitoramento de miniabrigos	Temperatura do ar	3,6^{0}C
Zamparoni (1995)	Tangará da Serra, MT	Transects Móveis	Temperatura do ar	3,6^{0}C
Brandão (1996)	Rio de Janeiro, RJ	Transects de pontos fixos	Temperatura do ar	4,2^{0}C
Sette (1996)	Rondonópolis	Rede de monitoramento de miniabrigos	Temperatura do ar	4,8^{0}C
Martins (1996)	Juiz de Fora, MG	Rede de monitoramento de miniabrigos	Temperatura do ar	12,8^{0}C
Amorim (2000)	Pres. Prudente, SP	Transects de pontos fixos	Temperatura do ar	6,0^{0}C
Sousa *et* al. (2005)	São Paulo, SP	Imagem Termal	Temperatua de superfície	12,0^{0}C
Andrade (2007)	S. J. dos Campos, SP	Imagem Termal	Temperatua de superfície	20,0^{0}C
Fialho (2009)	Viçosa, MG	Transects móveis	Temperatura do ar	4,7^{0}C
Nascimento; Barros (2009)	Goiânia, GO	Imagem Termal	Temperatura de superfície	10,0^{0}C
Gomes (2012)	Dourados, MS	Imagem Termal	Temperatura do ar	6,0 ^{0}C
Collischonn (2012)	Porto Alegre, RS	Imagem Termal	Temperatura de superfície	12,0^{0}C.
Targino *et* al. (2013).	Londrina, PR	Imagem termal	Temperatura de superfície	3,0^{0}C
Coelho *et* al. (2013)	Vila Velha, ES	Imagem Termal	Temperatura de superfície	15,0^{0}C
Correa *et* al. (2015	Vitória, ES	Imagem Termal	Temperatura d esuperfície	17,2^{0}C
Fialho *et* al. (2015)	Viçosa, MG	Rede de monitoramento de miniabrigos	Temperatua do ar	5,5^{0}C
Amorim *et* al. (2015	Pres. Prudente, SP	Moidelagem	Temperatura do ar	9,0^{0}C
Araújo e Andrade (2015)	Teresina, PI	Transects móveis	Temperatua do ar	4,2^{0}C
Alves (2017)	Iporá, GO	Modelagem	Temperatura do ar	3,5^{0}C

Organizado por Edson Soares Fialho, 2018.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens de mensuração por pontos fixos ou transetcs móveis.

Pontos Fixos		*Transects* Móveis	
Vantagem	Desvantagem	Vantagem	Desvantagem
Permite observações simultâneas	Dificuldade em definir pontos representativos.	Descreve melhor a heterogeneidade do meio urbano	Refazer o percurso, algumas vezes com intuito de criar uma maior confiabilidade.
Favorece o registro temporal da ilha de calor.	Custo operacional e logístico.	Aumenta o número de pontos de coleta dentro da área de estudo.	Não é apropriado para grandes distâncias
	Preparar equipes para registro dos parâmetros e compatibilizar horários de leituras	Permite uma maior agilidade no processo de monitoramento	Restrito apenas a estradas de rodagem.
			Dificuldade de definir pontos representativos
			Não mensuração simultânea dos elementos do clima

Fonte: Fialho (2009, p. 66).

Por fim, um problema considerável consiste em definir o que seja o rural em cidades em latitudes distintas e ambientes diversos. Na literatura, de maneira geral, há centenas de significados que podem ser encontrados para esse termo, o que implica na impossibilidade de estabelecer comparações entre cidades distintas, como você pode observar em alguns exemplos identificados na Tabela 3. Esse problema, pode-se dizer assim, da busca de um padrão universal para ilha de calor, se baseia nos princípios físicos, desconsiderando os fatores geográficos locais, que podem ser imponderáveis e muito menos universais. Diante disso, acredita-se que tal esforço possa ser ineficaz, até

porque a manifestação do fenômeno é consequência das particularidades do ambiente no qual se insere o meio urbano.

Infelizmente, essa limitação ainda não foi resolvida, mas propostas para a solução do problema estão em curso, tais como a confeccionada por Oke (2006), em que sugere o estabelecimento de uma padronização do critério de definição do que seja urbano e rural a partir da taxa de impermeabilização ou (área construída) da superfície. Uma vez que os estudos acerca da ilha de calor apresentam inconsistência e instabilidade em relação à definição urbano-rural, torna-se dificultada a comparação entre resultados.

Tabela 3 - Exemplos de ambientes rurais e urbanos para alguns estudos de clima urbano.

Urbano	Rural	Urbano e rural
Jardim Botânico (Syrakova; Zaharieva, 1998).	Campos de arrozais (Sakakibara; Matsui, 2005).	Aeroportos (Adebayo, 1991).
Parque urbano (Gedzelman *et* al. 2005).	Reserva ecológica (Jauregui, 1997).	Inst. meteorológico (Robaa, 2003).
Hospital (Tumanov *et*. al. 2005).	Tundra artica (Hinkel *et* al. 2003).	Campus universitários (Parry, 1996).
Shopping center (Landsberg; Maisel, 1972).	Deserto (Hedquist; Brazel, 2006).	Observatórios do tempo (Zhou, 1990).
Postos de Bombeiros (Bowling; Benson, 1978).	Florestas tropicais (Chow; Roth, 2006).	Jardins de escola (Okoola, 1980).

Fonte: Stewart (2007, p. 113. Adaptado.) Elaborado por Edson Soares Fialho, 2018.

Com base nessa fragilidade, Stewart (2007) propõe uma forma de possibilitar a padronização de se criar o mapa de uso do solo com base em critérios físicos e não mais funcionais, onde há um agrupamento por características, tais como, SVF, fracções de cobertura superficial, asperezas do terreno, albedo, admitância à superfície e as condições antropogênicas produção de calor (STEWART; OKE, 2012). Esse critério, ao tornar mais preciso o modo de classificar o uso da terra através do método denominado unidades climáticas urbanas - Local Zone Climate (LCZ), mostra-se como uma tentativa de padronizar a forma de classificar o uso e torna aplicável em qualquer cidade do mundo.

Apesar da dificuldade, alguns trabalhos vêm tentando aprimorar esse modelo, que tem o intuito de possibilitar uma comparabilidade entre os resultados das pesquisas, que hoje são mais difíceis em função de muitas terem um caráter empírico e descritivo (Figura 1).

Ademais, novas possibilidades de identificar a ilha de calor foram desenvolvidas, como, a partir de balões meteorológicos e imagens termais em plataformas de observação instaladas em satélites ou aviões. O uso de dados de satélites gera uma melhor apreensão das condições térmicas no contexto de toda a cidade, o que favorece o estabelecimento de relações entre as características térmicas dos elementos da superfície com a do ar por meio de dados obtidos em observações de campo (OKE, 2003).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

No entanto, o uso de dados de satélites limita a apreensão das condições térmicas da cidade ao nível dos telhados, o que difere das observações intra-urbanas. Mesmo que se utilize a temperatura do ar ao mesmo tempo em que se obtém a imagem termal, estes valores de superfície apenas servirão para calibrar a imagem, não sendo possível dizer que a imagem termal equivale aos registros da temperatura do ar dentro da cidade, embora a espacialidade das temperaturas de superfície e do ar possa encontrar uma semelhança, conforme Cassels et al. (1991) verificaram para a cidade de Valência, Espanha. Entretanto o satélite identificou uma intensidade de 4,5ºC contra 3,0ºC dos transects móveis.

Em razão dessa incompatibilidade, Voogt; Oke (1997) desenvolveram um novo conceito para os estudos de clima urbano, denominado de temperatura de superfície urbana completa, que procura agregar as observações ao nível dos telhados em conjunto com as da atmosfera. Segundo os mesmos autores, esse procedimento procura calcular uma temperatura de superfície completa, que leva em conta as superfícies horizontais e verticais em áreas urbanas, buscando reconhecer o impacto térmico em três dimensões do sistema e procurando fugir dos limites inerentes aos sensores remotos. Dessa forma seria possível mensurar a verdadeira contribuição dos diferentes tipos de uso da terra na atmosfera urbana.

Como se identifica pelo exposto até aqui, a ilha de calor pode ser mensurada através da temperatura do ar ou da superfície e, por apresentarem naturezas distintas, os meios de registro das mesmas registram diferenças, conforme pode ser visualizado na Tabela 4.

Apesar ainda da falta de uma melhor delimitação para o termo, muitos estudos de revisão sobre o tema foram publicados. Tomando como base, a partir do ano de 2000, os trabalhos não apresentaram um aprofundamento da questão conceitual, apenas demostraram o estado da arte (FIALHO, 2009). Retornando ao conceito da ilha de calor, que, conforme exposto até então, o mesmo é uma anomalia térmica, tanto horizontal quanto vertical e em dimensões temporais.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

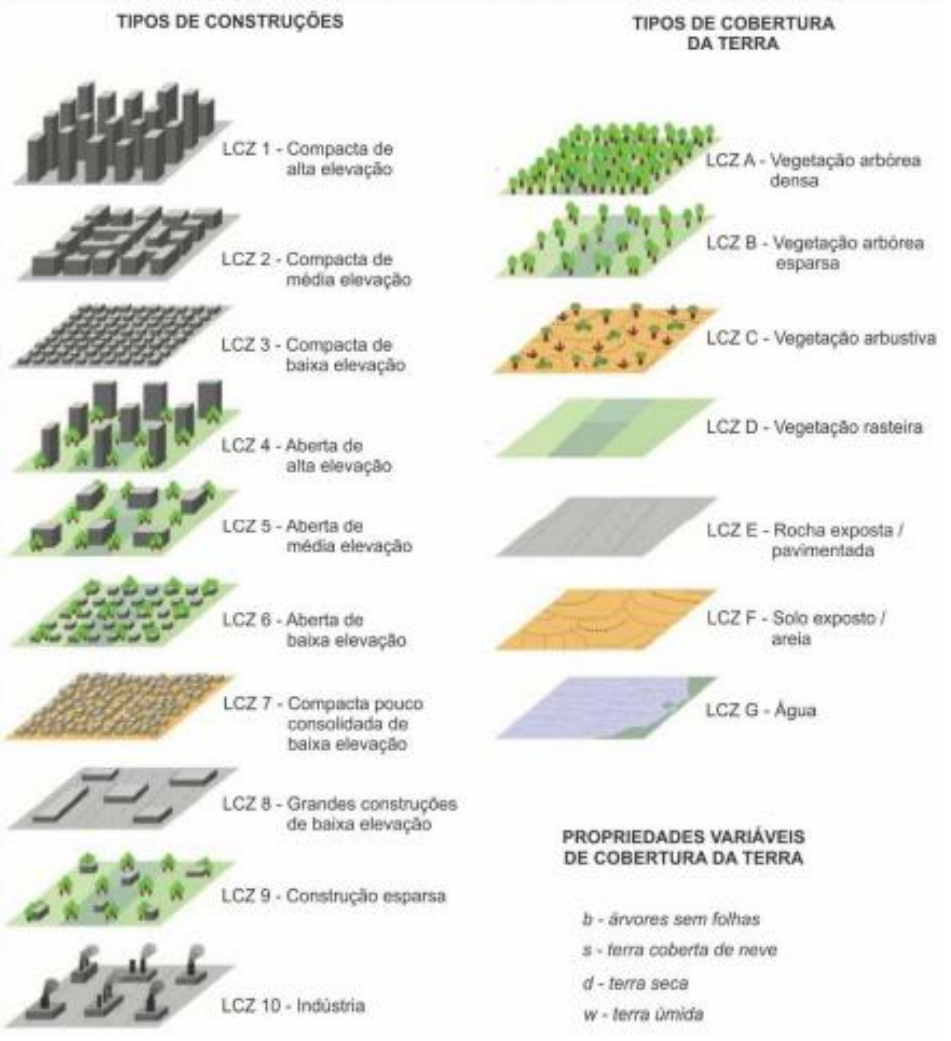


Figura 1 - Determinação das unidades LCZ. Fonte: Cardoso; Amorim (2017, p. 80).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 4 - Características da ilha de calor superficial e atmosférica.

Características	Ilha de calor superficial	Ilha de calor atmosférica
Ritmo Temporal	Presente durante o dia e a noite Maior intensidade durante o dia no verão	Fraca ou inexistente durante o dia*. Maior intensidade durante a noite depois do por do sol e no inverno.
Picos de intensidade	Grande variação espacial e temporal	Pouca variação: Durante o dia de -1,8 a 3C Durante a noite de 7 a 12C
Método de intensidade	Indireto: Teledetecção	Direto: Estações meteorológicas ou *Transects* móveis
Representação	Imagem Termal	Mapas de isotermas

Fonte: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Reducing Urban Heat Islands. Compendium of Strategies. [En línea]. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Octubre de 2008, <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.* Alta e medias latitudes, não em regiões de clima tropical e sobretudo, no litoral, precisamos repensar sobre isso.

Embora possa ser observado em quase todos os assentamentos, grandes e pequenos, a ilha de calor foi estudada principalmente nas latitudes médias e suas características parecem estar relacionadas tanto à natureza intrínseca das cidades (como tamanho, densidade de construção e distribuição do uso do solo), bem como a influências, por exemplo, do sistema sinóptico predominante, estação do ano e excepcionalidades (OKE, 1982).

Apesar de ser um fenômeno, que na maior parte dos estudos é citado como noturno em condições de tempo estável e que produz calmaria, intensificando as perdas de energia acumulada ao longo do dia nas áreas de poucas construções, deixa evidente a importância dos materiais utilizados na cidade que acabam por gerar um resfriamento mais lento da cidade em comparação com o entorno (SANTAMOURIS et al., 2007 e BARRING et al., 1985).

Todavia, estudos realizados no Brasil identificaram que em cidades litorâneas a ilha de calor atmosférica mais pronunciada se instalou na área central, no período da tarde, sendo descaracterizado o núcleo de maior aquecimento, no período da noite, onde o campo térmico se torna praticamente homogêneo por conta da brisa marítima, como foi ao caso da cidade de Serra-ES, local de estudo de Wemerson Discanio Oliveira (2018), que utilizou 7 pontos de coleta fixos e 35 móveis que buscaram abranger as diferentes características geourbanas e geoecológicas do distrito de Carapina.

Os resultados alcançados constataram que as áreas mais aquecidas ficaram bem definidas nos períodos matutinos e vespertinos. Na análise noturna, o campo termal apresentou-se homogêneo. No verão foi possível observar a formação de ilhas de calor forte magnitude às 9h00min (5,2°C), muito forte magnitude às 16h00min (11°C) e de fraca magnitude às 20h00min. (2,9°C). No inverno as ilhas de calor só foram verificadas no período da tarde

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

(15h00min-8,2°C) e da noite (20h00min-5,4°C). As maiores amplitudes térmicas diárias foram verificadas às 16h00min (verão) e 15h00min (inverno). A ilha de calor noturna foi mais proeminente no inverno, sendo 2,5°C superior ao verão. De maneira geral, os pontos localizados na porção litorânea apresentaram temperaturas amenas em relação ao interior.

Correa; Vale (2016) observaram, no município de Vitória (ES), que os maiores gradientes térmicos foram encontrados às 9h00min e às 15h00min, especialmente sob atuação da ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul). Os autores observaram grande influência da maritimidade e dos ventos de brisa na amenização das temperaturas costeiras. Marques Filho et al. (2009), para a cidade do Rio de Janeiro, verificaram que a ICU tem o máximo diurno pela manhã para todas as estações e que é mais intensa nos meses de transição, entre o verão chuvoso e o inverno seco (fevereiro a maio), com uma amplitude de 4-5°C (ao contrário de uma amplitude de 2-3°C nos outros meses).

Para São Paulo, Ferreira et al. (2012) verificaram que a ICU tem caráter diurno, assim como em outras regiões de climas tropicais e subtropicais, com intensidade máxima entre 14 e 16 horas da tarde e mínima entre 7 e 8 horas da manhã, variando entre 2,6°C, às 16h00min de julho, e 5,5°C, às 15h00min de setembro. Os autores ainda indicam a correlação entre ICU e a radiação solar líquida. As pesquisas ora citadas evidenciam que a ilha de calor, em regiões de climas tropicais, e as maiores intensidades estão relacionadas à alta incidência de radiação solar, sobretudo no verão, corroborando as pesquisas de Roth (2013).

Porém, ainda assim, as pesquisas sobre o tema não conseguiram definir critérios claros para a delimitação dos fenômenos, que ainda continuam ainda qualitativos. Tanto assim, que ao observar a Tabela 5, com algumas das atuais conceituações propostas, o leitor irá constatar a ausência de critérios definidores para a ocorrência do fenômeno, restringindo-se a descrição do comportamento dos elementos, como é muito comum nos estudos do campo da Geografia. Contudo, na meteorologia, engenharias e arquitetura, as pesquisas buscam entender mais o processo físico que gerou a ilha de calor, como por exemplo, o estudo do balanço de radiação, calor e escoamento do ar.

Apesar dos estudos de clima urbano terem surgido nos países de latitudes médias do Hemisfério Norte (YOW, 2007), onde as cidades são planejadas, planas e organizadas, isso permitiu, a princípio, a criação de leis físicas, como a relação estabelecida entre população e a intensidade da ilha de calor cunhada por Oke (1973).

Além disso, as primeiras cidades analisadas permitiram desenvolver modelos espaciais, donde o centro da ilha de calor se posiciona sobre a área comercial e de negócios, lugar de maior densidade de edificações e circulação. Isso constituiria um modelo de ilha de calor unicêntrico e de expressão do mesmo no período noturno. Diferentemente, em climas tropicais as áreas mais aquecidas não são exclusivas da área central, mas também nos bairros periféricos, áreas com pouca ou nenhuma arborização, habitações precárias e saneamento inadequado (FARIA PERES et al. 2018).

Tabela 5 - O conceito de ilha de calor.

Autores	
Amorim *et al.* (2009),	"A ilha de calor urbana (ICU) é a manifestação do aumento das temperaturas causada por características físicas, sendo elas as altas densidades de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade, reflectância e, ainda, as atividades humanas"
Paulina *et al.* (2015).	"Seu impacto no clima local em uma cidade urbana é dado, em particular, em referência ao aumento da temperatura do ambiente"
Sismanidis *et al*. (2015).	"Calor relativo das áreas urbanas densas em relação ao seu ambiente suburbano / rural"
Hsieh; Huang (2015)	"Um fenômeno em que a temperatura em uma cidade é maior que a temperatura nas áreas rurais vizinhas"
Chen *et al.* (2016).	"que as áreas mais urbanizadas têm uma temperatura do ar mais alta do que as áreas suburbanas circundantes"
Gülten *et al*. (2016)	"O efeito ilha de calor é definido como temperaturas do ar mais altas na área urbana do que na área rural numa mesma região"
Wang; Akbari (2016).	"um fenômeno pelo qual uma metrópole é geralmente significativamente mais quente do que a seus arredores rurais"
Aflaki *et al*. (2016).	"'Ilha de calor' geralmente descreve as áreas urbanizadas com temperaturas mais altas em comparação com as áreas vizinhas não urbanizadas"
Buchin *et al*. (2016)	"O efeito de ilha de calor urbana (ICU) é uma modificação climática antropogênica localizada na camada de dossel da atmosfera urbana, onde ocorrem quase todas as atividades humanas diárias"

Fonte: BRANEA, A. M. et al. (2018). Traduzido por Ludmilla Alves Fernandes, 2018.

Corroborando tal afirmativa, Assis (2005) afirma que a linha principal de investigação internacional sobre o clima urbano e suas repercussões sobre o planejamento das cidades se desenvolveu tendo por base a modelagem climática convencional, a partir das abordagens da Geografia e Meteorologia. Na medida do avanço de recursos computacionais e das bases de dados medidos na última metade do século XX, os modelos, fundamentalmente numéricos, puderam chegar a melhores resoluções espaciais, sendo, assim, capazes de considerar mais detalhadamente a superfície e, portanto, alguns aspectos das superfícies.

Mas os estudos de clima urbano alcançaram outras realidades, novas dificuldades foram sendo incorporadas, tanto assim que o próprio cálculo da intensidade da ilha de calor (MARTIN-VIDE, 2018) se torna um resultado incomparável quando se questiona o que são os meios rurais em países de diferentes latitudes nos estudos de clima urbano. Apesar de uma definição intuitiva e uso operacional, é inconsistente e confusa e isso se deve segundo a Stweart (2009) ao uso indiscriminado pela climatologia urbana dos termos "urbano" e "rural" para classificar e descrever os locais de medição, bem como a definição de "urbano" variar em diferentes contextos entre cidades em diferentes regiões.

A preocupação se torna mais premente, pois a ciência da climatologia urbana, em razão das mudanças climáticas globais, vem angariando novos pesquisadores de outras áreas do saber, cujo objetivo é melhorar o microclima urbano, minimizar o consumo de energia do edifício e melhorar a qualidade do ar, mas não vão de encontro à necessidade de pensar nos critérios de formação

do fenômeno, corroboram os fatores formadores, mas não contribuem para o maior esclarecimento do conceito (Tabela 6), priorizam a atuação no desenvolvimento de técnicas e maneira de mitigar o desconforto térmico nas cidades.

A questão se torna premente, pois é através do planejamento urbano efetivo (FIALHO; SOUSA, 2007) que requer, portanto, uma melhor compreensão das interações entre os processos social, econômico e físico operando nas cidades e como elas se desenrolam nas formas urbanas, como a terra é usada no espaço e no tempo. Como se identifica, o desenvolvimento da climatologia urbana, apesar de seus avanços técnicos, ainda não tem um canal de comunicação com o poder executivo da cidade, capaz de integrar o conhecimento da climatologia urbana ao planejamento, pois as cidade ainda carecem de capacidade preditiva, segundo a crítica de renomados pesquisadores na área. Mais do que isso, no exterior, são descritivos e, portanto, seus resultados ficam restritos ao caso, tem sido uma falha que Assis (2005) aponta, em parte devido a uma abordagem fragmentada entre os diversos campos do conhecimento envolvidos, e também devido ao fato de que a grande maioria dos trabalhos nessa área, no Brasil, como barreira para a compreensão dos resultados e sua incorporação no planejamento e desenho urbanos.

Tabela 6 - Conceito de ilha de calor de outras áreas de pesquisa

	Área de pesquisa	Causas analisadas da ICU
Ward, K.*et* al. (2016)	Ciências Ambientais	"A ICU é induzida por uma combinação de fatores, incluindo a geometria do cânion urbano, a quantidade de superfícies artificiais com emissividade elevada e também a produção de calor antropogênico"
Li, X., *et* al., (2016)	Sensoriamento remoto	"A arquitetura urbana da vizinhança afeta [...] a temperatura da superfície terrestre e a ilha de calor urbana superficial, e essa arquitetura é fundamental para a temperatura superficial do entorno. [...] desenvolvimento ou rearranjo na composição e configuração da cobertura da terra dos arredores, inclusive no nível das parcelas, pode ser usado para melhorar o efeito da ICU."
Sailor, D. J. (2014)	Engenharia Civil	"fenômeno de ilha de calor urbana (ICU) é o resultado de vários fatores, incluindo a prevalência de superfícies termicamente massivas e de baixa refletividade, a falta geral de umidade da superfície e as emissões de calor residual de atividades consumidoras de energia."
Aniello, C.. *et* al. (1995)	Geologia	"[..] as ilhas de calor micro-urbanas são resultantes da falta de cobertura florestal relacionada a bairros residenciais recém-desenvolvidos, estacionamentos, distritos comerciais, complexos de apartamentos e shopping centers. Todas as ilhas de calor micro-urbanas eram de natureza radiativa [...]"
Ma, Q. et al. (2016)	Geografia Física	"A expansão urbana desempenha um papel dominante na formação da ilha de calor urbana (ICU) e é, portanto, a essência e característica fundamental da estrutura

		urbana"
Sismanidis, P. *et* al. (2015)	Estudos urbanos	"a rápida expansão das áreas urbanas e a subsequente conversão de superfícies [...] permeáveis, ao lado (1) da diminuição da evapotranspiração; (2) a redução no transporte de calor turbulento devido à geometria dos canyons urbanos; (3) os fluxos de calor antropogênicos; e (4) a poluição do ar, causam a ilha de calor urbana"

Fonte: BRANEA, A. M. et al. (2018). Traduzido por Ludmilla Alves Fernandes, 2018.

Junto a isso, Alcoforado (1999) reforça a discussão quando aponta que, apesar do surgimento de algumas publicações sobre a importância das condições climáticas para o planejamento urbano, o ambiente exterior ainda é muitas vezes ignorado, no qual as regras da Arquitetura tradicional vêm sendo substituídas por soluções que valorizam a tecnologia avançada, tornando o Homem cada vez mais dependente dos recursos naturais. Apesar dos óbices encontrados, a tentativa de integração dos estudos climáticos urbanos ao planejamento da cidade tem seu início mais nas cidades alemãs, em função da poluição do ar, nos idos da década de 1970, mais precisamente na cidade de Stuttgart, em 1977, (LAZAR; PODESSER, 1999), quando se inicia a incorporação do conhecimento climático nos planos diretores.

Segundo Ferreira et al. (2017), a perspectiva adotava pelo modelo alemão, curiosamente, é muito próxima da visão teórica do clima urbano proposta por Monteiro (2003), pois considera a elaboração dos dados e informações a partir de canais de percepção humana, como conforto térmico e qualidade do ar. Tal abordagem pode suprir de maneira adequada a necessidade de informação formatada para a tomada de decisão em planejamento urbano.

Essa metodologia, ao ser adotada em outras realidades europeias, denominada de mapa climático urbano (urban climatic map—UCMap), é uma ferramenta de informação e análise que integra considerações sobre fatores climáticos e planejamento urbano, representadas cartograficamente, e que podem ser avaliadas e aplicadas no planejamento com o auxílio de mapas de referência. O UCMap é composto por dois componentes principais, Ren et al. (2011), o mapa climático urbano analítico (urban climatic analysis map—UCAnMap), que é um mapa sintético de funções climáticas, e o mapa climático de recomendações para o planejamento (urban climatic planning recommendation map—UC-ReMap). Nos mapas sintéticos das funções climáticas são demarcadas áreas constituídas por elementos da morfologia urbana que interagem de modo particular com a atmosfera. Neste mapa caracterizam-se e delimitam-se as unidades climo-topológicas (microclimas), que apresentam características morfológicas semelhantes (forma e posição no relevo, exposição e declive), características geológicas, pedológicas e tipologias de uso.

O trabalho deve iniciar-se pela delimitação das áreas de ocupação semelhante do solo urbano e com topografia análoga, pois um conjunto habitacional situado em um fundo de vale terá condições climáticas diferentes de um localizado no topo de uma serra. De acordo com Ren et al. (2011), o desenvolvimento da experiência dessas e outras cidades europeias, principalmente no caso da Alemanha, levou à articulação de uma plataforma de informação para comunicação e colaboração interdisciplinar. Esse esforço gerou

a produção de uma obra intitulada The Urban Climatic Map: A Methodology for Sustainable Urban Planning publicada em 2015, sob a coordenação de Edward Ng e Chao Ren.

O livro reúne especialistas no campo do Mapeamento Urbano Climático ao longo dos 31 capítulos, contemplando 22 cidades, sendo duas brasileiras (Salvador e Campinas), a fim de fornecer o estado da arte da compreensão de como o conhecimento climático urbano pode ser disponibilizado e utilizado pelos planejadores urbanos, além de buscar preencher uma lacuna entre a ciência da climatologia urbana e a prática do planejamento urbano.

Contudo, segundo Lima et al. (2012), os estudos de clima urbano, que em sua maioria prioriza a análise do subsistema termodiinâmico, no Brasil, cresceu muitos com o passar dos anos, assim como pode ser observada a redução dos trabalhos no âmbito dos subsistemas físico-químico e hidrometeórico. Estes estudos de Clima Urbano tiveram, em sua maioria, foco em grandes cidades e em regiões metropolitanas. No entanto, vários estudos de caso foram realizados sobre cidades de pequeno e médio porte e em ritmo crescente porém ainda são escassos.

EXPERIMENTOS DE CAMPO EM CLIMATOLOGIA URBANA: CONHECENDO UMA REALIDADE CLIMÁTICA DE UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE NA ZONA DA MATA MINEIRA.

Após apresentar, inicialmente, a parte conceitual, a partir deste momento, o presente ensaio, resultado da apresentação na mesa redonda: As cidades e o clima urbano, que contou com a participação do Professor Dr. Ranyere Nóbrega (UFPE), Professora Dra. Margarete Amorim (Unesp-Presidente Prudente) e José Carlos Ugeda Júnior (UFMT), no XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, realizado na cidade de Juiz de Fora, no mês de novembro de 2018, irá apresentar a utilização de técnicas de campo do Laboratório de Biogeografia e Climatologia Bioclima do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), bem como alguns resultados das pesquisas desenvolvidas na mancha urbana de Viçosa e arredores, que teve início com a pesquisa de doutorado desenvolvida por Fialho (2009), com o uso da técnica dos transects móveis.

Em 2013, a pesquisa empírica de obtenção de dados climáticos, obtidos pelo Bioclima, já incorpora a técnica dos pontos fixos de observação que permite o registro contínuo de umidade relativa do ar e temperatura do ar, composta por 14 pontos de registros distribuídos dentro do município, com uma área de 300km2, com uso de um modelo de miniabrigo, proposto por Lopes; Jardim (2012), como pode ser visto na Figura 2.

Em relação ao sítio, o município de Viçosa, situa-se em um domínio de mar de morros, resultado do dissecamento do planalto litorâneo brasileiro. Localiza-se na mesorregião da Zona da Mata Mineira, que está inserida no domínio de mar de morros (AB'SABER, 2003), com cobertura vegetal nativa pertencente ao Domínio da Floresta Atlântica (COELHO et al., 2005), que, atualmente, fica restrita aos topos de morro, muitas das vezes.

A cidade, por sua vez, também se situa na bacia do rio Turvo Sujo, afluente do rio Turvo Limpo. O rio Turvo Sujo corta o município seguindo a

direção SE-NW. Segundo Corrêa (1984, p.42), as condições recentes de dissecação do relevo, a pedoforma convexo-convexa, que outrora teve expressão máxima, vem sendo destruída pelo ravinamento e voçorocamento. Por conta disso, o relevo é um dos fatores limitantes à ocupação das áreas urbanas. Problemas como os relacionados às ocupações desordenadas das encostas e topos de morros forçam um estudo detalhado de identificação de novas áreas para a expansão urbana. A utilização destas novas áreas evitaria ou amenizaria a ocupação das áreas de risco. Mas, apesar disso, a cidade vem se expandindo e se verticalizando, principalmente no fundo de vale, mas aos poucos pequenos sobrados e prédios de 3 pavimentos vêm surgindo nas áreas de encostas e locais não apropriados (BARROS; MARQUES, 2007).

Porém, nem sempre foi assim, conforme ressalta Zacchi (2014), que identificou que até meados da década de 1990 a área urbana ainda não registrava um processo de verticalização intenso, apenas existia um único edifício, conhecido como Panorama, que se tornou logo atração na cidade, quando inaugurado em final da década de 1980. Mas, hoje a realidade é diferente, a área central é repleta de prédios que tanto atendem famílias quanto estudantes universitários (Figura 3).

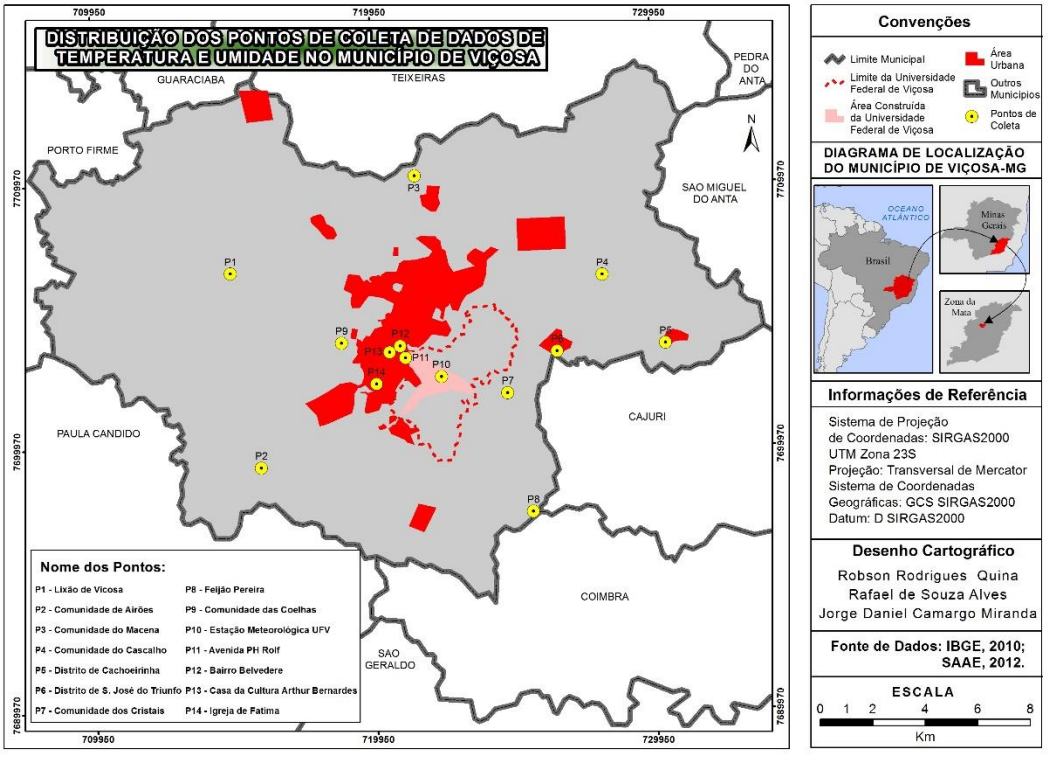


Figura 2 - Localização do município de Viçosa-MG e de coleta dos pontos fixos.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)



Figura 3 - Visão parcial da área central de Viçosa, no primeiro plano e do campus da Universidade Federal de Viçosa ao fundo. Fotografia Valdir Steinke. Data: 3 de setembro de 2018.

MATERIALIZANDO OS EXPERIMENTOS

Jardim (2010) afirma que o clima urbano é resultante da participação de diferentes fenômenos intraurbanos e que as diferenças térmicas podem derivar da interação entre componentes do ambiente, tais como: altitude (MARTINS, 1996), orientação e exposição de vertentes (FIALHO et al., 2016), sistemas atmosféricos (STEFES et al., 2001; ROCHA; FIALHO, 2010; QUINA, 2015; FIALHO; QUINA, 2016), áreas verdes (FIALHO; IMBROISI, 2005), circulação atmosférica (FIALHO, 2002; TARGINO et al., 2013), sazonalidade (FIALHO et al., 2015 e FIALHO; QUINA, 2017), dentre outros.

Nesse sentido, os estudos de clima urbano frequentemente indicam que, em grande medida, as causas dos fenômenos e anomalias climáticas derivam das alterações do meio natural como uma consequência do próprio movimento de expansão da mancha urbana das cidades (FIALHO, 2015 e SANCHES et al. 2017).

Contudo, é importante ressaltar que, ainda segundo Jardim (2010), o "natural" não deixa de existir mesmo em meio a essas transformações. Desse modo, a não consideração dos fatores de ordem natural podem dificultar o entendimento das dinâmicas do clima nas cidades.

Landsberg (2006, p. 25) também coloca a questão da dificuldade de identificar a mudança no clima ao nível da cidade causada por uma transformação urbana/social. Isso se deve ao fato de que muitas vilas e cidades foram construídas em áreas nas quais as condições que governam o clima são muito complexas. Locais na costa que permitam a construção de bons portos, vales que favoreçam o tráfego e o comércio e promontórios que sejam fortalezas naturais, normalmente já apresentam um clima bem distinto do seu

entorno. Assim, o desenvolvimento das cidades pode tender a acentuar ou eliminar estas diferenças causadas pela posição ou topografia.

A partir desta permissa e na tentativa de territorializar os experimentos em clima urbano, o município de Viçosa vem, desde o ano de 2008, sendo palco de experimentos climáticos, buscando compreender a interação entre o clima e o sítio da Zona da Mata Mineira.

Dentre os primeiros resultados, a tese de doutoramento de Fialho (2009), foi identifica a existência de diferenças térmicas significativas no campo térmico da cidade de Viçosa, segundo a atuação de distintos sistemas atmosféricos atuantes, conforme a Tabela 7, mas, em função da sua dimensão territorial (Figura 4) e a sua localização inserida entre vales, algumas questões ficaram sem respostas, tais como:

Tabela 7 - Amplitudes térmicas máximas verificadas no Transect Paula Cândido–Porto Firme.

Dia	Sistema Atmosférico	Horário		
		7:00 horas	13:00 horas	20:00 horas
21/8/2008	MTA	4,4	3,9	4,7
27/8/2008	MPA	3,0	4,0	4,4
27/2/2009	MTA	2,6	2,7	4,0
01/3/2009	MTA	2,8	2,8	3,4
02/3/2009	MTA	1,7	3,7	3,6
03/3/2009	MTA	1,5	3,3	4,0
11/5/2009	MPA	2,3	3,4	3,0
Média	–	**2,6**	**3,4**	**3,8**

Fonte (2009, p. 198).

As diferenças térmicas verificadas entre campo e cidade, durante o período da tarde, constituem uma ilha de calor?

a) Por que a diferença de umidade relativa do ar entre campo e cidade não foi significativa?
b) Até que ponto a densificação urbana contribuiu para o arrefecimento noturno da temperatura do ar?

Apesar disso, a investigação prosseguiu e foi mais bem qualificada a pesquisa quando se obteve a aprovação de um financiamento de pesquisa, junto a Fapemig e CNpq, que possibilitou a aquisição de equipamentos de monitoramento contínuo que nos permitiu criar uma rede de monitoramento. Isso causou um aumento no volume de dados que agora não mais se referia a eventos episódicos, mas a registros contínuos. Essa questão inquietou a equipe do Bioclima, pois se percebeu a necessidade de avançar no domínio de novas metodologias e softwares. Depois de vencido esse obstáculo, o Bioclima vem publicando seus trabalhos e ainda buscando responder às questões levantadas anteriormente.

A cidade de Viçosa, por se localizar em um sítio convergente (FIALHO, 2012b), apresenta uma dinâmica atmosférica muito própria ligada ao mecanismo de ventos locais. Conforme esse raciocínio, pode-se dizer que há

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

drenagem do ar frio durante a noite e madrugada. A partir disso, a lógica demonstra que o local de maior acúmulo de ar frio seria no fundo do vale, causando um resfriamento da superfície, porém esse raciocínio não é verificado, pois as temperaturas sempre são superiores ao meio rural.

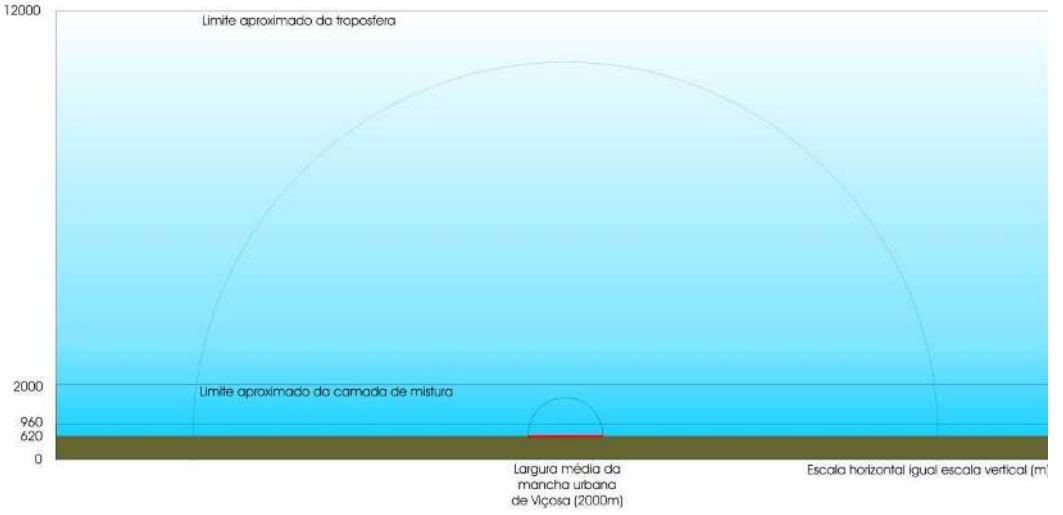


Figura 4 - Representação esquemática da dimensão da mancha urbana de Viçosa. Fonte: Fialho (2009, p. 228). Organizado por Tarik Rezende de Azevedo (2009).

Para tentar demonstrar a utilização das técnicas estatísticas e modelos numéricos utilizados pela pesquisa, utilizar-se á os postos de Coelhas que, embora localizados na periferia, o bairro apresenta características do ambiente rural e P.H. Rolfs, avenida localizada na área central. Será utilizada para análise de dados uma foto hemisférica, feita com lente olho de peixe, na qual com o programa Rayman desenvolvido por Andreas Matzarakis, se obtém o valor do Fator de obstrução do céu ou Sky View Factor (SVF), que varia de 0 a 1, ao passo que quanto mais próximo de 0, maior a obstrução da abóbada celeste e quanto mais próximo de 1, menos a obstrução da mesma. Além de demonstrar o SVF e é possível obter o tempo de exposição a radiação solar (Figura 5).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Ponto	SVF	Limite do Horizonte	Tempo de Radiação direta
Coelhas	0,828	17,2%	9 horas
Av. P.H. Rolfs	0,311	68,9%	4 horas

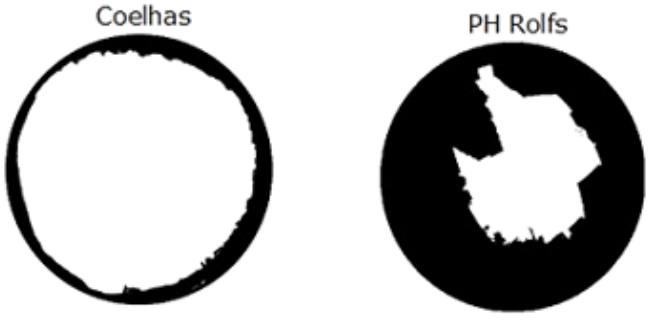


Figura 5 - Foto hemisférica e o Fator de obstrução do céu dos postos Coelhas e PH Rolfs. Elaborado pelos autores, 2018.

A câmera fotográfica (Figura 6) é dotada de uma lente olho de peixe e é acoplada a um tripé direcionada ao céu para obtenção da visão da abóbada celeste e posteriormente o tratamento da imagem. Vale ressaltar que o topo da câmera esteve voltado para o norte e a lente para a abóbada celeste; a câmera esteve mantida à mesma altura que os sensores termohigrômetros mantêm da superfície do solo, ou seja, 1,50 metros de altura em relação à superfície do ponto de mensuração (MINELLA, 2009; FERNANDES et al., 2017).

Para elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo (Figura 7), optou-se em realizar o mesmo procedimento num raio de 250 metros entorno dos pontos de coleta, a partir de imagens fotográficas, com o fim de identificar objetos e determinar seus significados, porém as feições identificáveis com tamanho considerável à escala usada (1:17000 no mapa da área urbana, 1:5000 e 1:3000 nos demais), no geral, foram maiores que 0,5 hectare, ou seja, somente os objetos visíveis (ex.: Mata, casas...).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)



Figura 6 - Máquina Fotográfica com lente olha de peixe. Fotografia de Ludmilla Alves Fernandes, maio de 2018.

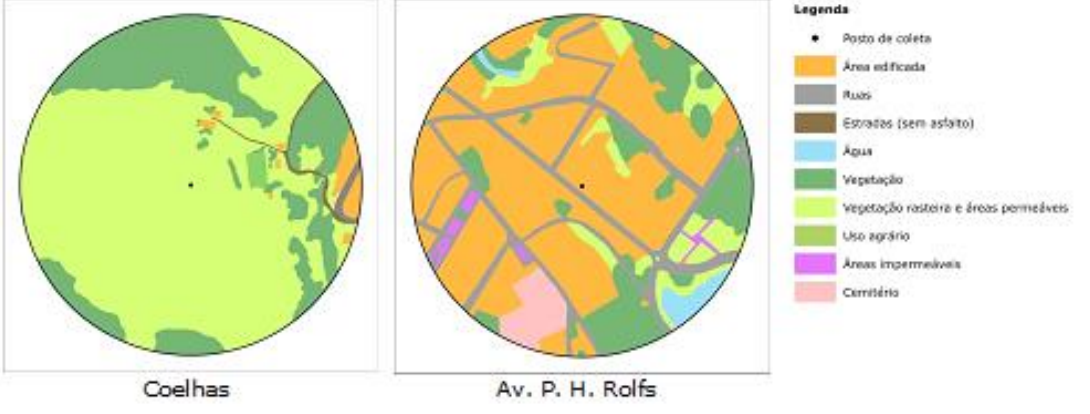


Figura 7 - Uso e cobertura do solo nos postos de Coelhas e PH Rolfs. Fonte: Bioclima, 2018. Elaborado por Ludmilla Alves Fernandes, 2018.

A partir da interpretação da classificação para os 14 pontos de observação, elaborados e testados por Fialho et al. (2016), foi realizado o cálculo da geometria de cada polígono respectivo a uma classe no ArcMap. Então dividimos o valor da área em hectare de cada classe pela área total dos círculos e, posteriormente, multiplicamos o resultado por 100, para corresponder ao valor percentual. Assim, foi possível gerar gráficos que melhor representaram quantitativamente de cada classe (Figuras 8A e 8B).

Para observar a variação horária da temperatura do ar, utilizou-se o Box plot, a fim de avaliar a simetria dos dados, a dispersão e a existência ou não de outliers, sendo adequado para a comparação de dois ou mais grupos ou pontos

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

de observação. O objetivo do mesmo é demonstrar visualmente as características da variável em análise, de forma simples e com uma fácil interpretação dos conceitos envolvidos.

Para construção do gráfico de Box-plot foi empregado uma planilha do Microsoft Excel que constituiu uma ferramenta útil e de relevância, devido à popularidade e acessibilidade do Microsoft Excel, o que não ocorre com a maioria dos softwares estatísticos.

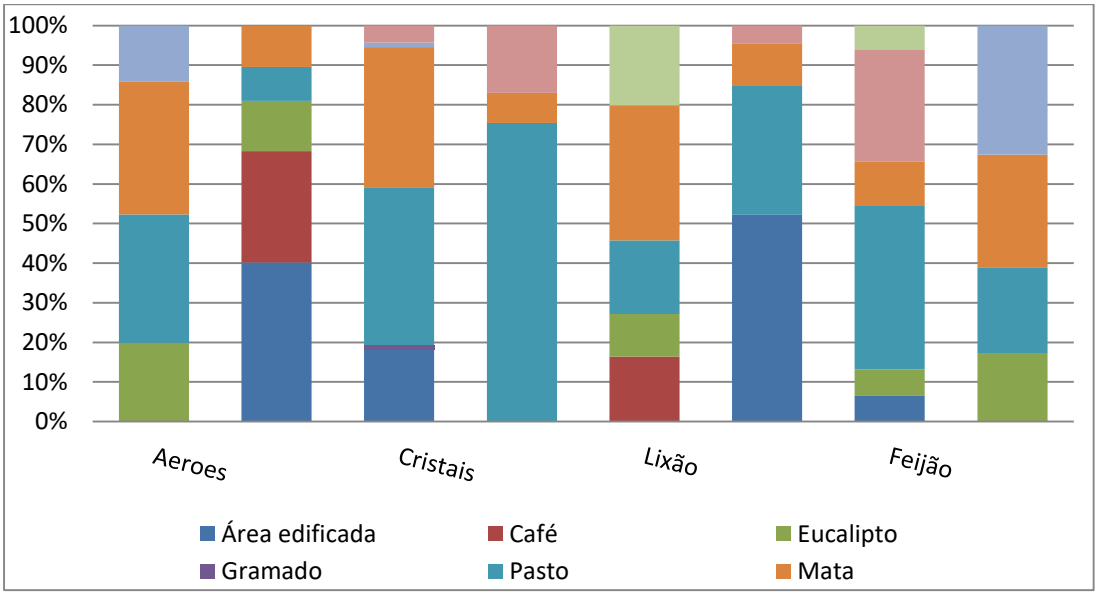


Figura 8A.- Percentual do uso e cobertura nas áreas do entorno dos pontos de coleta Fonte: Bioclima.Elaborado pelos autores, 2018.

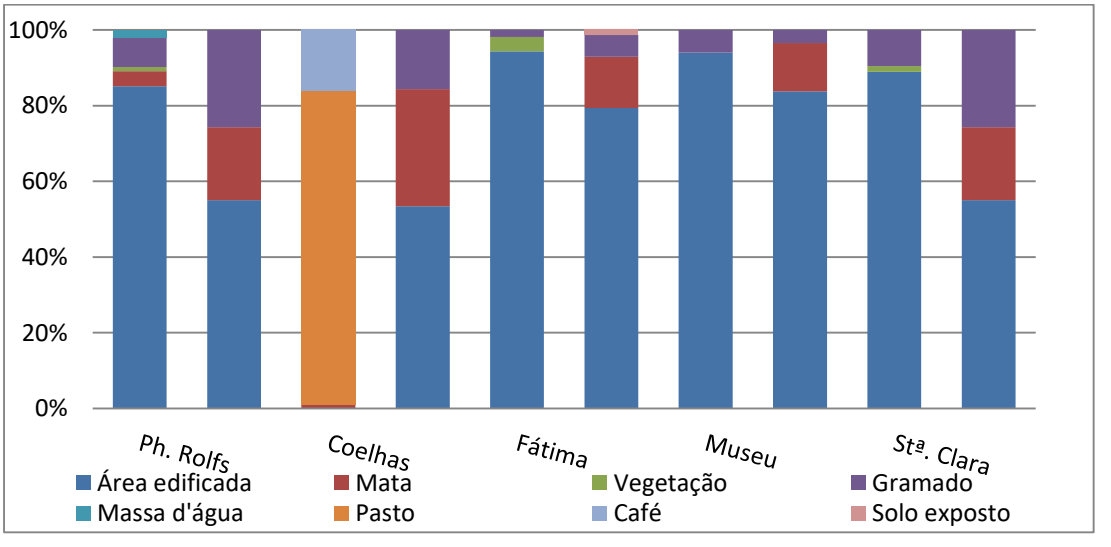


Figura 8B - Percentual do uso e cobertura nas áreas do entorno dos pontos de coleta. Fonte: Bioclima.Elaborado pelos autores, 2018.

Ao observar a Figura 9, constata-se que o posto Coelhas tem uma amplitude na sua variabilidade do conjunto amostral de dados mensurados ao

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

longo de 24 horas, durante 365 dias do ano de 2015, comparado à PH Rolfs, com menor amplitude, porém com valores de mínimas e máximas superiores a Coelhas. Ao se deter apenas a concentração do primeiro e terceiro quartil, o posto Coelhas tem a maior concentração de seus dados no terceiro quartil, enquanto no P.H. Rolfs, praticamente iguais, sendo a moda desta superior a estação Coelhas.

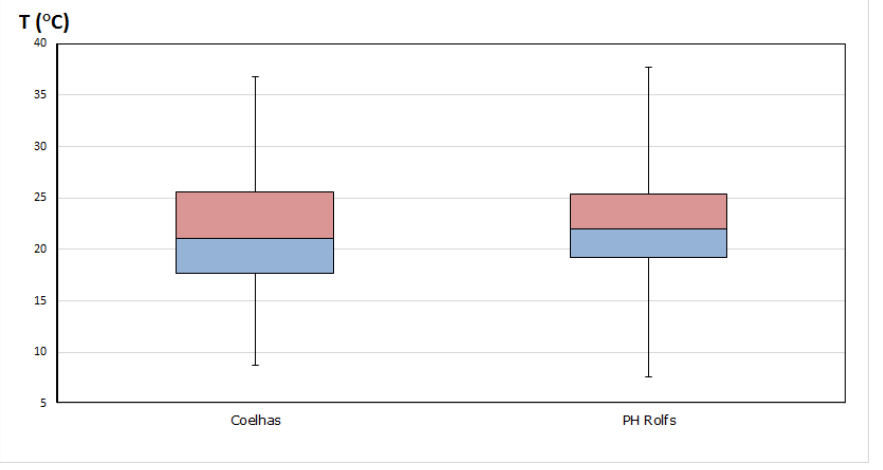


Figura 9 - Box Plot dos postos de Coelhas e PH Rolfs. Fonte: Bioclima. Elaborado por Ludmilla Alves Fernandes e Edson Soares Fialho, 2018.

Agora, quando se verifica a variabilidade horária dos dados de temperatura do ar entre os postos (Figura 10), identifica-se que PH Rolfs tem uma menor amplitude horária, mas suas temperaturas são em média superiores.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

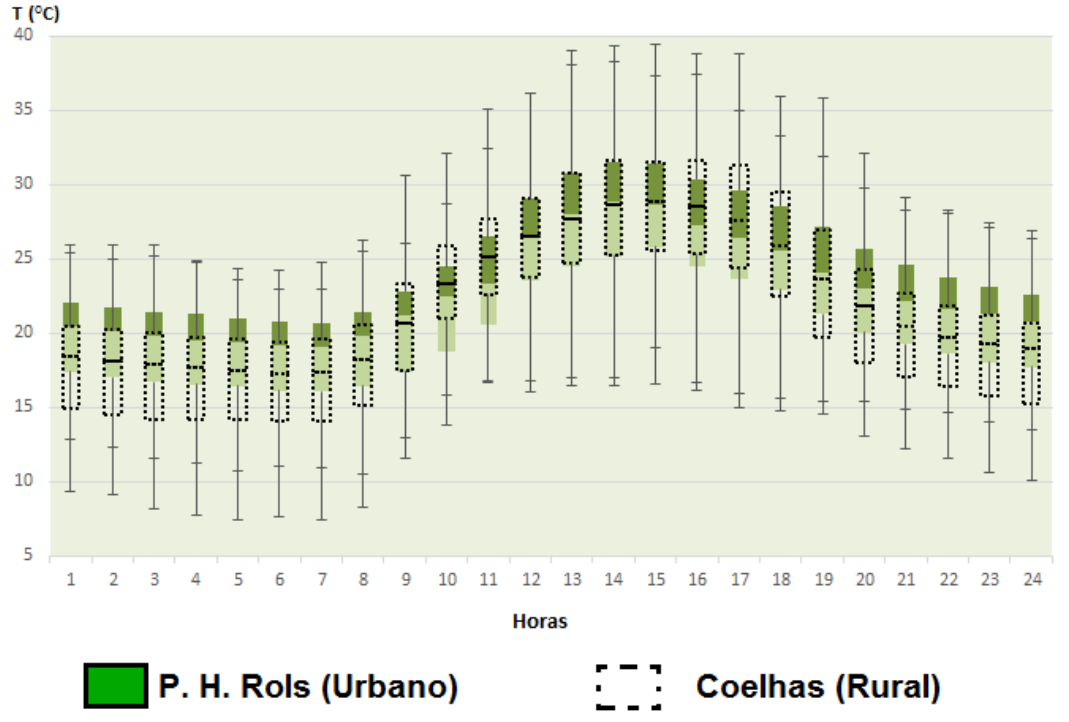


Figura 10 - Box Plot diuturno dos postos de Coelhas e PH Rolfs para o ano de 2015. Fonte: Bioclima. Elaborado por Ludmilla Alves Fernandes e Edson Soares Fialho, 2018.

Tal constatação revela que os ritmos térmicos urbanos e rurais são diferenciados, principalmente, após o final da tarde, momento em que a temperatura decresce mais rapidamente no meio rural, devido ao mais intenso arrefecimento radiativo. Enquanto meio urbano, a taxa de resfriamento é menor, devido a vários fatores, como sítio (FIALHO, 2012b; MARTINS, 1996), situação sinótica (CORREA et al., 2015), materiais de construção (OKE, 1982); geometria urbana (GRIMMOND, 2001; FERRREIRA; FIALHO, 2016), variação do tempo atmosférico (LOPES; JARDIM, 2012) e alteração do balanço de energia (COLLIER, 2006).

As diferenças entre os postos registram uma inversão ao longo do dia. À noite e madrugada, o meio urbano sempre fica mais aquecido do que o meio rural, que se apresenta mais aquecido durante a manhã e à tarde (Figura 11).

Tal resultado é compatível com os estudos publicados na literatura, conforme destaca Sümeghy; Unger (2003), como também reencontraram que o horário de maior contraste de temperatura do ar se verifica entre uma e duas horas após o pôr–do–sol, conforme afirmam Oke (1982) e Alcoforado; Andrade (2006), diminuindo de maneira lenta esta diferenciação térmica entre campo e cidade, como também identificada em Viçosa-MG, que tem sua intensidade média máxima às 20h00min.

Todavia, em dias de condições de céu limpo e vento fraco, são mais favoráveis à diferenciação microclimática das superfícies. Porém, esse modelo simplificado pode ser modificado pelo tipo de tempo: a presença de nuvens baixas altera o balanço radiativo e reduz a intensidade da ilha de calor.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Também, em regra, o vento é um fator de amenização dos contrastes térmicos entre os ambientes rural e urbano, na medida em que ocorrem o aumento da turbulência e as trocas de energia por advecção (OKE, 1978).

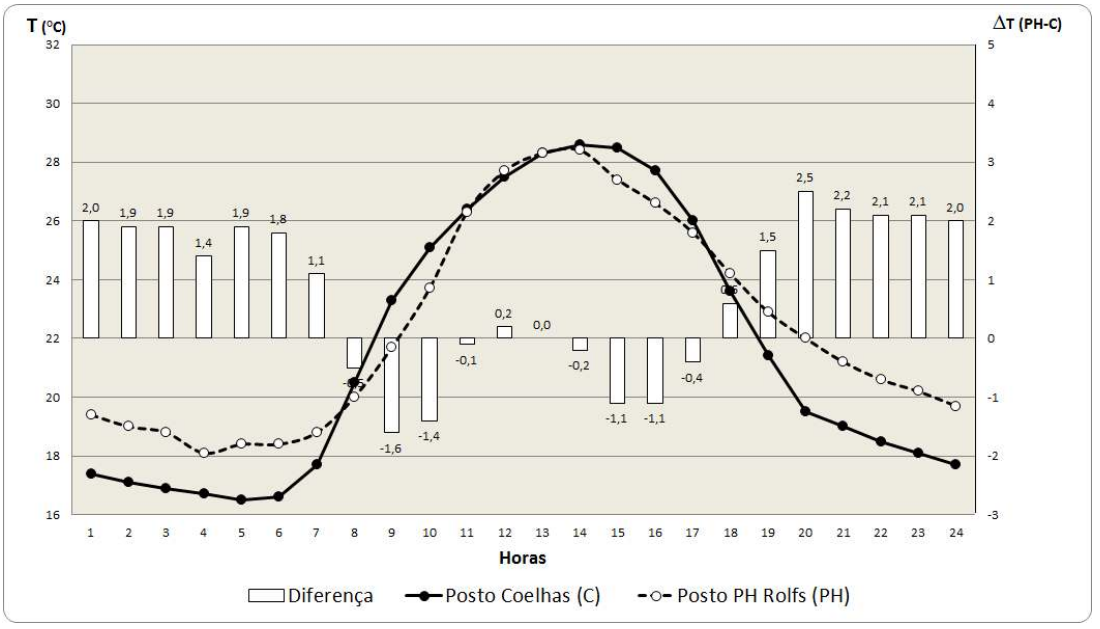


Figura 11 - Diferença de Temperatura d ar entre os postos Coelhas e PH Rolfs ao longo do ciclo de 24h00min par ao ano de 2015. Fonte: Bioclima. Elaborado por Edson Soares Fialho e Wesley de Souza Campos Correa, 2018

Em relação à frequência das diferenças (Figura 12) a maior parte é inferior a 1,0ºC, com 26% e entre 1,1ºC a 2,0ºC, com 22%. Para a representação espacial da temperatura do ar, considerando a área do município, é utilizado como modelo de interpolação o Inverso do Quadrado da Distância (IQD, mais conhecido pela sigla em inglês IDW), pelo fato de o referido método ser univariado e apresentar médias ponderadas, que atribui aos pontos pesos fracionários, sendo restrito na estimação entre dados analisados. Esse método assume que a variável estudada para qualquer ponto dentro da área de estudo pode ser determinada a partir dos valores observados nos pontos de coleta de dados, sendo o seu valor inversamente proporcional à distância do mesmo e tendo como referência os outros pontos de coleta próximos, trazendo como característica a geração do "efeito mira" ao redor dos pontos observados (FIALHO; QUINA, 2017).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

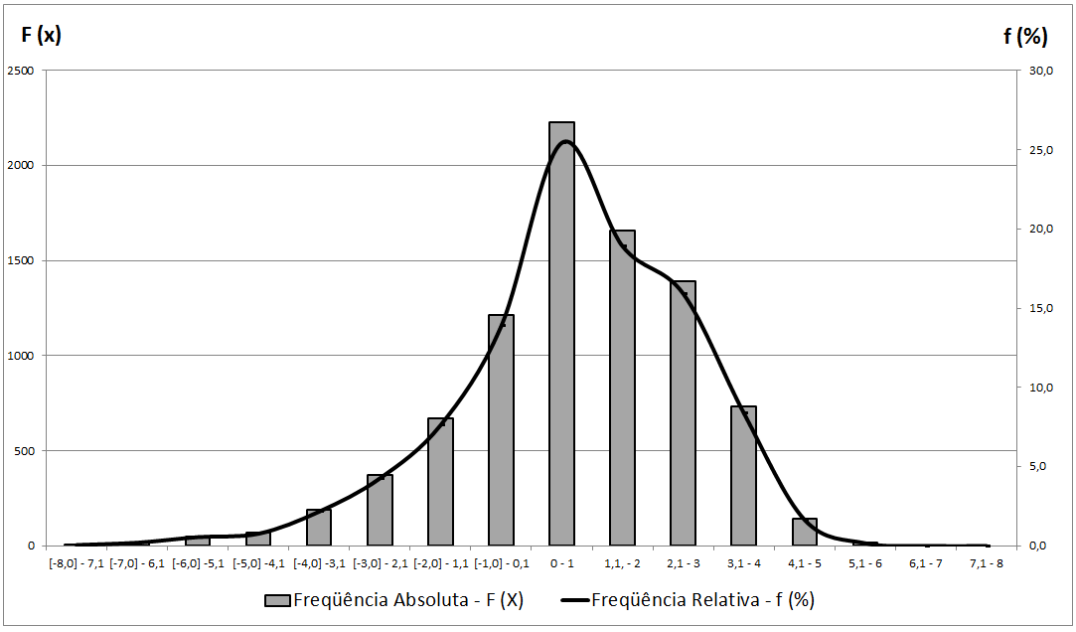


Figura 12 - Frequência da ilha de calor entre os postos de Coelhas e PH Rolfs ao longo do ciclo de 24h00min para o ano de 2015.Fonte: Bioclima. Elaborado por Edson Soares Fialho e Wesley de Souza Campos Correa, 2018.

Em relação ao mapeamento, os trabalhos desenvolvidos por Fialho et al. (2015) e Fialho (2015), demonstram resultados na forma de mapeamento espacial. No campo térmico, porém, os resultados não condizem muito com a realidade, em função do número de pontos amostrais, e estes não conseguirem capturar a realidade complexa das orientações do relevo e suas declividades (Figura 13).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

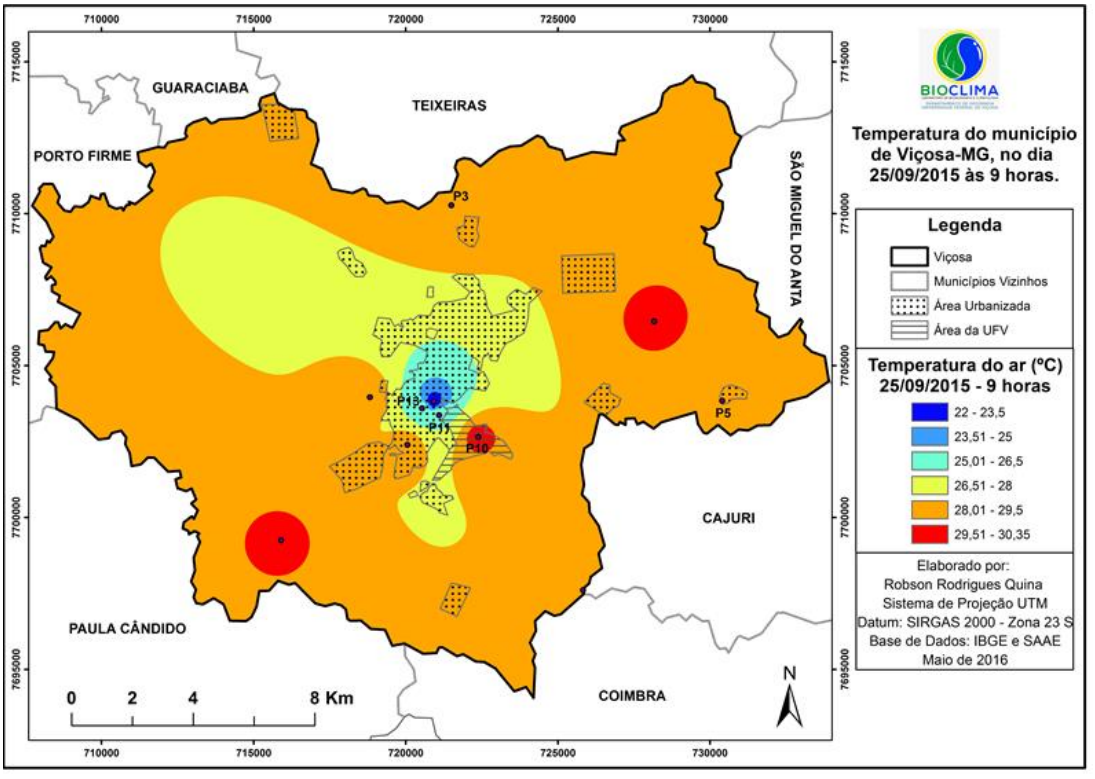


Figura 13 - Campo térmico do município de Viçosa-MG, no dia 25/9/2015 às 9h00min. Fonte: Bioclima. Elaborado por Robson Rodrigues Quina, 2016.

Apesar disso, as representações espaciais, segundo Ugeda Júnior; Amorim (2016, p. 171), demonstram avanços na Geografia, a despeito das excessivas críticas aos mapas isopléticos, como qualquer outra representação espacial será uma abstração da realidade e seus resultados serão mais ou menos próximos à realidade em função de fatores como: densidade da malha de registro de dados, sua distribuição espacial, a escolha das unidades geoambientais [1] diferenciadas, o método utilizado para interpolar os dados, dentre outros.

Por conta disso, as pesquisas têm avançado para o uso de imagens termais para Viçosa-MG (Figura 14). A técnica, embora distinta, apresenta restrições, mas fornece uma visão mais confiável, apesar da dificuldade de obter imagens de qualidade, em função do elevado número de dias com alta nebulosidade, que restringem a amostra para Viçosa-MG.

[1] Para Magalhães; Silva (2010) as unidades geoambientais ou geossistemas são o resultado de uma análise integrada dos aspectos naturais de uma mesma região, tendo como base de delimitação a geomorfologia, por sintetizar o conjunto dos componentes geoambientais. O conjunto de componentes geoecológicos (geologia, morfologia, hidrologia, climatologia, pedologia e fito-ecologia) constitui o arcabouço estrutural do potencial ecológico, que com suas características próprias geram paisagens singulares dando-nos subsídio para a análise integradora do meio. Souza e Carvalho (2009) apontam que o conjunto dos componentes, processos e sistemas de meio físico-geográfico, são expressos através da concepção de unidade geoambiental.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

O sensoriamento remoto no infravermelho termal vem se destacando nos estudos de clima urbano (RAO, 1972; COLLISCHONN, 1998; ANDRADE et al., 2007; VOOGT; OKE, 2003 e COELHO et al., 2013), pois os objetos da paisagem que emitem energia eletromagnética no infravermelho termal são capazes de serem captados pelos satélites, suas feições (JENSEN, 2009, p. 251). Essa energia é capturada em forma de imagem por sensores instalados em aviões ou em satélites, posteriormente são processadas em programas específicos, porém, dependendo do tipo de imagem a resolução espacial pode interferir na identificação do fenômeno.

Para o estudo do clima da cidade os softwares e as imagens de satélite abriram novas perspectivas. O sensoriamento remoto oferece visões em diferentes escalas e permite que os dados gerados na banda infravermelha termal, do espectro da imagem, sejam transformados em temperatura aparente da superfície ou dos alvos (STEINKE et al., 2010). Esta temperatura, segundo Weng (2003), fornecida pelas imagens de satélite é um valor superior à temperatura do ar, pois a radiação emitida pela superfície dos objetos captados é resultado da refletância dos mesmos, que pouco armazenam calor, por conta do albedo.

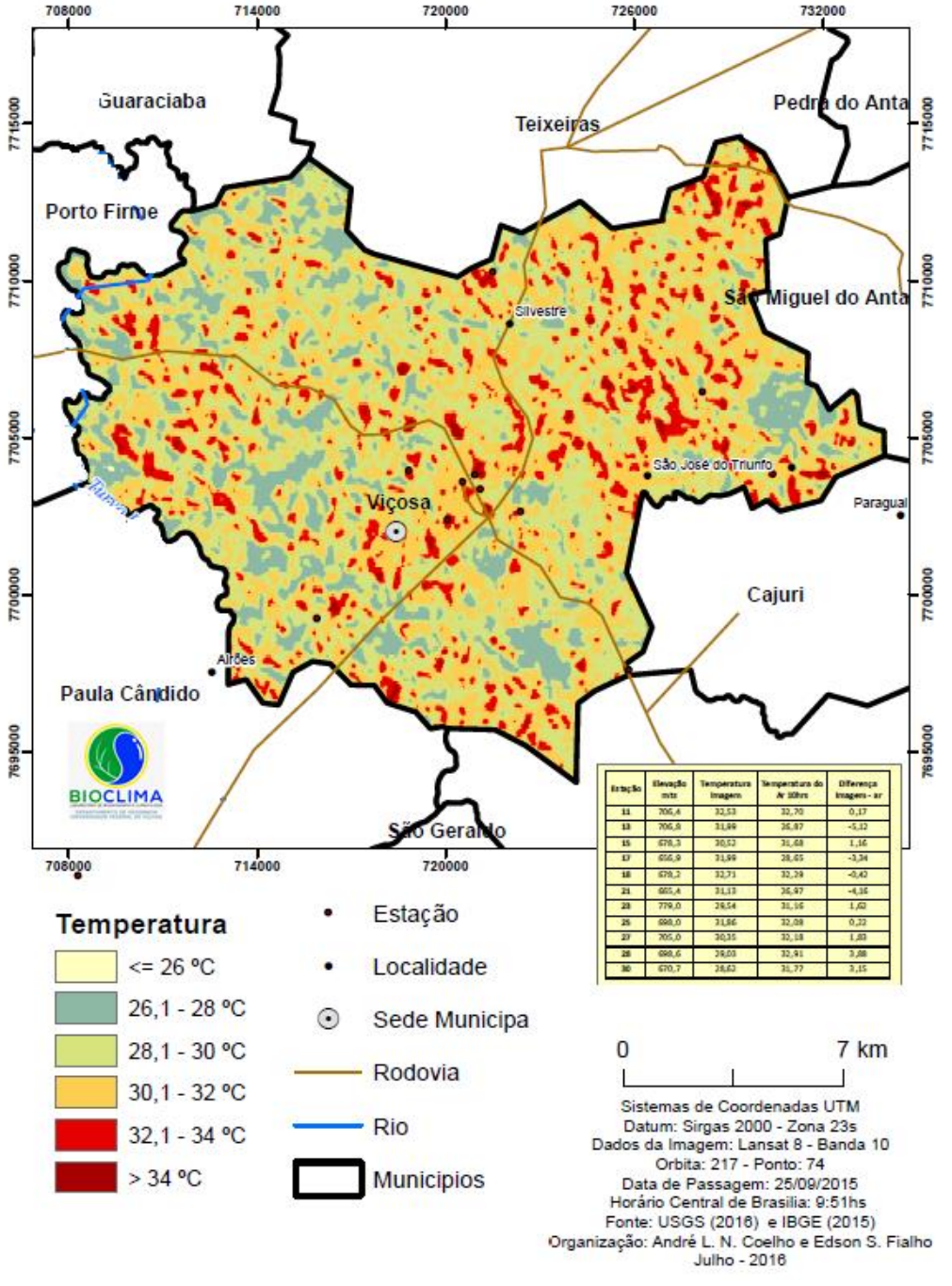
Para elaboração das cartas de temperatura de superfície de Viçosa-MG foi realizado o tratamento de imagens de satélite. Para isso,foram utilizadas imagens do Landsat-8, coletadas através de imagens do satélite LandSat, disponíveis no sítio do Serviço Geológico Americano -United States Geological Survey - USGS (Disponível em http://earthexplorer.usgs.gov/), com resolução espacial de 30 metros. Desta forma, realizou-se a seleção de uma imagem a qual não abrangesse a cobertura de nuvens. Após aquisição, foi realizado o processamento das imagens aplicando os fatores de correção proposta por Correa et al. (2015) onde o mesmo foi calibrado para a temperatura de superfície terrestre (TST).

O fenômeno da ilha de calor não resulta apenas da ação de um fator e sim das características da superfície, bem como da atmosfera urbana, dentre as quais se cita: a alta capacidade calorífica dos materiais de construção; a redução de áreas evapotranspirantes; a retenção de radiação de ondas longas devido ao aumento da poluição atmosférica (ARYA, 2001). Ao observar as Figuras 13 e 14, percebe-se que as duas realidades de campo térmico retratadas são muito distintas. Enquanto a Figura 13 demonstra a espacialização da temperatura do ar, a partir dos pontos de observação instalados na superfície, na figura 14, a superfície, antes vazia, ou sem registros é considerada, o que acaba por gerar uma menor generalização, surgindo um arquipélago de núcleos de calor (FIALHO, 2009), principalmente nas áreas elevadas, onde não há predomínio de vegetação florestal, mas de pastagem.

Cabe salientar que a temperatura da superfície por sensoriamento remoto térmico é registrada dentro do espectro da radiação infravermelha térmica ou de onda longa. Depende do balanço energético das superfícies influenciado por uma orientação de superfície e abertura ao Sol, céu e vento, sua capacidade de refletir (capacidade de re-irradiação) solar e infravermelho e emitir infravermelho, disponibilidade de umidade superficial para evaporar e sua capacidade de conduzir o calor e rugosidade da superfície ou albedo, emissividade, propriedades térmicas de materiais de construção urbana, umidade e a composição e estrutura do dossel urbano (GOWARD, 1981).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Todavia, apesar da temperatura de superfície (LST) dos objetos não ser a temperatura real na superfície, a mesma pode apresentar uma forte relação com a temperatura do ar. Assim, a LST pode ser um indicador para ilha de calor atmosférica.



Estação	Elevação mts	Temperatura Imagem	Temperatura do Ar 10hrs	Diferença Imagem - ar
11	706,4	32,53	32,70	0,17
13	706,8	31,99	26,87	-5,12
15	678,3	30,52	31,68	1,16
17	656,9	31,99	28,65	-3,34
18	678,2	32,71	32,29	-0,42
21	665,4	31,13	26,97	-4,16
23	779,0	29,54	31,16	1,62
25	698,0	31,86	32,08	0,22
27	705,0	30,35	32,18	1,83
28	698,6	29,03	32,91	3,88
30	670,7	28,63	31,77	3,15

Figura 14 - Campo térmico (Temperatura de superfície) do município de Viçosa-MG, no dia 25/9/2015 às 9h51min.Fonte: Bioclima. Organizado por André L. N. Coelho e Edson Soares Fialho, 2016.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

CONSIDERAÇÕES FINAIS...

A partir do exposto, pode-se afirmar que a ilha de calor não é um fenômeno eminentemente noturno, conforme os estudos publicados nas déacadas de 1970 e 1980 para as cidades de climas temperados. Nos países tropicais e até mesmo subtropicais, o fenômeno pode ser constatado no período da tarde, conforme Brandão (1996) e Brandão; Tarifa (1997) verificaram para o Rio de Janeiro, Oliveira (2018) em Serra-ES, dentre outros.

Outro ponto, o desenvolvimento da tecnologia relacionada ao processo de mensuração dos parâmetros climáticos permitiu ampliar as possibilidades de estudos horários no período de 24 horas ou semanas de observação. Entretanto, o aumento do número de informações implica na utilização de uma estatística descritiva conjugada a novas formas de representação gráfica dos conjuntos de dados, a fim de avançar e possibilitar vencer o obstáculo da simples descrição, fato que não mais favorece o avanço da climatologia urbana, que não deve ficar estagnada no tempo.

Terceiro, a disseminação do uso das imagens termais, no final do século XX e início do século XXI, segundo Zhou et al. (2019), conjuntamente com os avanços do sensoriamento remoto, juntamente com a ciência, aumentou consideravelmente o número e a qualidade dos estudos da ilha de calor de superfície, que, desde 2005, apresenta claras preferências por áreas geográficas, hora do dia, estações do ano. O mapeador Temático Landsat (TM) / Mapeador Temático Aprimorado (ETM +) / Thermal Sensor Infravermelho (TIRS) e Espectrorradiômetro de Imagem de Resolução Moderada Aqua / Aqua (MODIS) são os dois sensores de satélite mais utilizados e representam cerca de 78% do total de publicações. Entretanto, não se pode ignorar a correção atmosférica, pois significa assumir que os efeitos atmosféricos são os mesmos em todos lugares, enquanto, na realidade, o vapor de água e os conteúdos poluentes variam horizontalmente nas áreas urbanas.

Caso a correção atmosférica seja negligenciada, a temperatura estimada da superfície SUHI intensidade pode ser incorretamente derivada (BARSI et al., 2003). Normalmente, a emissividade média da superfície nas áreas urbanas é de cerca de 2% inferior às áreas rurais típicas (ARNFIELD, 1982). Sem correção de emissividade e negligenciando essa diferença, recuperações de temperatura de ambientes urbano-rurais podem mostrar diferenças de 1,5 ◦C ou mais. Assim sendo, o efeito de ilha de calor urbana pode ser normalmente subestimado (ROTH et al., 1989).

No quarto ponto, chama-se atenção ao número escasso de estudos em cidades de pequeno e médio porte, mesmo depois do crescimento das pesquisas em clima urbano, com destaque, segundo Fialho (2009), ao campo térmico, na região sudeste do Brasil. Esse cenário é semelhante no Nordeste, onde os resultados obtidos por Moura e Zanella (2013), que investigaram os trabalhos referentes a temática clima urbanos nos Programas de Pós-Graduação em Geografia, observa-se o predomínio de estudos sob o enfoque do campo térmico, destacando-se as cidades de Fortaleza e Recife seguidas de Natal e Salvador. Uma possível explicação para o fato de haver uma predominância no campo termodinâmico entre os estudos pode estar relacionada ao clima quente e úmido da região Nordeste que gera ilhas de calor e desconforto térmico em várias cidades dessa região. O mesmo também foi verificado por Santos; Silva (2017).

Nesse contexto, percebe-se que o destaque aos estudos do campo térmico das cidades está atrelado à busca da compreensão da dinâmica natural e sua repercussão sobre o espaço urbano, cada vez mais assolado pelo desconforto térmico. Tal perspectiva é corroborada por Castro; Costa (2014) que, ao afirmar que a complexa relação estabelecida entre a sociedade e a natureza, tem estimulado o debate em diferentes facetas da comunidade científica, instigados em conhecer as múltiplas relações estabelecidas pelos sistemas naturais e sociais, provocando os grupos sociais a procurarem resposta para as diferentes intempéries provocadas pelos fenômenos climáticos. Para tanto, o desenvolvimento da ciência climatológica, como aquela que se destina a entender tais fenômenos, ganha força no cenário científico.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas. São Paulo: Atêlie Editora, 2003, 151p.

ALCOFORADO, M. J. Aplicação da climatología ao planejamento urbano. Alguns apontamentos. Finisterra–Revista Portuguesa de Geografia, Lisboa, v. 34, p. 83-94, 1999.

ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H. Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts. Theoretical and Applied Climatology, Viena, v. 84, n. 1-3, p. 151–159, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0152-1>. Acesso em: 7 out. 2017.

ANDRADE, L. L.; SOUZA, L. H.; SAKUARAGI, J. S.; CASTRO, R. M. Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravernelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 473-480.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANNA NETO J. L. al. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). Confins, São Paulo, n. 7, 2009. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/6070. Acesso em: 1. nov. 2017.

ARNFIELD, A. J. An approach to the estimation of the surface radiative properties and radiation budgets of cities. Phys. Geogr. New York, v. 3, p. 97–122, 1982.

ARYA, S. P. Introduction to Micrometeorology. New York, Academic Press, 2001, 420 p.

ASSIS, Eleonora Sad de. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. Maceió: ENCACELACAC, 2005. Disponível em <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0225/Assis_2005_reflexoes_trajetoria.pdf >. Acesso em 25 fev. 2019.

BARROS, A. F.; MARQUES, E. T. Análise da expansão urbana do município de Viçosa-MG. utilizando sistema de informações geográficas (SIG). Revista Geografia e Pesquisa, Ourinhos, v.1, n.1, p.101-125, 2007.

BARRING, L., MATTSSON, J. O.; LINDQVIST, S. Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmo, Swede. Journal of Climatology, London, v. 5, p. 433-444, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.3370050410>. Acesso em: 2. out. 2018.

BARSI, J.A.; BARKER, J.L.; SCHOTT, J.R. An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument. In PROCEEDINGS OF THE 2003 IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, Toulouse, France, 21–25 July 2003.

BRANEA, A. M.; DANCIU, M. I.; KELLER, A.; BADESCU, S.; GAMAN, M. S. GABRIELA, P. Urban heat island - state of the art review. In: RISK REDUCTION FOR RESILIENT CITIES, Bucharest, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Ana_Maria_Branea/publication/309739903_Urban_heat_island_-_state_of_the_art_review/links/5821b4dd08aece82e27efd9b/Urban-heat-island-state-of-the-art-review.pdf?origin=publication_detail>. Acesso em 23 out. 2018.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. 362f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós–graduação em Geografia Física, USP, 1996.

BRANDÃO, A. M. P. M.; TARIFA, J. R. O campo térmico na cidade do Rio de Janeiro. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMERICA LATINA, Anais..., 6, Buenos Aires-ARG, 1997. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal6/Procesosambientales/Climatologia/867.pdf. Acesso em: 7 fev..2019.

CARDOSO, R.; AMORIM, M. Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão. Revista de Geografia e Ordenamento do Território. Lisboa, n. 12, p. 75-99, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.005>. Acesso em: 2. out. 2018.

CASSELES, V.; LOPEZ GARCIA M. J.; MELIÁ, J.; PEREZ CUEVA, A. J. Analysis of the heat-island effect of the city of Valencia, Spain, through air temperature transects and NOAA satellite data. Theoretical and applied climatology, Viena, v. 43, n. 4, p. 195–203, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00867455>. Acesso em: 3 out. 2018.

COELHO, D. J. S., SOUZA, A. L.; OLIVEIRA C. M. L. Levantamento da cobertura florestal natural da Microrregião de Viçosa, MG, utilizando-se imagens de Landsat 5. Revista Árvore. Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 17-24, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000100003>. Acesso em: 3. out. 2018.

COELHO, A. L. N., CORREA, W. de S. C., NASCIMENTO, F. H. Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/ES (Brasil). GeoFocus (Informes y aplicaciones), Barcelona, n.13-1, p. 61-76, 2013. Disponível em: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/279>. Acesso em: 3 out. 2018.

COLLIER, C. G. The impact of urban areas on weather. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, v. 132, n. 614, p. 1-25, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1256/qj.05.199>. Acesso em: 3 out. 2018.

COLLISCHONN, E. O campo térmico da região metropolitana de Porto Alegre: Uma Análise a partir da Interação das variáveis ambientais na definição do clima local. 1998. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia/CFCH/UFSC, Florianópolis, 1998.

CORRÊA, G. F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa-MG. 1984. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

CORREA, W. S. C.; COELHO, A. L. N.; VALE, C. C. Influência de distintos sistemas atmosféricos na temperatura de superfície do município de Vitória (ES). Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 37–54, 2015. Disponível em: < http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26984/16433>. Acesso em: 4 set. 2018

CORREA, W. de S. C.; VALE, C. C do. Contribuição à compreensão do campo térmico da Regional Praia do Canto em Vitória (ES) pela metodologia dos transectos. RAEGA – O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 38, p. 50-81, 2016.

CASTRO, F. S.; COSTA, R. A. Clima urbano em cidades pequenas: uma reflexo sobre sua construção teórico-metodológica. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12, 2014, Goiânia, Anais... Goiás, 2014. cd-rom. Disponível em: < http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_1/trabalho%20(13).pdf>. Acesso em: 10 fev. 2019.

ELIASSON, I. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. Atmos. Environ., London, v. 30, n. 3, p. 379-392, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00033-X>. Acesso em: 5. out. 2018.

FARIA PERES, L. et al. The urban heat island in Rio de Janeiro, Brazil, in the last 30 years using remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, New York, v. 64, p. 104–116, 2018.

FERNANDES, L. A.; PRADO, L. B.; 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, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2017. Disponível em: <doi:10.3390/cli5020035>. Acesso em: 12 set. 2018.

FERREIRA, M. J. et al. Radiation balance at the surface in the city of São Paulo, Brazil : diurnal and seasonal variations. Theoretical and Applied Climatology, New York, v. 107, n. 1-2, 229–246, 2012.

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, v. 43, n. 1, p. 1-25, 20016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/53920/37978>. Acesso em: 10 set. 2018

FERREIRA, D. G.; ASSIS, E. S.; KATZSCHNER, L.. Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil. urbe, Rev. Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 9, supl. 1, p. 255-270, 2017. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-36920170004002 55&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 16 fev. 2019. http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.009.supl1.ao01.

FIALHO, E. S. Análise temporoespacial do campo térmico na Ilha do Governador-RJ em situações sazonais de verão e inverno. 164f. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza-Instituto de Geociências da UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

FIALHO, E. S. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 259f. Tese (Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Ciência, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/pt-br.php>. Acesso em: 10 set. 2018.

FIALHO, E. S.; IMBROISI, E. G. A influência dos fragmentos verdes intra-urbanos no campo térmico no alto rio Joana-RJ. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10., 2005, São Paulo, Anais... São Paulo: USP, 2005. cd-rom. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Usoderecursos/15.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

FIALHO, E. S. SOUSA, J. J. L. L. Utilização do clima no planejamento como reflexo das condições ambientais nos centros urbanos. Revista Acta Geográfica, Boa Vista, v. 1, n. 2, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 29-41, 2007. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/175/352>. Acesso em: 28 jun. 2018.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões sobre um conceito. Revista Acta Geográfica, Boa Vista, v. 1, n. 2, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012a. Disponível em: < https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/1094/867>. Acesso em: 28 jun. 2018.

FIALHO, E. S. Estudos Climáticos em Sítios Urbanos e Rurais, (Orgs.) SILVA, Charlei A. da e FIALHO E. S., Concepções e Ensaios da Climatologia Geográfica. Ed. UFGD, Dourados-MS, 2012b. PP-83-112.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES, R. S.; MIRANDA, J. D. E. C. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. Revista Geografia(s), Belo Horizonte, Edição Especial – III SEGEO, p. 80-98, 2015. Disponível em: < http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/640/500>. Acesso em: 28 jun. 2018.

FIALHO, E. S. As repercussões da expansão da mancha urbana na dinâmica climática local de Viçosa-MG. Revista de Ciências Humanas, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 301-323, 2015. Disponível em: < http://www.cch.ufv.br/revista/pdfs/vol15/artigo1dvol15-2.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2018.

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: < http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8145/4505>. Acesso em: 28 jun. 2018.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. O campo térmico no município de Viçosa-MG, Brasil, durante o período de verão (2014/2015) e inverno (2015). Revista de Geografia e Ordenamento do Território, Lisboa, n. 12, p. 127-151, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.006>. Acesso em: 28 jun. 2018.

FIALHO, E. S.; CELESTINO JUNIOR, E.; QUINA, R.D. O campo térmico em situação episódica de primavera em uma cidade de pequeno porte, na zona da mata mineira: Um estudo de caso em Cajuri-MG. Revista Geografia, Recife, v. 13, n. 4, p. 300-318.p, 2016. Disponível em: < https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229300/23652 >. Acesso em: 28 jun. 2018.

GOWARD, S. N. Thermal behavior or urban landscapes and the urban heat island. Phys. Geogr., v. 1, n. 2: 19–33, 1981.

GRIMMOND, C. S. et al. Rapid methods to estimate sky view factors applied to urban areas. Int. J. Climatology, London, v. 21, p. 903-912, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.659>. Acesso em: 28 jun. 2018.

GRIMMOND, C. S. B. Progress in measuring and observing the urban atmosphere. Theoretical and Applied Climatology, Viena, v. 84, n. 1-3, p. 3–22, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0140-5>. Acesso em: 28 jun. 2018.

KARL, R. R.; DIAZ, H. F.; KUKLA, G. Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record. Journal of Climate, New York, v. 1, n. 11 p. 1099–1123, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/1520-0442>. Acesso em: 28 jun. 2018.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. Revista de Ciências Humanas, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 9-25, 2010. Disponível em: <http://www.cch.ufv.br/revista/pdfs/artigo1vol10-1.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2018.

JENSEN, John R. Sensoriamento Remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres. 2 ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

LAZAR, R., PODESSER, A. (1999). An urban climate analysis of Graz and its significance for urban planning in the tributary valleys east of Graz (Austria). Atmospheric Environment, 33, 4195-4209.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_18/RDG18_095_111.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018. (Tradução: Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo, DG, FFLCH, USP. Revisão pela Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira Silva, DG, FFLCH, USP)

LANDSBERG, H. E.; MAISEL, T. N. Micrometeorological observations in an area of urban growth. Boundary-Layer Meteorology, London, v. 2, n. 3, p. 365–370, 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02184776>. Acesso em: 28 jun. 2018.

LEE, D. Urban warming? An analysis of recent trends in London´s heat island. Weather, London, v. 47, n. 2, p. 50–56, 1992. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1992.tb05773.x>. Acesso em: 28 jun. 2018.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Revista Geonorte, Manaus, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.626 – 638 , 2012.

LOPES, L. C. S.; JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). Acta Geográfica, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p. 205-220, 2012.

MAGALHÃES, G. B.; SILVA, E. V. Da teoria à prática: as unidades geoambientais e sua contribuição para o planejamento territorial cearense. In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA II SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. Universidade de Coimbra, Maio de 2010. Disponível em: < http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/gledson>. Acesso em: 25 fev. 2019

MAGEE, N,; CURTIS.; J.; WENDLER. The urban heat island effect at Fairbanks, Alaska. Theoretical and Applied Climatology, Viena, v. 64, n. 1-2, p. 39–47, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s007040050109>. Acesso em: 28 jun. 2018.

MARQUES FILHO, E. P. M.; KARAM, H. A.; MIRANDA, A. G.; FRANÇA, J. R. A. Rio de Janeiro's tropical urban climate. Quarterly News Letter of the International Association for Urban Climate, p. 5-9, 2009.

MARTINS, L. A. A temperatura do ar em Juiz de Fora–MG: Influências do sítio e da estrutura urbana. 1996. 168f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Rio Claro, 1996.

MARTIN-VIDE, J.; SARRICOLEA, P.; MORENO-GARCIA, M. C. On the definition of urban heat island. Intensity: The "rural" reference. Frontiers in Earth Science. v. 3, article 24. 30 Jun. 2018. Disponível em: <10.3389/feart.2015.00024>. Acesso em: 28 jun. 2018.

MINELLA, F. O. Avaliação da influência de aspectos da geometria urbana sobre níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba. 2009. 163f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano - Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C.A.F; MENDONÇA, F. Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003, p.9 - 67.

OKE, T. R. City size and urban heat island. Atmospheric environment, New York, v. 7, n. 8, p. 769–779, 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6>. Acesso em: 28 jun. 2018.

OKE, T. R. REVIEW OF URBAN CLIIATOLOGY 1968-1973. TECHNICAL NOTE N. WMO- Nº 383, Geneva, 1974. Disponível em <https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_383.pdf>. Acesso em 6 nov. 2018.

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

OKE, T. R. Review of urban clmatology 1973-1976. TECHNICAL NOTE No. WMO-Nº 539, Geneva, 1979. Disponível em <https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_539.pdf>. Acesso em 6 nov. 2018.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparision of scale model and field observations. Journal of Climatology, New York, v. 1, n. 3, p. 237–254, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>. Acesso em: 28 jun. 2018.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, v. 108, n. 455, p. 1–24, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>. Acesso em: 28 jun. 2018.

OKE, T. R. Urban climatology and the tropical city: an introduction, Urban Climatology and its applications with special regard to tropical área. PROCEEDINGS OF THE TECHNICAL CONFERENCE. Organized by the World Meteorological Organization and co-sponsored by the World Health Organization WMO- Nº 652, México, 1-45, 1984. Disponível em: <https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_652_en.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2018.

OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, New York, v. 86, n. 3, p. 371–384, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8>. Acesso em: 28 jun. 2018.

OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. Theoretical and Applied Climatology, Viena, v. 84, n. 1–3, p. 179–190, 2006.

OLIVEIRA, W. D. O campo térmico do distrito de Carapina-Serra-ES: Estude de caso em áreas litorâneas. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Centro de Ciências Humanas e Naturais da UFES. Vitória, 2018.

POPULATION REFERENCE BUREAU. Population Bulletin. World population highlights. v. 62, n. 3, 2007. <Disponível em http://www.prb.org> Acessado em: 28 out. 2008.

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, v. 15, n. 2, p. 324-337, 2015. Disponível em: <http://www.cch.ufv.br/revista/pdfs/vol15/artigo2dvol15-2.pdf>. Acesso em: 8 set. 2018.

RAO, P. K. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. Bulletin of the American Meteorological Society, Boston, v. 53, n. 8, p. 647–648, 1972.

RIZWAN, A. M.; DENNIS, L. Y. C.; LIU, C. A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. Journal of Environmental Sciences, London, v. 20, n. 1, p. 12—128, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4>. Acesso em: 8 set. 2018.

REN, C., Ng, E. & KATZSCHNER, L. Urban climatic map studies: a review. International Journal of Climatology, New York, v. 31, p. 2213–2233, 2011.

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. 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: 8 set. 2018.

ROTH, M.; OKE, T.; EMERY, W. Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. Int. J. Remote Sens. London, v.10, p. 1699–1720, 1989.

ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. Int. J. Climatol, V. 27, p. 1859–1873, 2007.

ROTH, M. Urban Heat Islands. Handbook of Environmental Fluid Dynamics, Volume Two, p. 143–159, 2013.

SANCHES, F., FIALHO, E.; QUINA, R. R. Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa. MG). Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 34, p. 122-136, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v34i0.138581>. Acesso em: 8 set. 2018.

SANTAMOURIS, M., PARAPONIARIS, K.; MIHALAKAKOU, G. Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece. Climatic Change, London, v. 80, n. 3-4, p.265-276, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9128-0>. Acesso em: 8 set. 2018.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. Revista Geosul, Florianópolis, v. 5, n. 9, p. 20-60, 1990. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12738/11904. Acesso em: 25 Fev. 2019.

SILVA, M. R. O.; SANTOS, J. S. Estudos do sistema clima urbano: levantamento bibliográfico de dissertações do Prodema e sua relação com a temática nos últimos 16 anos. Gaia Scientia, João Pessoa, v. 11, n. 3, p. 84-92, 2017.

SOUSA, M. J. N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: BORZACCHIELLO, J.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. (Orgs.).: Ceará: um novo olhar geográfico, Edições Demócrito Rocha, Fortaleza, 2005, 480p.

STEFFES, A. C. de.; PICCOLO, M. C.; GONZÁLEZ, J. H.; NAVARRETE, G. La isla de calor estival em Temuco, Chile. Papelez de Geografia, Murcia, n. 33, p. 49–60, 2001. Disponível em: <http://revistas.um.es/geografia/article/view/47211>. Acesso em: 8 set. 2018.

STEWART, I. D. Landscape representation and the urban-rural dichotomy in empirical urban heat island literature, 1950–2006. Acta Climatologica et Chorological. Szeged, v. 40-41, p. 111–121, 2007. Disponível em: <http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/akta07/111-121.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. A new classification system for urban climates sites. Bulletin of the American Meteorological Society. Boston, v. 90, p. 922-923, 2012. Disponível <https://search.proquest.com/openview/ed3c2a1f4ad2a582f178eb25f3141e90/1?pq-origsite=gscholar&cbl=31345>. Acesso em: 5 nov. 2018.

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. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 6, n. 6 p. 37-56, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25604/17160>. Acesso em: 8 set. 2018.

SÜMEGHY, Z.; UNGER, J. Seasonal case estudies on the urban temperature crosssection. Acta Climatologica et Chorological, Szeged, v. 36-37, p. 101–109, 2003. Disponível em: <http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/akta03/101-109.pdf>. Acesso em: 8 set. 2018.

SUNDBORG, A. local climatological studies of the temperature conditions in an urban areas. Tellus, Estocolmo, v. 2, n. 3, p. 222–232, 1950. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.2153-3490.1950.tb00333.x>. Acesso em: 30 jun. 2018

TARGINO, A. C.; KRECL, P.; CORAIOLA, G. C. Effects of the large-scale atmospheric circulation on the onset and strength of urban heat islands: a case study. Theoretical and Applied Climatology, Disponível em: <doi:10.1007/s00704-013-0989-7>. Acesso em: 30 jun. 2018.

TARIFA, J. R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP). Geografia, Rio Claro–SP, v. 2, n. 4, p. 59–80, 1977.

TOROK, S. J.; MORRIS, C. J. G.; SKINNER, C., PLUMMER, N. Urban heat island. Features of southeast Australian towns. Australian Meteorological Magazine. Melbourne, v. 50, p. 1-13, 2001

UGEDA JUNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. C. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, volume especial, p.160-173, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/119402-228716-1-PB.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Complete urban surface temperatures. Journal of Applied Meteorology, New York, v. 36, n. 9, p. 1117–1132, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/1520-0450>. Acesso em: 30 jun. 2018.

WENG, Q. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impacto on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. International Journal of Remote Sensing, Oxford, v. 22, n. 10, p. 1999-2014, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/713860788>. Acesso em: 17 set. 2018.

YOW, D. M. Urban Heat Islands: Observations, Impacts, and Adaptation. Geography Compass, London, v. 1, n.6, p. 1227–1251, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2007.00063.x>. Acesso em 6 nov. 2018.

ZACCHI, R. C. O espaço urbano da cidade capitalista: um estudo sobre o processo de verticalização da área central da cidade de Viçosa (MG) (1970-2007). Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 5, n. 2, p. 350-370, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/24481/15645.>. Acesso em: 1. nov. 2017.

ZHOU, D.; XIAO, J.; BONAFONI, S.; BERGER, C.; DEILAMI, K.; ZHOU, Y.; FROLKOING, S.; YAO, R.; CHIAO, Z.; SOBRINHO, J. A. Satellite Remote Sensing

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives. Remote Sensing, New York, v. 11, v. 48, 2019