



ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO CAMPO TÉRMICO EM SITUAÇÃO SAZONAL DE VERÃO (2013/2014), NA MANCHA URBANA DE VIÇOSA-MG

GABRIELA REGINA FERREIRA¹
EDSON SOARES FIALHO²

Resumo: O presente trabalho é parte de um projeto de pesquisa cuja proposta é investigar o processo dinâmico de formação e estruturação do campo térmico da área urbana central de Viçosa, destacando a influência do sítio e da geometria urbana nessa construção. Para isso, realizou-se o registro de 28 dias contínuos de mensuração de temperatura do ar e umidade relativa do ar, durante a estação de verão em 10 pontos fixos utilizando o equipamento data loggers hobo - modelo u10-003, obtenção de fotografias hemisféricas, a fim de calcular o sky view factor no software rayman e análises sinóticas. Com base nisso, pode-se constatar que a área central urbana de certa forma tem contribuído para a formação de núcleos de calor na cidade de Viçosa-MG, porém com baixa amplitude térmica em relação ao seu entorno e baixa correlação com os sistemas atmosféricos predominantes.

Palavras chave: Clima Urbano, Campo Térmico, Viçosa

Abstract: This work is part of a research project whose purpose is to investigate the dynamic process of formation and structure of the thermal field of the central urban area of Viçosa, highlighting the influence of the site and the urban geometry in this construction. For this, the record was held 28 days of continuous measurement of air temperature and relative humidity during the summer season at 10 fixed points using the equipment Hobo Data Loggers - Model U10-003, obtaining hemispherical photographs, in order to calculate the Sky View Factor in Rayman software and synoptic analysis. Based on this, it can be seen that the central urban area has somehow contributed to the formation of nuclei of heat in Viçosa-MG, but low thermal amplitude in relation to its surroundings and low correlation with the prevailing weather systems.

Keywords: Urban Climate, Thermal Field and Viçosa-MG.

1- Introdução

Na tentativa de integração antrópica com o meio, o Geógrafo se ampara nos estudos de caso ou pesquisas de fundo empírico para demonstrar a relação intrínseca da influência humana sobre a natureza e vice-versa.

Com intuito de avaliar os impactos decorrentes da ocupação de um sítio de mar de morros, como desenvolvimento de diferentes ambientes urbanos, optou-se em estudar a área central do município de Viçosa (Figura 01), situado na Zona da Mata do Estado de

¹ Acadêmica do 7º período do curso de Geografia na Universidade Federal de Viçosa. Bolsista de Iniciação Científica da Fapemig. Membro do Bioclima. E-mail: Gabriela.regina@ufv.br

² Professor adjunto III do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa e coordenador do Laboratório de Biogeografia e Climatologia-BIOCLIMA UFV. E-mail: fialho@ufv.br



Minas Gerais, porque desde 1950, sua população urbana vem crescendo em mais de 80,0% a cada década, praticamente dobrando a cada dez anos (RIBEIRO FILHO, 1997). Tal fato se intensifica a partir da década de 1970, isso ocorre porque Viçosa apresenta algumas particularidades importantes relacionadas à presença da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

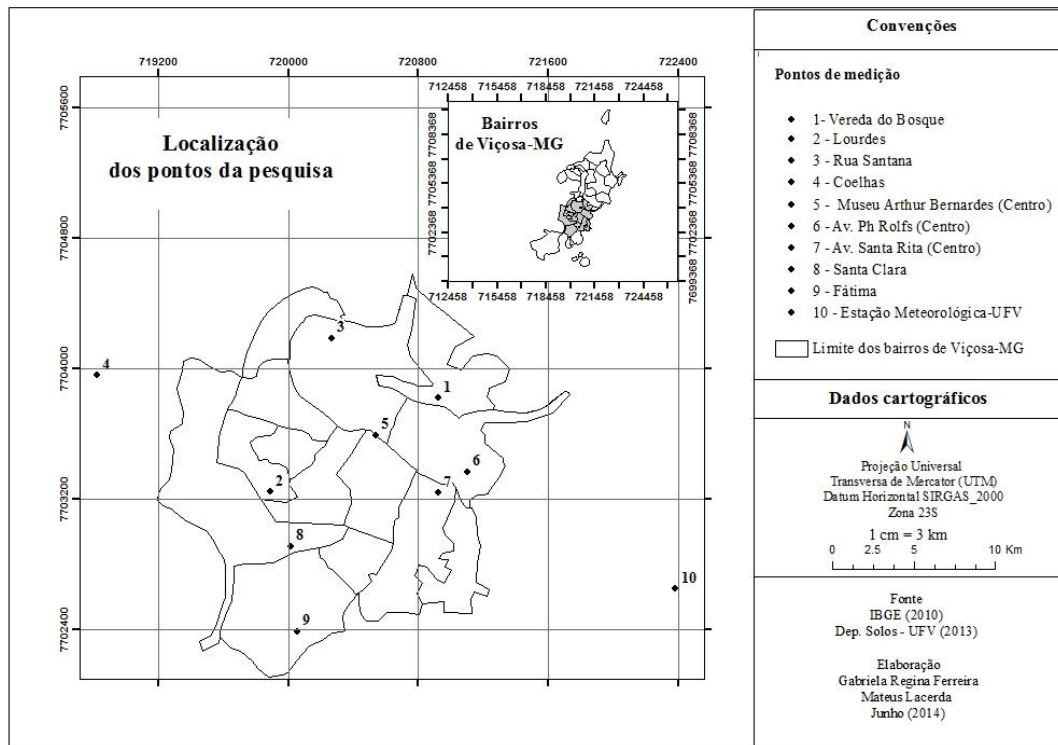


Figura 01 - Localização da área pesquisada em Viçosa-MG.

O intenso processo de urbanização e expansão da malha urbana nas últimas décadas leva a configurações contrastantes a área urbana de Viçosa, as quais, sem dúvida, repercutem de maneira diferenciada no campo térmico. Atualmente, a área central da cidade caracteriza-se por um núcleo verticalizado, com concentração de prédios, pouca ou nenhuma cobertura vegetal e impermeabilização do solo, além da intensificação do trânsito nos horários de funcionamento da UFV. Todos esses fatores associados, provavelmente, provocam uma produção artificial de calor levando a um aumento das medidas térmicas, essas condições podem conduzir à formação de ilhas de calor no local. Para análise da contribuição da geometria urbana sob a formação de núcleos de calor, utilizou-se o Sky View Factor (SVF), um parâmetro adimensional também chamado de fator de configuração ou ainda fator angular. Ele indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e representa



uma estimativa da área visível de céu. O céu, por apresentar normalmente sua temperatura inferior à da superfície terrestre, é elemento essencial no balanço de energia.

Inserido dentro da problemática do conforto térmico no meio urbano o presente estudo concentrou-se em analisar a relação entre o uso da terra e os aspectos geocológicos e geometria urbana, enfatizando os atributos climáticos (térmico e higríco) que possam contribuir para ampliar o conhecimento sobre a climatologia urbana sobre o município de Viçosa. Para a obtenção de tais propósitos, fez-se uma correlação entre os aspectos geocológicos do sítio e o uso da terra, associados às situações sinóticas sazonais dominantes nos dias dos experimentos de campo e outra com o SVF e as temperaturas médias por turno (manhã, tarde e noite) de cada ponto amostral.

2- Discussão

No âmbito Laboratório de Biogeografia e Climatologia (Bioclima) da UFV, o clima de Viçosa começou a ser investigado, a partir da investigação doutoral desenvolvida por Fialho (2009), que produziu vários outros trabalhos tais como Rocha (2006). Posteriormente, ao final destes dois projetos, tendo sido dado particular relevo à verificação da ocorrência de ilhas de calor urbano e a identificação de unidades com características físicas homogêneas utilizando metodologia baseada em Stewart e Oke (2009) para uma cidade de pequeno porte, que no Brasil, registra um aumento de interesse pelo estudo desde a década de 1980, em função da problemática ambiental em nosso país.

A área central de Viçosa é composta por um adensamento de construções verticais em detrimento de áreas verdes, alto fluxo de veículos e comércio intenso. Os bairros ao entorno do Centro como Santa Clara, Vereda do Bosque, Bela Vista, Fátima em grande medida se opõem a tal estruturação, sendo assim espera-se que nessas áreas o campo térmico apresente menores temperaturas, devido às características de um espaço mais arborizado e construções horizontais condicionarem uma menor absorção de ondas curtas e uma emissividade de onda longa mais eficaz, resultando num resfriamento mais eficiente.

Com base na colocação de Geiger (1961), as áreas urbanas dos municípios, como a de Viçosa apresentariam uma alteração de seu clima inerente à condição do seu sítio convergente. Porém, com o crescimento das manchas urbanas ao longo de vales, associadas às modificações produzidas na paisagem pela urbanização, surge uma questão: a área urbana de Viçosa, cidade de pequeno porte, pode desenvolver uma diferenciação entre o ambiente da cidade e o do seu entorno?

Para esta análise utilizou-se o SVF para mensurar a influência das construções e conformações urbanas no campo térmico da cidade.



Para Oke (1981), o SVF é uma medida mais apropriada para a geometria de radiação de determinado local, pois representa a fração de céu disponível para a troca de calor. O SVF é uma estimativa da área visível do céu a partir de um ponto de observação na malha urbana e está relacionado com diversos processos ambientais urbanos. É também chamado de fator de forma ou de configuração. E, portanto, um parâmetro adimensional que indica a quantidade do céu visível em um ponto. Dessa forma, a área resulta de limites impostos pelos elementos urbanos e suas inter-relações. O resfriamento das superfícies terrestres é proporcional à área de céu visível para um ponto nessa superfície. Para Chapman (2007), o SVF é a razão entre a porção de céu visível de um determinado ponto e o céu potencialmente disponível a partir deste ponto.

Johnson e Watson (1984) consideram como a razão entre a radiação solar recebida (ou emitida) por uma superfície plana comparada com aquela recebida (ou emitida) pelo entorno. Em termos geométricos, qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano pertencente ao plano do observador posicionado na camada intraurbana representa uma obstrução à abóbada celeste. A projeção dessa edificação na abóbada celeste é a fração do céu por ela obstruída para o observador (ou ainda, representa a parte obstruída do fluxo de radiação, que deixa o observador, em direção ao céu). Seu valor numérico é sempre menor que a unidade, pois dificilmente se encontram regiões urbanas que não apresentem nenhuma obstrução do horizonte (situação para a qual seu valor seria a unidade). O céu, por apresentar normalmente sua temperatura inferior à da superfície terrestre, é elemento essencial no balanço de energia.

Para Chapman (2000), não existe uma técnica definitiva para o cálculo do SVF e os métodos geométricos estão sujeitos a imprecisões. É apontado que o cálculo por imagens obtidas por fotografias geradas com lente olho de peixe é mais preciso, porém o processamento dessas imagens é lento e torna o um procedimento muito demorado.

Utilizou-se para obtenção do SVF, apesar do processo lento, o método fotográfico assim como (CHAPMAN; THORNES; BRADLEY, 2001; MOIN; TSUTSUMI, 2004; CORREA *et al.*, 2005 *apud* MINELLA, 2009). Em relação à altura de obtenção das fotos, por não haver um uma altura definida, optou-se por mantê-la à mesma altura dos sensores de temperatura e umidade consideradas nas medições microclimáticas. Desta forma as fotos foram obtidas a 1,50 m em relação ao nível do solo.

As imagens foram obtidas por uma câmera digital Nikon Coolpix 5700 com extensor Nikon UR-E12 e objetiva olho de peixe Nikon FC-E19 acoplada a um tripé com o topo da câmera voltado para norte e a lente para a abóbada celeste. Foi feito um nivelamento com um nível simples de construção para que o equipamento todo ficasse paralelo ao solo. No



momento de tirar as fotos foi necessário que o fotógrafo ficasse abaixo da câmera a fim de não interferir na imagem

A Figura 2 corresponde às fotos hemisféricas dos pontos amostrais onde foram coletadas temperatura e umidade e seus respectivos valores de SFV. A partir destas é feito o cálculo do SVF, e analisada a obstruções da abóboda celeste por construções, vegetação e equipamentos urbanos.

Concomitante à esse processo foi feita a análise sinótica do período de pesquisa. O sistema predominante auxilia na análise dos dados uma vez que os sistemas tendem a homogeneizar ou heterogeneizar os eventos climáticos em escala global, regional e local. Em virtude de sua magnitude, a exemplo eventos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul mantém uma homogeneidade climática e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul por ser um sistema de estabilidade climática propicia que eventos de magnitudes inferiores sobressaiam. No caso da região de Viçosa, com relevo bastante movimentado, as análises feitas sob estabilidade refletem melhor a dinâmica climática local.

3- Resultado

As técnicas empregadas avaliaram a influência do SVF sobre o campo térmico e sua relação entre a área central e seu entorno na cidade Viçosa-MG. Os resultados a seguir referem-se a 28 dias consecutivos de medição, entre os meses de dezembro/2013 e janeiro/2014. No total o estudo verifica as condições climáticas de 10 pontos.

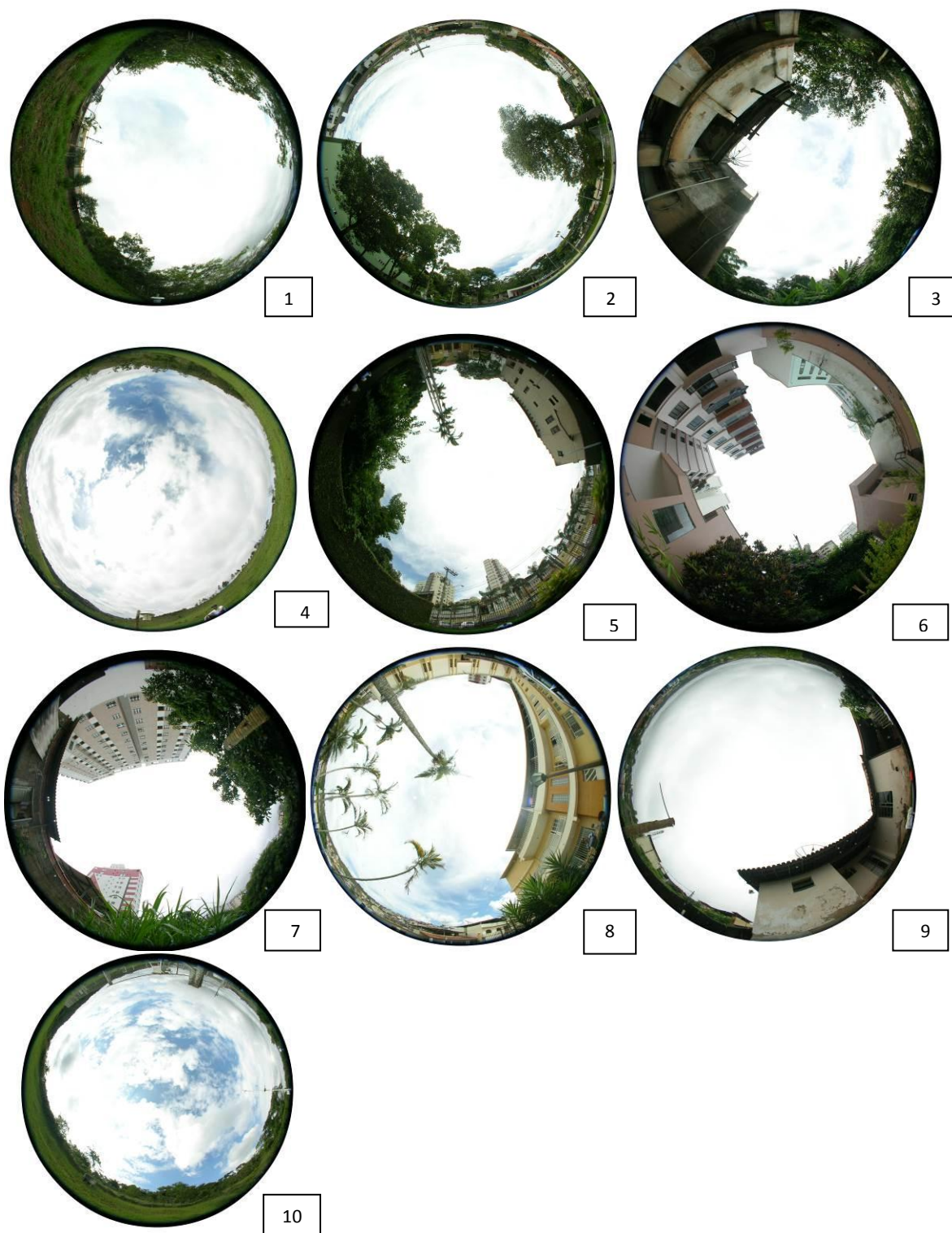


Figura 02 - Fotos hemisféricas dos respectivos bairros : 1 Vereda do Bosque (SVF = 0,476), 2 Lourdes (SVF = 0,492), 3 Rua Santana (SVF = 0,240), 4 Coelhas (SVF = 0,732), 5 Centro (Museu Arthur Bernardes) (SVF = 0,376), 6 Av. Ph Rolfs (SVF = 0,203), 7 Av. Santa Rita (SVF = 0,285), 8 Santa Clara (SVF = 0,447), 9 Fátima (SVF = 0,381) e 10 Estação Meteorológica (UFV) (SVF = 0.514).



Dos pontos analisados 4 encontram-se em fundo do vale (Centro), 1 em topo de morro, 3 a meia encosta e 2 no sopé de encosta. Os pontos do fundo do vale, no total de 28 dias apresentaram T_m °C mais elevada que os demais, corroborando com a literatura onde é relatado que a mancha urbana depende, em grande parte, da sua situação topográfica e onde a cidade se encontra abrigada dos ventos, num vale, o clima de dentro e de fora apresentará naturalmente maiores diferenças.

Com base no mapa síntese dos 28 dias de análise da área de estudo, observa-se que o fundo do vale apresenta temperaturas mais elevadas e menores índices de umidade, coincidindo com a área central comercial da cidade, a amplitude encontrada foi de 1,09°C e 6.3 %. (Figuras 3 e 4). Com base na análise das cartas sinóticas do horário de 12h Zulu, disponíveis no site do Centro de Hidrografia da Marinha (www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm), buscou-se verificar os efeitos dos sistemas atmosféricos sobre os dados coletados, para isso fez-se necessário sistematizar as datas de análise e os sistemas predominantes nos dias (Tabela 01).

Sistemas atmosféricos							
DATA	SPA	AQPF	INST.	ASAS	ZCAS	ZCOU	REP. F
13/12/2013							
14/12/2013							
15/12/2013							
16/12/2013							
17/12/2013							
18/12/2013							
19/12/2013							
20/12/2013							
21/12/2013							
22/12/2013							
23/12/2013							
24/12/2013							
25/12/2013							
26/12/2013							
27/12/2013							
28/12/2013							
29/12/2013							
30/12/2013							
31/12/2013							
01/01/2014							
02/01/2014							
03/01/2014							
04/01/2014							
05/01/2014							
06/01/2014							
07/01/2014							
08/01/2014							
09/01/2014							
TOTAL (DIAS)	1	1	3	11	10		2

SPA = Sistema Polar Atlântico; AQPF = Aquecimento Pré Frontal; INST = Instabilidade; ASAS = Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; ZCAS = Zona de Convergência do Atlântico Sul; REPFF = Repercussão de Frente Fria

Tabela 01 - Sistemas atmosféricos predominantes. Elaborado por FERREIRA, G. R., 2014.

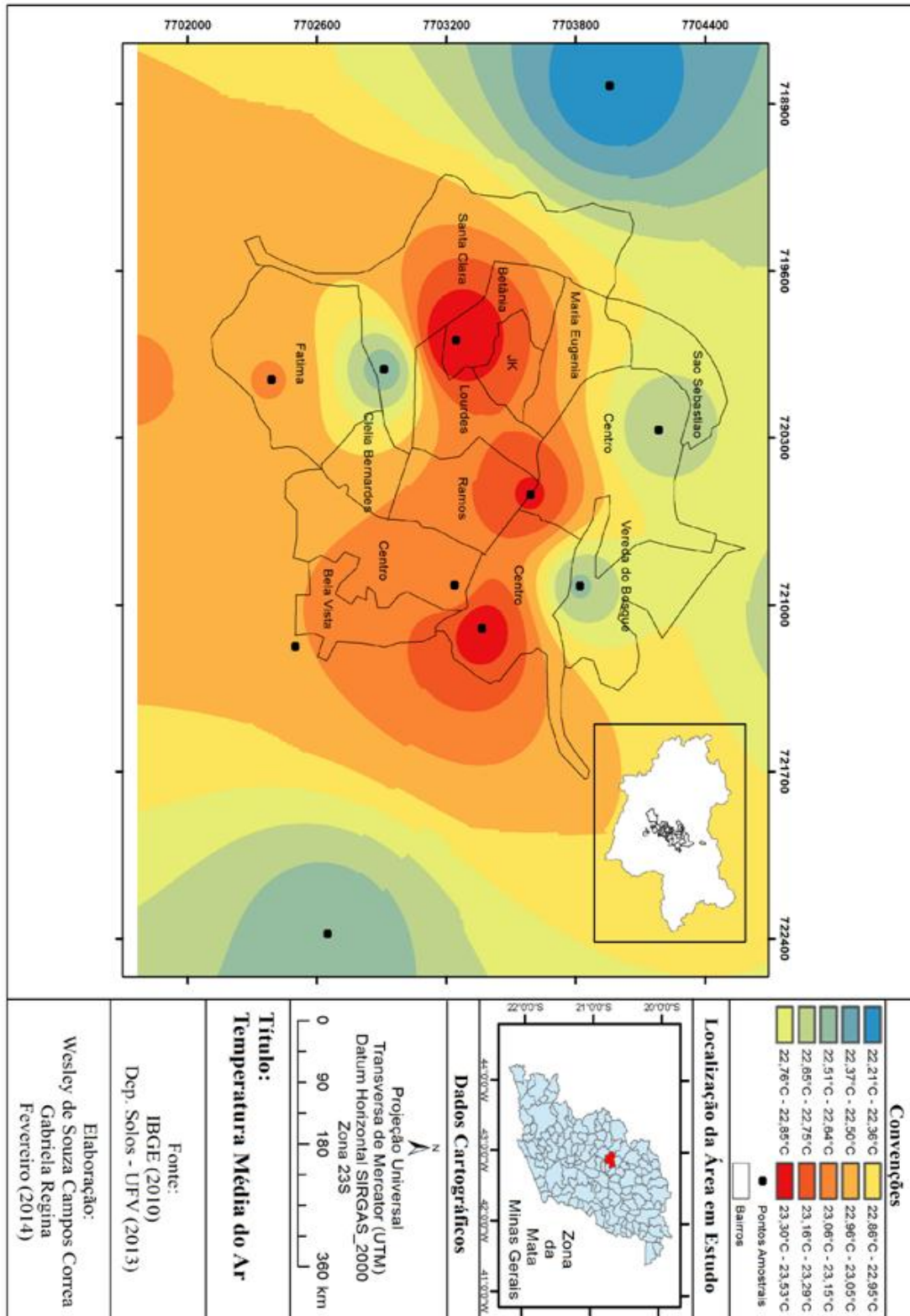


Figura 03 - Temperatura média do ar no total de 28 dias. Fonte: Arquivo pessoal

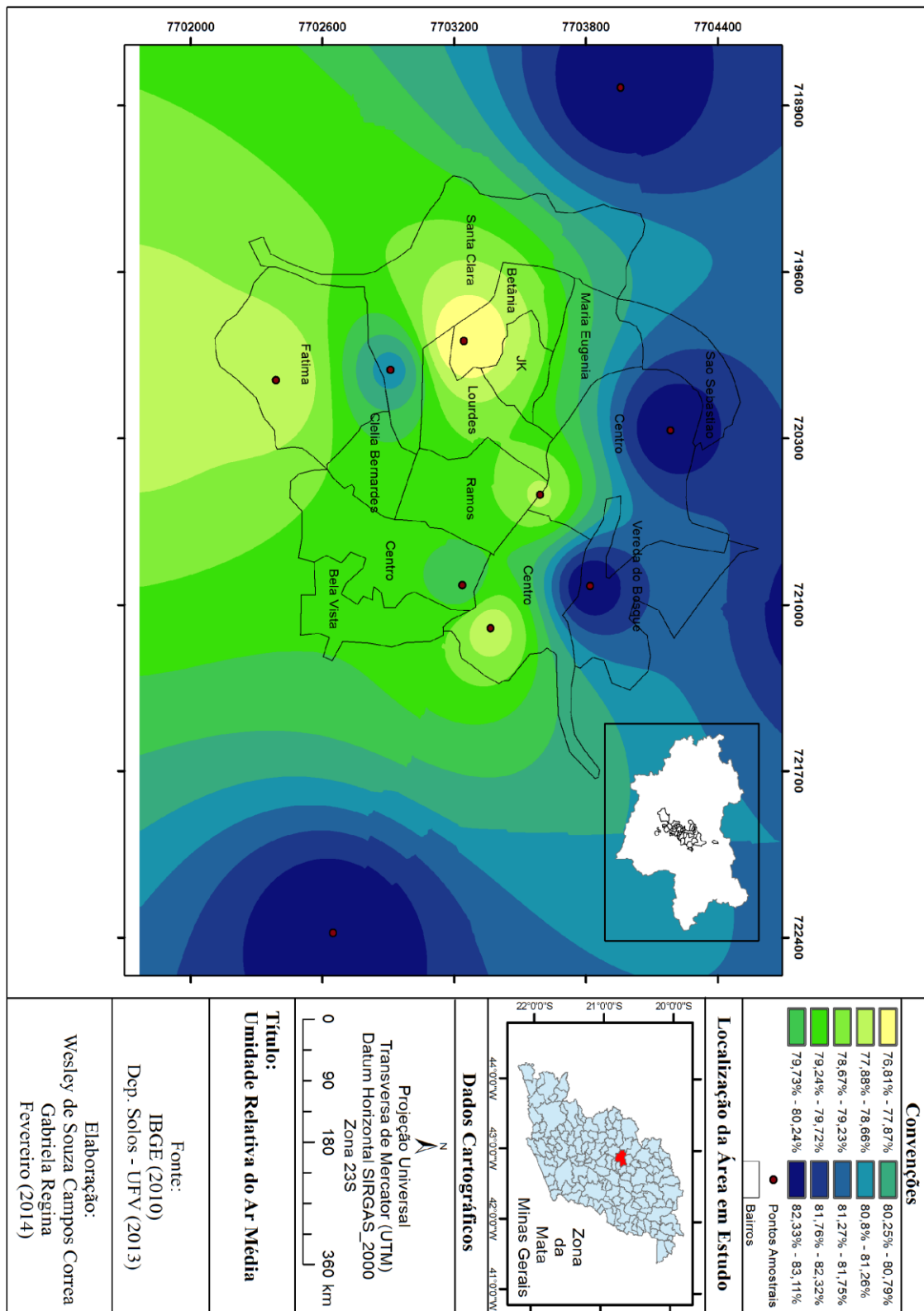


Figura 04 - Umidade média relativa do ar no total de 28 dias. Fonte: Arquivo pessoal

No período de análise predominaram os sistemas atmosféricos Zona de Convergência do Atlântico Sul- ZCAS (10 dias) e o Anticiclone ou Alta Subtropical do



Atlântico Sul - ASAS (11 dias), nos demais dias foram identificados os sistemas: Polar Atlântico - SPA, Zona de Convergência de Umidade – ZCOU, Aquecimento Pré-Frontal, Instabilidade ou Cavado e Repercussão de Frente.

A ZCAS caracteriza-se por ser o sistema atmosférico de verão dominante na América do Sul subtropical e parte oeste do Oceano Atlântico Sul, e pode ser definida como uma banda de convecção ativa com altas taxas de precipitação em uma linha com orientação noroeste-sudeste. Este sistema estende-se da região convectiva da Amazônia a região sudeste da América do Sul e Oceano Atlântico extratropical. A ZCAS é um sistema meteorológico produtor de chuvas intensas. Devido à banda de nebulosidade formada, a dissipação do calor antrópico diminui, podendo levar a um desconforto térmico. Observar-se que durante a ZCAS, os pontos do Centro, que apresentam uma dinâmica intensa, alto fluxo de veículos e maior adensamento urbano, apresentaram maiores índices de $T_m^{\circ}C$ em relação os demais pontos, que pode ser explicado pela homogeneidade que este sistema engendra e as características dos pontos mensurados.

A ASAS constitui uma massa de ar seco, relativamente quente e praticamente desprovida de nuvens. Quando atua no Sudeste do país, afasta as instabilidades tropicais, inibe a passagem de frentes frias, reduz a umidade atmosférica e favorece a concentração de poluentes aéreos nas grandes cidades (BASTOS; FERREIRA, 2000).

O período em que predominou a ASAS o ponto do Lourdes apresentou os maiores índices de $T_m^{\circ}C$ e o ponto do Coelhas os menores valores. No que tange ao sítio, o ponto do Lourdes encontra-se no sopé da encosta, abrigada dos ventos e o ponto do Coelhas encontra-se no fundo do vale, um vale aberto em U com vegetação rarefeita e maior exposição à radiação. O Coelhas situa-se em uma área de transição urbano/rural, com uso predominante de pastagem, o que no balanço térmico propicia um resfriamento rápido e menor concentração de poluentes, o que lhe confere menores temperaturas à noite.

A dinâmica dos sistemas atmosféricos pode ser observada no gráfico de amplitude térmica (Figura 05), quando este correlaciona as temperaturas médias encontradas e os sistemas atmosféricos em cada dia de análise. No período de ZCAS, houve uma homogeneização climática, menores amplitudes se comparadas aos períodos de ASAS onde se observa uma maior amplitude térmica, caracterizando uma heterogeneidade dos dados. Esta observação pode ser explicada pelo fato do sistema ASAS propiciar a ocorrência de fenômenos locais, que variam de acordo com o uso e ocupação do solo, características morfológicas, geográficas e geométricas dos pontos analisados.

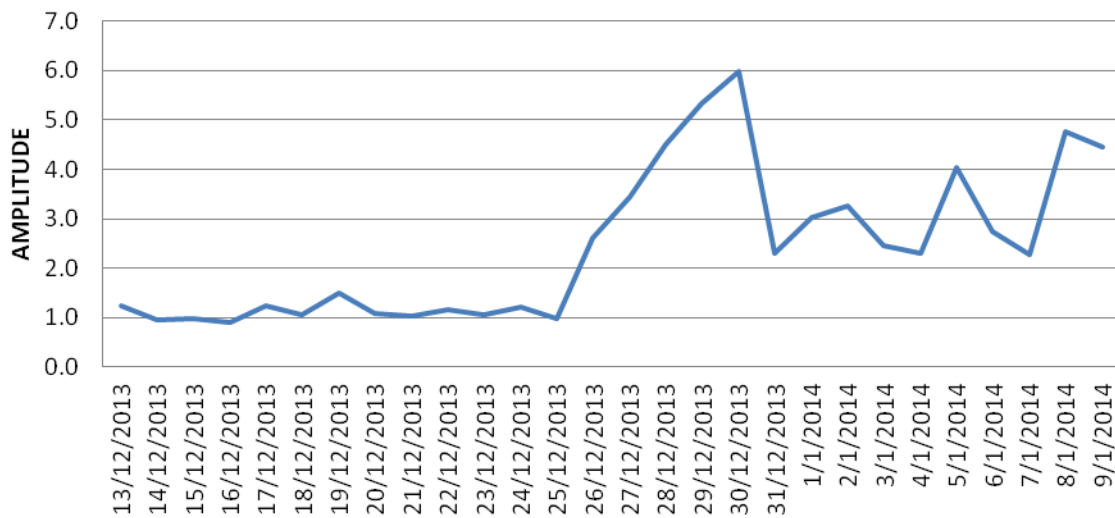


Figura 05 - Amplitude térmica no período de análise e relação com sistemas sinóticos atuantes.
Elaborado por FERREIRA, G.R., 2014.

A partir das fotos hemisféricas (Figura 04) calculou-se o SVF de cada ponto. O ponto que apresentou maior obstrução do céu situa-se na área central da cidade e o de menor obstrução no entorno transição urbano/rural. Os pontos de maior obstrução do céu apresentaram as maiores temperaturas diárias. Ao analisar os índices de temperatura e umidade por turno, a manhã apresentou correlação positiva fraca entre T_m °C e SVF, e o SVF não explica os índices de temperatura. O turno da tarde e noite já apresentaram uma correlação mais forte e negativa, mostrando a medida que o SFV se aproxima de 0, a temperatura tende a ser maior, porém apenas 20,29% (tarde) e 21,72% (noite) podem ser explicados por essa correlação. No turno da madrugada a correlação foi praticamente nula.

Identifica-se que há menor perda de radiação de ondas longas em áreas urbanas devido a geometria e elementos que obstruam a visão do céu, que acabam por influenciar no controle da temperatura das superfícies e na temperatura do ar, neste caso há mais ganho de radiação do que perda. Em geral as áreas urbanas perdem radiação mais lentamente que as áreas rurais, por haver mais obstruções da abóboda celeste.

O fator de visão do céu isolado não foi capaz de prever as condições térmicas dos pontos analisados, no entanto pretende-se no desenvolvimento da pesquisa identificar quais outros parâmetros podem ser analisados conjuntamente ao fator de visão do céu, incluindo a análise de orientação das vertentes, carta solar e albedo.

Viçosa está inserida no domínio morfoclimático de mares de morros e sua área urbana central se insere no fundo de vales. As áreas de vale tendem a apresentar características climáticas distintas de seu entorno, o que dificulta a avaliação de alterações no clima causadas pela urbanização (GEIGER, 1961; LANDSBERG, 2006). O desenvolvimento das cidades pode acentuar ou eliminar as diferenças climáticas entre áreas



de vale e seu entorno. No entanto, as condições topográficas dessas áreas também podem inibir a identificação dos climas urbanos e suas derivações, como mostrou Fialho (2009) para a cidade de Viçosa-MG.

De acordo com Landsberg (2006), a diferenciação das características climáticas entre áreas urbanas e rurais, embora transpareça ser uma tarefa simples, é complexa e criteriosa, devido às dificuldades de se obter registros que sejam rigorosamente comparáveis, mesmo desconsiderando as peculiaridades topográficas do sítio urbano.

Agradecimentos

- À FAPEMIG pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica a acadêmica Gabriela Regina Ferreira, durante o período de execução da pesquisa.
- Aos membros do Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA), que nos auxiliaram na realização da pesquisa.
- Ao Laboratório de Ecologia e Evolução das Plantas da UFV, pelo apoio e empréstimo da câmera, que nos propiciou uma análise mais enriquecedora. Em especial à Gláucia Tolentino que nos ensinou a manusear o equipamento.
- Ao Wesley Correa da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo apoio na confecção dos mapas.

4- Bibliografia

BASTOS, C.; FERREIRA, N. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro, p. 612-619, 2000.

CHAPMAN, L. Improved One Dimensional Energy Balance Modelling Utilizing Sky-View Factors Determined from Digital Imagery. In: SIRWEC CONFERENCE, 10., Davos-Switzerland. **Proceedings...** Davos, March, 2000. Disponível em: <www.sirwec.org/conferences/davos2000.html>. Acesso em: 15 out. 2013.

CHAPMAN, L. *et al.* Potential Applications of Thermal Fisheye Imagery in Urban Environments Geoscience and Remote Sensing Letters. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 4, n. 1, p. 56-59, 2007.

FIALHO, Edson Soares. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira.** 248 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras, Ciências e Artes, Programa de Pós-graduação em Geografia Física da USP. São Paulo, 2009.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo.** 4. ed. Tradução de Ivone Gouveia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961, 556p.

JOHNSON GT, WATSON ID. 1984. The determination of view-factors in urban canyons. **Journal of Applied Climate and Meteorology.** V 23: 329–335.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006. 2013.

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. **Série Teses e Monografias**. São Paulo, n.25, 1976, 181p.

OKE, T. R. Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 1/4, p. 237-254, 1981.

RIBEIRO FILHO, G. B. **A formação do espaço construído**: cidade e legislação urbanística em Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Urbanismo)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

STEWART, I.D., and T.R. OKE, 2009. Classifying urban climate field sites by “local climate zones” the case of Nagano, Japan. **The seventh International Conference on Urban Climate**, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.