

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**GABRIELA REGINA FERREIRA**

**ESTUDO DO CAMPO TÉRMICO E SUA RELAÇÃO COM O *SKY VIEW FACTOR*  
EM SITUAÇÃO SAZONAL DE VERÃO NO CENTRO URBANO DE VIÇOSA-MG**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2015**

**GABRIELA REGINA FERREIRA**

**ESTUDO DO CAMPO TÉRMICO E SUA RELAÇÃO COM O *SKY VIEW FACTOR*  
EM SITUAÇÃO SAZONAL DE VERÃO NO CENTRO URBANO DE VIÇOSA-MG**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da  
Universidade Federal de Viçosa como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Bacharel em  
Geografia.

Orientador: Edson Soares Fialho

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2015**

**GABRIELA REGINA FERREIRA**

**ESTUDO DO CAMPO TÉRMICO *E SUA RELAÇÃO COM O SKY VIEW FACTOR*  
EM SITUAÇÃO SAZONAL DE VERÃO NO CENTRO URBANO DE VIÇOSA-MG**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovada em 18/06/2015

---

Examinador: Prof. Dr. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UFV

---

Examinador: Prof. Dr. Wagner Barbosa Batella  
Departamento de Geografia – UFV

---

Orientador: Prof. Dr. Edson Soares Fialho  
Departamento de Geografia – UFV

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por se fazer presente em minha vida, não me deixando desistir e por guiar meus passos.

Ao meu esposo Isaías e ao meu filho Pedro pela paciência e compreensão nas minhas ausências para dedicação à monografia. Aos meus pais e meu irmão pelo apoio e companheirismo, por acreditarem em meus ideais e caminharem ao meu lado.

Ao orientador prof. Dr. Edson Soares Fialho, pelo conhecimento compartilhado, orientações, questionamentos, sugestões e principalmente pela oportunidade de realização da pesquisa.

Ao Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA-UFV e todos seus integrantes. Em especial ao Robson Quina, Pablo Parzanini, Gabriel Ferreira, Maria Luzia Paulo, Ludmilla Fernandes, Rafael Alves e Edilson Celestino. Obrigada por não medirem esforços para a realização deste trabalho.

À amiga Greissz Marques por dividir as angústias durante a elaboração do trabalho e palavras de apoio, mesmo passando pelas mesmas dificuldades que eu.

À minha prima Lisiane pelas revisões e paciência durante meus questionamentos.

Ao Laboratório de Ecologia e Evolução das Plantas da UFV, pelo apoio e empréstimo da câmara, que nos propiciou uma análise mais enriquecedora. Em especial à Gláucia Tolentino que nos ensinou a manusear o equipamento.

Aos motoristas da Universidade Federal de Viçosa, que nos levaram à campo e aos proprietários dos terrenos onde os equipamentos foram instalados, que foram primordiais para coleta dos dados, sou imensamente grata.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de Iniciação Científica, agradeço pela oportunidade de crescimento profissional.

Á todos que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho direta ou indiretamente, meu muito obrigado!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é  
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria  
menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

## RESUMO

Com a crescente urbanização no Brasil, estudos relacionados ao clima de médias e pequenas cidades têm ganhado visibilidade e despertado interesse dos pesquisadores. A proposta inicial deste trabalho é a investigação do processo dinâmico de formação e estruturação do campo térmico da área urbana central de Viçosa, destacando a influência da geometria urbana nessa construção, aplicando o conceito *Sky View Factor* ou Fator de Visão do Céu. Os dados referem-se à análise de um total de 09 pontos fixos, que englobam a mancha urbana do município, sob condição sinótica de céu claro e tempo estável. A escolha da área baseou-se na hipótese de que a verticalização da área central urbana acarreta modificações na geometria do ambiente, alterando o fator de visão do céu e conseqüentemente as variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar). Esta pesquisa de cunho científico associada ao empírico-indutivo avaliou os dados das variáveis climáticas, em situação sazonal do verão, e imagens hemisféricas obtidas com câmera fotográfica acoplada à lente olho-de-peixe. Foram utilizados para as mensurações em campo, os termohigrômetros dataloggers da marca Hobo - U10-003, para obtenção do fator de visão do céu (*Sky View Factor* - SVF), o *software RayMan* 1.2 sendo que as variáveis climáticas foram espacializadas no *software ArcGis* 10.1. Após análise dos dados, verificando-se o índice de correlação linear e coeficiente de determinação no *Microsoft Office Excel* 2007, foi possível inferir que a área urbana e densamente construída contribui para a formação de núcleos de calor noturno na cidade de Viçosa-MG. O SVF se mostrou eficiente para análise do campo térmico, quando analisadas as médias horárias, correspondendo à hipótese de que as áreas com adensamento maior possuem maiores índices de temperaturas, nos horários compreendidos entre 19h e 6h. Vale lembrar que o estudo avaliou a correlação entre 3 variáveis (temperatura, umidade e SVF), com vistas a proporcionar um novo instrumento para o estudo do clima urbano em Viçosa.

Palavras-chave: Clima urbano, geometria urbana, Sky View Factor, Viçosa-MG

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Viçosa-MG. ....	12
Figura 2: Hipsometria e localização dos pontos da área de estudo .....	23
Figura 3: Bairro Vereda do Bosque.....	27
Figura 4: Rua Santana (Centro).....	27
Figura 5: Bairro Coelhas .....	28
Figura 6: Avenida Bueno Brandão (Museu Arthur Bernardes-Centro) .....	28
Figura 7: Av. P.H. Rolfs (Centro) .....	29
Figura 8: Av. Santa Rita (Centro) .....	29
Figura 9: Bairro Santa Clara.....	30
Figura 10: Bairro de Fátima .....	30
Figura 11: Estação Meteorológica (UFV).....	31
Figura 12: Posicionamento da câmera com a lente olho de peixe acoplada e nivelamento da mesma. ....	35
Figura 13: Edição das imagens no <i>Photoshop Online</i> .....	36
Figura 14: Edição das imagens no Rayman. ....	37
Figura 15: Imagens hemisféricas do ponto localizado no bairro Vereda do Bosque. ....	40
Figura 16: Imagens hemisféricas do ponto localizado na rua Santana.....	41
Figura 17: Imagens hemisféricas do ponto localizado no Coelhas. ....	42
Figura 18: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Av. Bueno Brandão.....	43
Figura 19: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Av. P. H. Rolfs.....	43
Figura 20: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Av. Santa Rita. ....	44
Figura 21: Imagens hemisféricas do ponto localizado no bairro Santa Clara. ....	45
Figura 22: Imagens hemisféricas do ponto localizado no bairro de Fátima.....	45
Figura 23: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Estação Meteorológica-UFV. ....	46
Figura 24: Configuração da temperatura média do ar durante o período da madrugada. ....	52
Figura 25: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da madrugada.....	53
Figura 26: Configuração da temperatura média do ar durante o período da manhã. ....	54

Figura 27: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da manhã. ....	54
Figura 28: Configuração da temperatura média do ar durante o período da tarde. ....	55
Figura 29: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da tarde. ....	56
Figura 30: Configuração da temperatura média do ar durante o período da noite. ....	57
Figura 31: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da noite. ....	57

**LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS**

Gráfico 1: Crescimento populacional no município de Viçosa-MG (1950-2010) .....	21
Gráfico 2: Correlação entre $T_m^{\circ}\text{C}$ e SVF por turno.....	50
Gráfico 3: Correlação entre URm% e SVF por turno .....	50
Tabela 1: Sistemas atmosféricos predominantes.....	33
Tabela 2: Correlações horárias entre as variáveis climáticas e o SVF .....	48
Tabela 3: Coeficiente de determinação entre o total de dias analisados e SVF. ....	48
Tabela 4: Correlação e coeficiente de determinação por turno das variáveis climáticas e SVF .....	49

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1 - O QUE DIZ A LITERATURA? .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 NORTEADORES DO TRABALHO.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO 2 – OS CAMINHOS QUE TRAÇAMOS: DESVENDANDO O PAPEL DO SKY VIEW FACTOR NA ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>24</b>
2.2.1 <i>RECORTE ESPAÇO-TEMPORAL.....</i>	<i>24</i>
2.2.2 <i>OBTENÇÃO DAS FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS E CÁLCULO DO SKY VIEW     FACTOR.....</i>	<i>34</i>
2.2.3 <i>CORRELAÇÃO DOS DADOS.....</i>	<i>38</i>
<b>CAPÍTULO 3 – ATÉ QUE PONTO O SVF RESPONDE AOS NOSSOS ANSEIOS? .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 REFLEXÕES SOBRE OS RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
3.1.1 <i>FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS E TRAJETÓRIA APARENTE DO SOL .....</i>	<i>39</i>
3.1.2 <i>CORRELAÇÕES ENTRE MÉDIAS DA <math>T_m^{\circ}C</math> E <math>UR_m\%</math> E SVF .....</i>	<i>47</i>
3.1.3 <i>MAPAS SINTESES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....</i>	<i>51</i>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 1 – CARTAS SINÓTICAS DO PERÍODO DE 13/12/2013 A 09/01/2014.....</b>	<b>64</b>

## INTRODUÇÃO

Ano de 2013... Em conversa com o professor Edson Fialho fiz ao mesmo uma solicitação para ingressar em seu grupo de estudos denominado Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA, de prontidão o pedido foi aceito. Confesso que a parte do clima não era meu maior interesse, haja vista os apertos passados na disciplina no primeiro período do curso de Geografia.

No decorrer do ano me foi oferecida a oportunidade de participar de uma pesquisa de iniciação científica intitulada “Transformações e conformações de uma paisagem em (re) construção: As repercussões na dinâmica climática local decorrente do processo de urbanização na área urbana de Viçosa-MG”, financiada pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). As premissas perpassam pela continuidade da investigação doutoral do orientador deste trabalho. Um pouco receosa aceitei a proposta e de lá para cá temos mantido esforços para analisar a área central urbana de Viçosa sob diversas perspectivas, sendo a principal a influência do fator de visão do céu (SVF) no campo térmico da área central urbana de Viçosa-MG.

Em busca de uma compreensão da complexidade existente entre sociedade e natureza, o Geógrafo se ampara nos estudos de caso ou pesquisas de fundo empírico<sup>1</sup> para demonstrar a relação intrínseca da influência humana sobre a natureza e vice-versa. Neste contexto o clima de Viçosa-MG começou a ser investigado, a partir da investigação doutoral desenvolvida por Fialho (2009) no qual foi 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<sup>2</sup>, que no Brasil, registra um aumento de interesse pelo estudo desde a década de 1980, em função da problemática ambiental em nosso país.

A cidade encontra-se sob o domínio morfoclimático “Mares de morros”, e na busca de se avaliar os impactos decorrentes da ocupação de um sítio de mares de morros, como desenvolvimento de diferentes ambientes urbanos, optou-se em estudar o município de Viçosa (FIGURA 1), situado na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, pois sua população urbana vem crescendo desde 1950, intensificando na década de 1970, devido principalmente à

---

<sup>1</sup> O conhecimento é limitado às experiências vivenciadas, e as aprendizagens se dão por meio de tentativas e erros.

<sup>2</sup> Adota-se como pequeno porte as cidades com menos de 100mil habitantes. Com base nesta compreensão, Viçosa caracteriza-se como cidade de pequeno porte. (Fialho, 2009, p.152).

presença da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e à criação de novos cursos. A cidade se tornou um polo receptivo de pessoas em busca de trabalho, formação acadêmica e melhores condições de vida. Além disso, atraiu outras faculdades particulares e conseqüentemente maior contingente populacional. Acredita-se que esta dinâmica possa estar alterando o clima local.

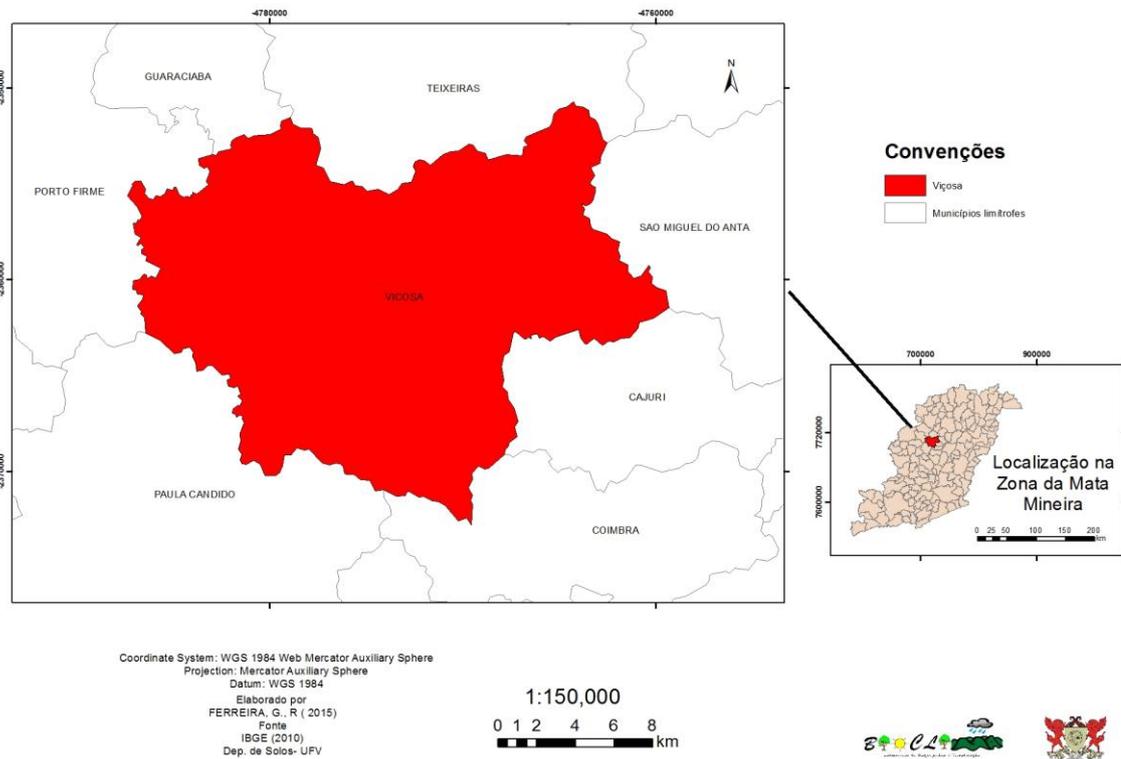


Figura 1: Localização do município de Viçosa-MG.  
Elaborado por Gabriela Regina Ferreira, 2015.

A presente monografia, de cunho científico associado ao empírico - indutivo surgiu das análises advindas da pesquisa de iniciação científica, onde foi estudado o campo térmico de Viçosa em situação sazonal de verão, outono e inverno e encontrada pouca correlação entre o SVF e as variáveis climáticas. Neste sentido, o atual recorte temporal analisa 11 dias do verão de 2013/2014 durante o qual predominou o sistema atmosférico Alta Subtropical do Atlântico Sul, visto que este destaca melhor as dinâmicas climáticas local e pode vir a aumentar a correlação. A escolha por este recorte espaço-temporal ocorreu devido à conformidade dos dados adquiridos, principalmente fotografias hemisféricas de todos os pontos.

Não é pretensão findar-se em si, mas sim de um projeto inicial, com a perspectiva de que outros estudos sejam realizados com o mesmo propósito e venham a somar para a qualidade de vida dos viçosenses.

O estudo do clima urbano tem servido de subsídio ao planejamento e a gestão ambiental em áreas urbanas. Faz-se necessário compreender a análise complexa da interação de vários elementos que compõem a paisagem geográfica e sua interação com os elementos climáticos da área de investigação. Em Viçosa, a população se concentra principalmente na área urbana onde a especulação imobiliária e o desenfreado crescimento se fazem presentes, transformando espaços naturais e a geometria urbana, visando o desenvolvimento econômico em detrimento do social. Sendo o clima considerado um recurso natural indispensável à manutenção da vida e às atividades econômicas, que em Viçosa atualmente gira em torno da UFV, a população sofre diretamente os efeitos das alterações climáticas locais.

É diante desse contexto, que esta pesquisa apresenta o estudo do campo térmico da área central urbana do município e sua correlação com a configuração da geometria urbana, especificamente a concepção do uso do Sky View Factor como instrumento de auxílio na análise do campo térmico da cidade de Viçosa-MG.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é analisar o campo térmico de Viçosa-MG pelo *Sky View Factor* sob a perspectiva de que a geometria urbana interfere no clima da cidade. Para a obtenção de tais propósitos, através de um estudo de caso, configuram-se como objetivos específicos: identificar a correlação ou não entre o SVF com os dados de temperatura média do ar e umidade média relativa do ar durante 11 dias em que predominou o sistema atmosférico Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul-ASAS, averiguar os possíveis elementos podem estar influenciando os dados, além do SVF e espacializar as variáveis climáticas.

O trabalho está estruturado em 3 capítulos. O primeiro aborda os principais conceitos utilizados na pesquisa, enquanto que o segundo destaca a metodologia adotada no presente estudo ao passo que o terceiro elucida os principais resultados e conclusões obtidos com a correlação dos dados. O intuito é contribuir para ampliação dos conhecimentos sobre a climatologia urbana no município de Viçosa e sua relevância perpassa pela possibilidade de subsidiar a elaboração de políticas públicas de direcionamento e planejamento urbano da cidade, ponderando as contribuições do Sky View Factor como auxílio no estudo do campo térmico ao considerar, por exemplo, a largura das vias, distanciamento e altura dos edifícios/construções, como fatores limitantes na troca de energia entre a superfície terrestre e a atmosfera e consequências no que tange o conforto térmico.

## **CAPÍTULO 1 - O QUE DIZ A LITERATURA?**

### **1.1 NORTEADORES DO TRABALHO**

No decorrer desta temática, nosso enfoque será abordar os conceitos relacionados ao clima urbano, dada a importância de entendê-los como precursores para o problema de pesquisa desse trabalho, o qual está voltado a refletir sobre as alterações no campo térmico engendradas pela geometria urbana. Não almejamos, porém, discutir exaustivamente a evolução do conceito, mas trazer visões que se fazem relevantes para a ampliação da compreensão do tema ora proposto.

No Brasil, o clima urbano recebe maior destaque a partir da década de 1970 com a proposta do Sistema Clima Urbano - S.C.U.<sup>3</sup> (MONTEIRO, 1976). O professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, pesquisador da climatologia urbana no Brasil, traz em seus trabalhos propostas teóricas e técnicas de sustentação e fundamentação aos trabalhos de climatologia urbana.

Considerando o Sistema Clima Urbano como um sistema aberto, há necessidade de considerar além dos fatores geradores de energia externos, os fatores internos, isto é, o homem e a dinâmica criada pelo mesmo no espaço citadino (Monteiro, 1976). Após a proposição do SCU, os trabalhos referentes aos climas das cidades no Brasil buscaram, sobretudo, entender qualitativamente a relação entre sistemas urbanos e seus sistemas climáticos derivantes, ou seja, as diferenciações microclimáticas produzidas pelas diversas coberturas e uso do solo urbano, associados a dados quantitativos e gráficos.

Monteiro (1990, p. 83b) coloca que “qualquer análise introdutória para estudo do clima urbano requer acurada observação tanto da topologia do sítio como da morfologia urbana, e do imenso espectro de combinações que se podem configurar”, ou seja, as interações entre eles. Destarte, as intervenções realizadas no sítio interferem na qualidade de vida dos habitantes das cidades, suscitando contratempos como as inundações em épocas de chuva, o desconforto térmico e a má qualidade do ar.

---

<sup>3</sup> Sistema complexo, aberto e adaptativo, que ao receber energia do ambiente maior no qual se insere (energia solar) a transforma a ponto de gerar uma produção exportada para o ambiente.

Em se tratando de cidades de pequeno e médio porte, Mendonça (2000) atribui ao sítio urbano papel de destaque, recomendando seu conhecimento detalhado. Afinal, “quanto menor a cidade maior será o papel do sítio e da circulação atmosférica regional no clima”.

De acordo com Fialho *et al* (2011, p. 119) corroborando das ideias de Jardim e Ferreira (2005)<sup>4</sup> e Rossato (2010)<sup>5</sup>, “entende-se por sítio urbano o espaço físico sobre o qual a cidade se consolida, que traduz as características do ambiente ao nível da superfície terrestre”. O clima urbano seria então o clima sob influência da mancha urbana materializada ou em processo.

Relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior, surge o conceito Ilha de calor (FIALHO, 2012). Oke (1978) define ilha de calor como um fenômeno tipicamente noturno, o termo “ilha de calor diurna” também tem sido adotado. Compete destacar que os processos que as geram são diferenciados, pois, enquanto a ilha de calor diurna sofre influência da incidência direta de radiação solar, a ilha de calor noturna decorre da menor perda de radiação de onda longa das superfícies urbanas para a atmosfera. Caracteriza-se principalmente por gerar uma diferenciação da temperatura se comparada ao seu entorno.

Fialho (2012) observa que, na literatura ainda não está claro “em que momento ou qual diferença de temperatura do ar se pode atestar a existência do fenômeno em questão”. Além disso, ressalta que

hoje existem novas possibilidades de identificar a ilha de calor, tais como: registradores contínuos de temperatura do ar e umidade relativa (data-loggers), balões meteorológicos e imagens de satélites, que permitem novas observações, leituras e correlações combinadas entre a geometria urbana e os parâmetros climáticos. E se indaga sobre as respostas obtidas por cada método, seriam esses métodos capazes de desvendar diferentes tipos de ilha de calor? Neste sentido o mesmo considera o termo núcleo de calor mais apropriado. (adaptado de FIALHO, 2012 p. 62).

Nos estudos relacionados ao campo térmico, a abordagem da geometria urbana refere-se às relações nos vales urbanos entre a altura dos edifícios e a distância entre eles que tem um papel fundamental na formação da ilha de calor, pois durante a noite, os obstáculos

<sup>4</sup> JARDIM, C. H.; FERREIRA, M. A Correlação dos fatos geográficos em climatologia a partir da noção de “sítio” e “situação”. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA., 10. 2005. São Paulo, Anais..., São Paulo: USP, 2005. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Climatologia/06.pdf> Acesso em 2 dez. 2011.

<sup>5</sup> ROSSATO, P. S. **O sistema termodinâmico do clima urbano de Nova Palma, RS: contribuição ao clima urbano de cidades pequenas**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

presentes nas áreas urbanas impedem total ou parcialmente a dispersão da radiação de onda longa, o que faz com que seja menor queda da temperatura (OKE, 2005) e se considerarmos a ilha de calor diurna, essa geometria também a influência na questão do sombreamento. O que demonstra a importância e possibilidades do SVF nos estudos climáticos e conforto térmico urbano. Isto se aplica também para os estudos realizados ao longo de topografia complexa (montanhas) ou uso da terra complexo (cidades) (CHAPMAN *et al.*, 2001 *apud* MINELLA, 2009).

Oke (1981), citando que as causas da ilha de calor estão no calor antropogênico, na poluição do ar, nas superfícies urbanas e suas propriedades térmicas e na geometria urbana, estabelece uma correlação entre a geometria urbana e a máxima intensidade da ilha de calor. Seu trabalho verifica que a geometria urbana é o controle físico básico e um bom indicador para a ilha de calor noturna em dias calmos e sem nuvens.

A principal causa da ilha de calor seria a menor perda de radiação 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. As ilhas de calor contribuem para a concentração de poluentes, podendo causar problemas de saúde e desconforto térmico.

Tendo em vista que a urbanização engendra alterações no ambiente térmico, tornam-se cada vez mais necessários estudos que abordem as relações entre urbanização e a configuração do ambiente climático local.

Dentre as técnicas utilizadas para investigar as relações entre urbanização e a configuração do ambiente climático local, o SVF tem se mostrado eficiente em alguns trabalhos, como veremos a seguir. Diante do exposto, planejadores urbanos, devem estar atentos especialmente às áreas onde existam a especulação imobiliária, e o poder público é pressionado pelo mercado imobiliário a admitir construções de grande porte e adensamento dos mesmos, supressão da vegetação e impermeabilização do solo, fatores influenciáveis no balanço de energia na cidade.

## 1.2. SKY VIEW FACTOR (SVF): PARÂMETRO DE ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO

Neste tópico, abordaremos as visões e usos do Sky View Factor inspiradas pelas discussões anteriores sobre o clima urbano. O debate sobre o Sky View Factor se faz necessário uma vez que nosso tema principal se refere às contribuições deste método como parâmetro de análise do campo térmico da área central urbana do município de Viçosa-MG. Este conceito soma-se aos estudos realizados sobre o clima urbano, pois proporciona o entendimento da dinâmica climática para além de estudos puramente meteorológicos, é possível correlacioná-lo às alterações advindas da urbanização.

Para Oke (1981), o SVF é a medida mais apropriada de análise da geometria e 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. 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 onde o céu se torna elemento essencial no balanço de energia, por apresentar normalmente sua temperatura inferior à da superfície terrestre (SOUZA *et al.*, 2010). Seu valor numérico varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 0 maior a obstrução da abóbada celeste.

Trata-se de um parâmetro multidisciplinar, que teve sua origem na biologia, sendo utilizada em diversas abordagens, como por exemplo, nos trabalhos de Pizarro e Souza (2007)<sup>6</sup> e Souza (2010)<sup>7</sup>. O SVF pode ser obtido por métodos analíticos, fotográficos – uso de programas específicos, conjunto de dados de base em três dimensões acoplados a um Sistema de Informações Geográfica (SIG), métodos que utilizam Sistema de Posicionamento Global (GPS) e imagens com um dispositivo que mostra as diferenças térmicas entre as obstruções e o céu (MINELLA, 2009, 2011).

Souza *et al.* (2010) analisaram parte de um bairro da cidade de Bauru, SP, com o objetivo de avaliar o papel do fator de visão do céu na intensidade de ilhas de calor e gerar

---

<sup>6</sup> As autoras avaliaram a importância e as relações entre as variáveis do conforto luminoso em escolas públicas, com medições de iluminâncias e utilizaram as Redes Neurais Artificiais como ferramenta de modelagem das relações entre as variáveis levantadas e a extensão 3DSkyView, como forma de obter a variável Fator de Visão do Céu (fator de forma).

<sup>7</sup> Analisa as relações entre ilhas de calor, geometria urbana e consumo de energia elétrica em um bairro residencial na cidade de Bauru/SP.

informações que contribuam com o planejamento urbano. Os resultados sugerem a necessidade de calibração do modelo para os parâmetros urbanos locais.

Segundo os autores,

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) (SOUZA *et al*, 2010).

Minella (2009) avaliou a influência de aspectos da geometria urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestre de Curitiba e os resultados de seu trabalho mostram baixa correlação entre o microclima e o SVF. Porém, verificou-se a relação existente entre a configuração urbana, a temperatura radiante média e a radiação solar. Além disso, percebeu-se a relação entre o SVF e os índices de conforto térmico Voto Médio Estimado (PMV) e Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). Para a situação de verão e em pontos com menor obstrução do céu, obteve-se maior desconforto para calor. No entanto, esses mesmos pontos podem apresentar melhor situação de conforto em dias com temperaturas mais baixas.

Cruz (2013), em seu trabalho, abordou a temática que envolve a utilização do SVF, como técnica para estudos de clima no município de Ponta Grossa-PR, de forma particular em áreas urbanas, utilizando imagens hemisféricas e correlação entre os dados em duas estações distintas (verão e inverno). De acordo o autor, o SVF não se mostrou relevante para explicar as variações climáticas, porém foi de grande importância para avaliação dos elementos que influenciam no clima (elementos naturais e construções) que bloqueiam os raios solares interferindo na temperatura e no balanço de radiação.

Com a crescente urbanização das cidades de médio e pequeno porte, instrumentos que auxiliem em seus planejamentos urbanos fazem-se cada vez mais necessários para que as decisões tomadas possam ter um direcionamento que de fato alcance seu objetivo. É neste sentido que o uso do SVF ganha espaço. Este instrumento permite além de estudos do espaço já construído e elementos naturais, a prospecção de modelos. Assim, antes de se instalar determinado equipamento urbano, é possível aferir seus impactos no campo térmico, correlacionando os valores de SVF possíveis, com os dados das variáveis climáticas.

## **CAPITULO 2 – OS CAMINHOS QUE TRAÇAMOS: DESVENDANDO O PAPEL DO SKY VIEW FACTOR NA ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO**

A urbanização brasileira se acentuou na segunda metade do século XX, marcada por um intenso êxodo rural que se instaurou nas cidades com o processo de industrialização tardia e modernização das atividades agrícolas. Essa urbanização engendrou o crescimento das periferias urbanas, um crescimento desordenado das cidades, ocasionando inúmeros problemas socioambientais, como a multiplicação de áreas insalubres, habitações em áreas de risco e alterações nos sistemas naturais, principalmente na atmosfera das cidades, o que levou pesquisadores a observar que à medida que a urbanização se intensificava, o ambiente das cidades se modificava, tornando-se menos sadio (SAYDELLES e SARTORI, 2010).

Mendonça (1994) afirma que os homens ao incorporarem novos materiais e equipamentos ao meio ambiente, na construção das cidades, originam novos ambientes que de acordo com a sua qualidade e quantidade engendrarão alterações no clima da cidade.

Durante muito tempo, as modificações urbanas, apenas das grandes cidades, foram objeto de estudo no que perpassa pelas relações clima-urbanização. Atualmente, observamos o redirecionamento das dinâmicas urbanas brasileiras características das metrópoles também para cidades de médio e pequeno porte, sob a forma de industrialização, engarrafamentos constantes, crescente verticalização dos centros urbanos, impermeabilização do solo, desmatamento, poluição do ar, das águas e especulação imobiliária em busca de um crescimento econômico a qualquer custo. Por vezes, devido à falta ou precariedade de um planejamento, as cidades sofrem profundas mudanças que se refletem na deficiência e/ou ausência de serviços e infraestrutura relacionados principalmente ao saneamento básico e à mobilidade, ampliando problemas ambientais que poderiam ser evitados (SOUZA, 2013).

Neste sentido, para o planejamento das cidades sob uma ótica ambiental, torna-se necessário o conhecimento ordenado das diferentes funções desenvolvidas no espaço urbano, no que tange o espaço natural, a morfologia do sítio e a ação antrópica instalada sobre ele. (SAYDELLES e SARTORI, 2010).

## 2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Viçosa localiza-se na Zona da Mata Mineira, nas proximidades da escarpa da Serra da Mantiqueira. Faz parte do complexo de planaltos litorâneos brasileiros, e segundo Ab´Saber (1970), é uma região sob predomínio de mares de morros.

Segundo Paniago (1990)<sup>8</sup> e Pereira (2005)<sup>9</sup> citados por Rodrigues (2009 p.29):

as primeiras instalações residenciais em Viçosa se deram nos vales formados pelo Ribeirão São Bartolomeu, devido à disponibilidade de água e facilidade de ocupação que favoreceram a produção de gêneros agrícolas, destacando a produção de café, que proporcionou a instalação da linha férrea ligando o município a várias importantes regiões do estado e sua maior influência urbana, veio da instalação da Escola Superior de Agricultura e Veterinária - ESAV em 1926, se firmando como importante instituição de ensino superior do país, que em 1949 passaria a ser Universidade Rural do Estado de Minas Gerais devido a criação de novos cursos e em 1969 passou por outras significativas mudanças, como sua federalização se tornando Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Para Ribeiro Filho (1997, p. 144):

O expressivo contingente populacional que migrou para Viçosa, a partir da década de 70, pressionou a expansão do espaço urbano não só horizontalmente, com a incorporação de novos loteamentos, mas também verticalmente, com a construção de novas edificações. Neste sentido, a área central da cidade foi a primeira a ser verticalizada, por ser a mais bem provida de infraestruturas, equipamentos e serviços urbanos e a mais valorizada. Esta verticalização aconteceu com a perda de alguns casarões [...] e com eles, parte de sua história. Este processo de verticalização se iniciou na Rua Arthur Bernardes e na Travessa Sagrados Corações.

O crescimento populacional no município de Viçosa, desde 1950 à 2010 pode ser observado no gráfico 1. Onde se observa

---

<sup>8</sup> PANIAGO, M. C. T. **Viçosa – Mudanças Socioculturais: Evolução Histórica e Tendências**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1990. 276 p.

<sup>9</sup> PEREIRA, M. F. V. **Contradições de uma “Cidade Científica”**: Processo de Urbanização e Especialização Territorial em Viçosa-MG. **Revista on-line. Caminhos de Geografia**. Disponível em: <[www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html](http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html)>. Acesso em 11 set. 2008.

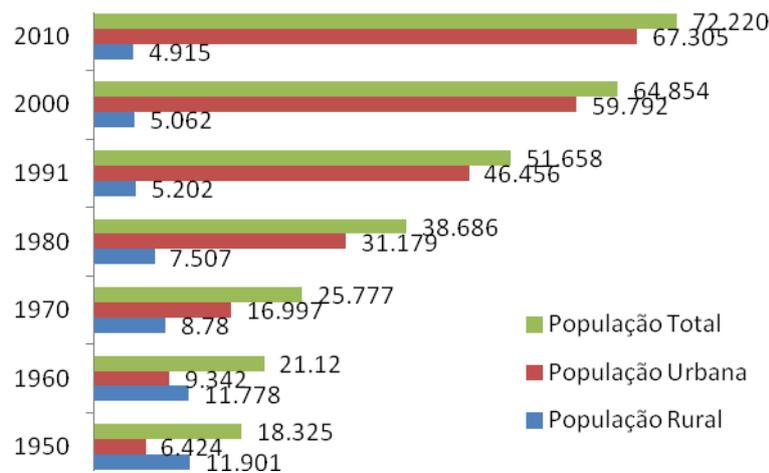


Gráfico 1: Crescimento populacional no município de Viçosa-MG (1950-2010)

Fonte: Censos demográficos do IBGE de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.

Organizado por Gabriela Regina Ferreira, 2015.

O espaço urbano de Viçosa foi ocupado sem qualquer controle do poder público, gerando um adensamento de construções em sua área central. A dinâmica de ocupação que se iniciou nos vales atualmente está avançando para as encostas, devido ao seu relevo acidentado e a ‘falta de espaço’ nas partes mais planas da cidade; estas áreas tornam-se alvos da especulação imobiliária. Partindo-se do princípio de que há uma relação intrínseca entre urbanização e clima urbano, o campo térmico de Viçosa tem sido alterado com o intenso processo de urbanização e expansão da malha urbana nas últimas décadas.

No caso da região de estudo, com relevo acidentado, as análises feitas sob estabilidade refletem melhor a dinâmica climática local. O sistema atmosférico que contém essas características é a Alta Subtropical do Atlântico Sul - ASAS, constituído por uma massa de ar seco, relativamente quente e praticamente desprovido 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). Por ser um sistema de estabilidade climática, propicia que eventos de magnitudes inferiores sobressaiam, ou seja, alterações atmosféricas engendradas pela dinâmica local, como por exemplo, a partir da emissão de poluentes, representando melhor o clima citadino.

Alguns trabalhos buscam demonstrar uma estreita relação entre a expansão urbana e os impactos ambientais locais, inclusive no clima da cidade de Viçosa. De acordo com Santos (2007), a formação de ilhas de calor noturnas no município de Viçosa está relacionada ao processo de urbanização intenso experimentado pela cidade e também pelas atividades

econômicas desenvolvidas durante a semana, uma vez que o autor conclui que o campo térmico se mostrou influenciado pelo ritmo das dinâmicas semanais e sistemas atmosféricos atuantes nos dias do experimento.

Atualmente, a área central da cidade, que compreende o centro comercial, de serviços e informações, ou seja, onde estão concentradas atividades urbanas e um considerável contingente populacional, localiza-se nos vales (FIGURA 2), sendo caracterizado por um núcleo verticalizado, com concentração de prédios, pouca ou nenhuma cobertura vegetal e impermeabilização do solo, além da intensificação do fluxo de veículos no horário de funcionamento da UFV, devido à sua proximidade com a universidade. Todos esses fatores associados provocam uma produção artificial de calor levando a um aumento das medidas térmicas, essas condições podem conduzir à formação de núcleos de calor no local.

De acordo com Fialho (2009, p.26):

O clima da mancha urbana de Viçosa está condicionado, em grande parte, à sua situação topográfica, pois é evidente que, numa situação onde a cidade se encontra abrigada dos ventos, num vale, o clima de dentro e de fora apresentará naturalmente maiores diferenças do que se a cidade estivesse situada num planalto exposto ao vento ou localizada junto ao sopé de serras ou beira-mar, favorecendo determinadas características de seu clima.

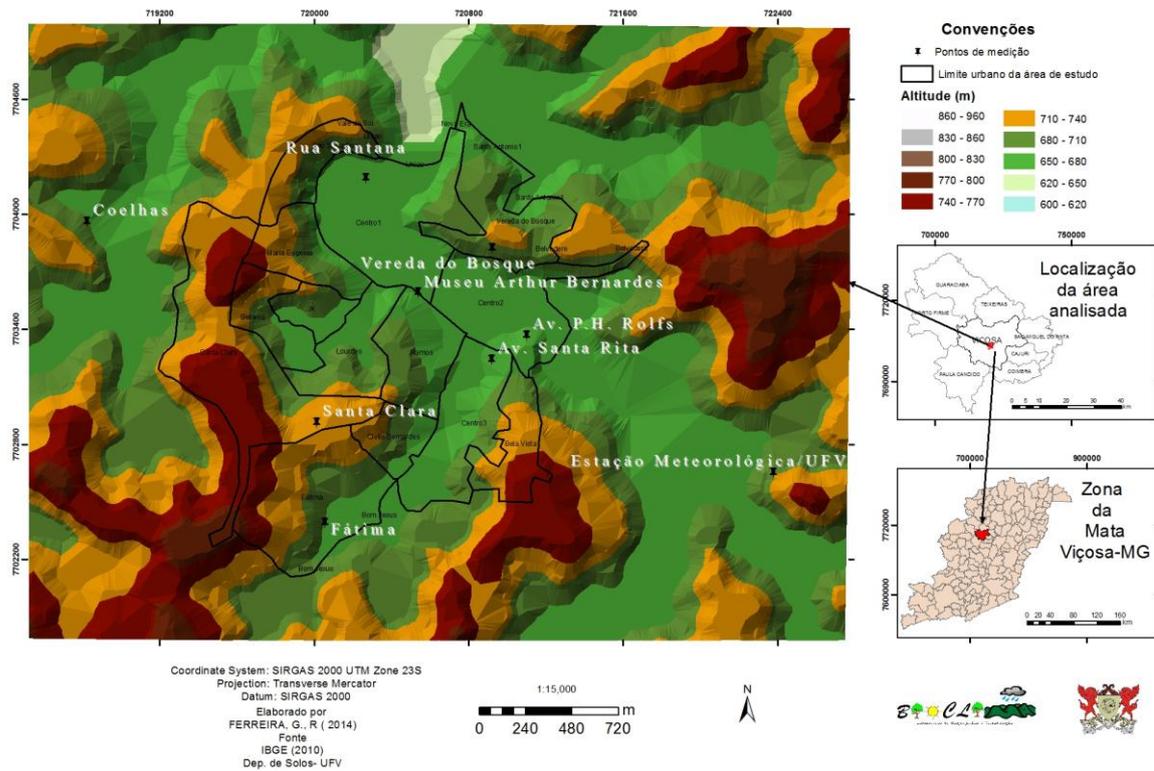


Figura 2: Hipsometria e localização dos pontos da área de estudo  
 Elaborado por Gabriela Regina Ferreira, 2015

Geiger (1961) ressalta que áreas urbanas dos municípios como Viçosa apresentariam uma alteração de seu clima inerente à condição do seu sítio convergente. Porém, com o crescimento de algumas destas manchas urbanas ao longo de vales, seu espraiamento pelas vertentes adjacentes associadas às modificações produzidas na paisagem pela urbanização colocam em dúvida tal colocação.

É importante frisar que qualquer intervenção no meio urbano pressupõe, como recurso indispensável ao planejamento, a investigação climática visto que a qualidade de vida da população está intimamente relacionada à qualidade do ar, e do clima.

## 2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Após expor alguns conceitos que nortearam a pesquisa, a discussão perpassará agora por uma discussão detalhada de cada etapa do trabalho, ciente de que se trata de uma pesquisa científica associado ao cunho empírico-indutivo, ou seja, surge das experiências vivenciadas pela autora durante sua iniciação científica. O método indutivo é realizado em três etapas sendo elas a observação dos fenômenos, com a finalidade de descobrir as causas de sua manifestação; a descoberta da relação entre eles e a tentativa de generalização entre os fenômenos e fatos semelhantes.

O trabalho constitui uma abordagem quantitativa e qualitativa, elaborado através de pesquisa bibliográfica - principalmente teses, dissertações, monografias e artigos, coleta de dados em campo e acompanhamento sinótico, posteriormente os dados foram trabalhados em *softwares* computacionais e interpretados, visando avaliar o quanto o SVF contribui para análise do campo térmico em Viçosa-MG.

### 2.2.1 RECORTE ESPAÇO-TEMPORAL

A Geografia se preocupa com a questão da escala, seja ela espacial e/ou temporal a fim de compreender as complexas relações existentes no espaço. Segundo Oke (2004)<sup>10</sup> citado por Vilela (2007 p. 52),

a coleta de dados, relativos ao clima urbano é extremamente complexa, pois as variáveis climáticas estão sujeitas a alterações a todo instante e sobre elas não existe controle. Considerando a heterogeneidade dos dados, para se obter resultados válidos e representativos são necessários uma série de cuidados especiais.

Os “cuidados especiais” no caso deste trabalho, referentes a delimitação espacial e temporal da pesquisa, seguiu-se basicamente as diretrizes/recomendações principais do Oke, descritas abaixo:

- Nos estudos do clima, a correta definição das escalas espaciais e temporais é essencial, pois o posicionamento e exposição dos equipamentos poderá ser totalmente diferente

---

<sup>10</sup> OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. London and New York: Routledge, 2005. 435 p.

de uma escala para outra; neste sentido o estudo concentrou-se na escala da área central urbana de Viçosa e região periférica adjacente, durante 11 dias no verão 2013/2014, período este em que o sistema atmosférico ASAS se fez presente, sistema este que melhor caracteriza a atmosfera local.

- Para selecionar um ponto apropriado para a instalação de uma estação de medição, é preciso definir a potencialidade desse ponto, ou seja, se o ponto é representativo ou “típico” de uma área e capaz de amostrar as características urbanas circundantes de estrutura (edifícios, ruas), cobertura urbana (pavimentação, vegetação), revestimento urbano (materiais de construção e naturais) e metabolismo urbano (calor, água e poluentes advindos das atividades humanas); no que tange a representatividade do ponto, as estações meteorológicas foram distribuídas em áreas que ilustram características típicas da cidade (fundo de vale aberto, fechado, meia encosta, topo de morro, densamente construída, vegetada e sem vegetação, alto, médio e baixo fluxo de veículos e pessoas).
- A pesquisa pode ser refinada, no caso de tomada de medidas de temperatura e umidade, com sensores carregados a pé, de bicicleta ou de carro, por um transcurso com pontos predefinidos dentro da área de interesse. Esses podem ser escolhidos através de fotos, mapas ou percurso a pé; as mensurações foram realizadas em pontos fixos, escolhidos através de imagens do *Google Earth*.
- Para medições de temperatura e umidade, é preciso evitar que os instrumentos fiquem próximos ou direcionados para fontes de calor e superfícies refletivas. É essencial propiciar a ventilação dos sensores, principalmente quando estes estiverem dentro de compartimentos fechados; os sensores foram acoplados à uma estrutura feita de PVC<sup>11</sup>, com pequenos orifícios que propiciam a circulação do ar.
- A recomendação com relação à altura para tomada de medidas, tanto por estações fixas quanto móveis, é que esteja entre 1,25 e 2,0 m acima do piso; seguiu-se o padrão das estações meteorológicas do INMET com distância de 1,50m da superfície do solo.
- A melhor hora para se fazer as medições é pouco depois do por do sol ou pouco antes do nascer do sol, sempre em dias de calmaria e sem nuvens. Os dados mensurados equivalem a 24h ininterruptas diárias, os equipamentos foram programados para registrar os dados de hora em hora. Para este estudo, analisaram-se dados referentes ao

---

<sup>11</sup> Tubo utilizado na construção civil. Em inglês “*Polyvinyl chloride*” e significa Policloreto de Polivinila (ou policloreto de vinil).

período em que predominou a Alta Subtropical do Atlântico Sul, por ser característico de período calmo e sem nuvens.

O autor ressalta que o mais importante é fazer uma coleta de dados que não deixe dúvidas com relação à sua origem e transmissão, para validar as conclusões da análise proposta. Para tal buscamos seguir os passos supracitados, visto que advém de um autor pioneiro no estudo do clima urbano.

A escolha dos pontos de medições (FIGURAS 3 a 11) seguiu critérios como:

- Segurança dos equipamentos, para evitar furtos e interferências nos registros. Por isso, privilegiou-se propriedades privadas.
- Acesso ao local, que pudesse ser possível chegar carregando ferramentas e materiais como computador, cavadeira, soquete, alicate, rolo de arame, mourão de eucalipto tratado, GPS.
- Locais que abrangessem a área central e periférica adjacente da mancha urbana central para avaliar as interferências das edificações e dinâmicas da cidade nos registros.
- Locais representativos aos diferentes espaços físicos sobre o qual a cidade de Viçosa está inserida, caracterizando seu sítio ao longo da área de estudo.

No empenho de compreender as dinâmicas urbanas, configuração do sítio e sua relação com as variáveis climáticas, seguem as descrições de cada ponto onde os abrigos foram instalados.



Figura 3: Bairro Vereda do Bosque  
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Quintal declivoso com presença de vegetação arbustiva ao entorno em um bairro residencial, pouco fluxo de veículos e pessoas. O abrigo foi instalado à meia encosta.

ALTITUDE: 699 m



Figura 4: Rua Santana (Centro)  
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Quintal, em área residencial, próximo a um ribeirão e vegetação arbustiva. Fundo de vale com baixo fluxo de pessoas, sem fluxo de veículos.

ALTITUDE: 651m



Figura 5: Bairro Coelhas  
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Área na transição urbana rural, com predominância de pastagem. Vale aberto baixo fluxo de pessoas e veículos.

ALTITUDE: 679 m



Figura 6: Avenida Bueno Brandão (Museu Arthur Bernardes-Centro)  
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Área Central, comercial. Com presença maciça de prédios e fluxo intenso de veículos e pessoas de segunda a sábado. Apresenta algumas árvores ao redor do ponto.

ALTITUDE: 655m



Descrição da área: Área Central, comercial.  
 Presença de prédios ao entorno e fluxo intenso  
 de veículos e pessoas de segunda a sábado.

Pouca área vegetada. Vale fechado.

ALTITUDE: 664m

Figura 7: Av. P.H. Rolfs (Centro)  
 Fonte: Arquivo pessoal da autora



Descrição da área: Área Central residencial e  
 comercial. Prédios próximos e fluxo intenso de  
 veículos na avenida, porém o ponto foi  
 instalado próximo ao córrego, com vegetação  
 ao entorno e baixo fluxo de pessoas e veículos.

Vale aberto.

ALTITUDE: 661m

Figura 8: Av. Santa Rita (Centro)  
 Fonte: Arquivo pessoal da autora



Figura 9: Bairro Santa Clara  
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Quintal em bairro residencial, lote vago ao lado, baixo fluxo de veículos e pessoas. Topo de morro.

ALTITUDE: 736m



Figura 10: Bairro de Fátima  
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Igreja em bairro residencial, com pouco comércio, fluxo médio de veículos e pessoas, pouca vegetação em vale aberto.

ALTITUDE: 678 m



Figura 11: Estação Meteorológica (UFV)

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Descrição da área: Meia encosta, árvores ao entorno, baixo fluxo de pessoas e veículos. No sopé da encosta encontra-se a fábrica de laticínios Viçosa, que funciona através de caldeira e lança fumaça na atmosfera.

ALTITUDE: 712 m

Os abrigos meteorológicos instalados foram confeccionados por integrantes do Laboratório de Climatologia e Biogeografia- BIOCLIMA da UFV, a partir do modelo fornecido pelo professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Carlos Henrique Jardim<sup>12</sup>, no projeto “A importância do sítio no caráter climático nas cidades localizadas na Zona da Mata Mineira” desenvolvido pelo estudante Rafael Alves.

Para instalação adotou-se, segundo padrão das estações meteorológicas, a distância de 1,50m entre a superfície do terreno e a base do abrigo.

<sup>12</sup> Os detalhes da construção dos mini-abrigos, envolveram os seguintes aspectos: fundo aberto para entrada de ar, laterais vazadas (orifícios circulares com diâmetro de ½ polegada), teto com caimento para os lados em forma de duas águas com abas mais largas que as paredes laterais, para permitir o escoamento do ar pelo vão. A parte interna foi revestida com uma lâmina de 1,0 cm de isopor vazado (inclusive no teto), distante 1,0 cm das paredes laterais, também vazadas. A disposição das paredes de isopor dentro do abrigo se deu de maneira a não coincidir com os furos das paredes de madeira pois, sendo elas também vazadas, a entrada dos raios solares poderia interferir na leitura do aparelho. Todo esse arranjo na forma do abrigo teve por finalidade permitir a formação de um fluxo de ar contínuo interno, evitando a estagnação do ar e, conseqüentemente, alteração dos valores de temperatura e de umidade registrado pelos sensores. Desse modo, o ar contido na parte interna do abrigo aquece-se, torna-se mais leve, ascende e sai pelas aberturas laterais entre o telhado e o teto, cedendo lugar para um novo volume de ar que entra por baixo, de maneira a renovar todo o volume interno continuamente (adaptado de Jardim, 2007).

Foram realizadas seis expedições a campo, sendo a primeira no dia 04/10/13 para escolha dos pontos, obtenção das coordenadas e altitude. A preferência foi para áreas onde o solo pudesse ser perfurado a fim de facilitar a instalação do mourão, áreas que pudessem ter contrastes entre a geometria urbana e dinâmicas sociais. Apenas o abrigo instalado na Rua Santana (Centro) foi colocado diretamente sob superfície cimentada, a exceção ocorreu devido ao difícil acesso e sombreamento direto na área onde o solo pudesse ser perfurado no ponto disponível para a coleta de dados.

Antes de serem instalados em campo, cada datalogger HOBO passou por um processo de aferição de modo a verificar suas respectivas condições de funcionamento, tanto em ambiente aberto quanto fechado, no período de 01/10/2013 a 04/10/2013 em ambiente fechado e 10/10/2013 a 14/10/13 em ambiente aberto. Essa aferição possibilitou a detecção dos desvios horários dos registros que cada equipamento possui, desvios esses que foram utilizados para correção dos dados coletados em campo, a fim de torná-los mais fidedignos. Segundo Monteiro (1990), “as medidas do experimento devem ser referenciadas à observação meteorológica padrão da cidade”.

Foram elaboradas duas tabelas, uma para os valores dos desvios horários da temperatura do ar (°C) e outra para os desvios horários da umidade relativa do ar (UR%) e em seguida estes foram corrigidos para o horário de verão<sup>13</sup>.

Os abrigos ficaram 28 dias em campo. Foram obtidas as cartas sinóticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, sendo este o Centro de Hidrografia da Marinha, disponíveis em <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>, durante o período mencionado, para acompanhamento dos sistemas atmosféricos predominantes (ANEXO 1).

Neste período os sistemas atmosféricos predominantes foram a 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 (Tabela 1).

---

<sup>13</sup> O horário de verão teve início no dia 20 de outubro de 2013 e consiste na adição de 1 hora no relógio. Exemplo às 0 horas do dia 20/10/2013 torna-se 1 hora, ao final deste período de verão retira-se esta uma hora sendo assim quando for 0 horas volta-se o relógio para 23h. Esta alteração ocorre nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil.

Tabela 1: Sistemas atmosféricos predominantes

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			■	■			
1/1/2014			■	■			
2/1/2014			■	■			
3/1/2014		■	■				
4/1/2014							■
5/1/2014							■
6/1/2014				■			
7/1/2014				■			
8/1/2014				■			
9/1/2014			■	■			
<b>TOTAL</b> <b>(DIAS)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>10</b>		<b>2</b>

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

Sabe-se que análises feitas sob estabilidade refletem melhor a dinâmica climática local, diante disto a escolha de se utilizar o período onde predominou a ASAS, compreendido entre os dias 14, 15, 26, 27, 28, 29 e 30 de dezembro/2013 e 1, 6, 7, 8 de janeiro/2014.

A coleta dos dados foi feita diretamente via USB do Hobo para o *software* HOBOWare e os dados corrigidos de acordo com a planilha de aferição dos hobos no *Office* Excel, mencionada anteriormente. Com os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram feitas médias horárias dos pontos e por turno (manhã, tarde, noite e madrugada).

Devido ao elevado número de dados, para uma análise preliminar, optou-se por trabalhar com as médias, mesmo sabendo que estas apresentam uma generalização dos dados, podendo não corresponder com a situação real dos pontos.

### 2.2.2 OBTENÇÃO DAS FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS E CÁLCULO DO SKY VIEW FACTOR

Para obtenção das fotografias hemisféricas e cálculo do Sky View Factor, o estudo baseou-se na técnica utilizada por Flávia Minella em sua dissertação<sup>14</sup> em 2009.

Utilizou-se para obtenção do SFV, apesar do processo lento, o método fotográfico assim como (CHAPMAN; THORNES; BRADLEY, 2001; MOIN; TSUTSUMI, 2004; CORREA et al., 2005 *in* MINELLA, 2009, 2011).

As imagens foram obtidas com a câmera digital Nikon Coolpix 5700 com extensor Nikon UR-E12 e objetiva olho de peixe Nikon FC-E19. Em relação à altura de obtenção das fotos, optamos por mantê-la à mesma altura dos sensores de temperatura e umidade consideradas nas medições microclimáticas (1,50 m em relação ao nível do solo), diferente de Minella que obteve as imagens a 1,10m em relação ao nível do solo, altura na qual estavam também seus aparelhos de aferição das variáveis climáticas.

A câmera com a lente olho de peixe foi acoplada à um tripé com o topo da câmera voltado para norte e a lente para a abóboda celeste (Figura12). 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.

---

<sup>14</sup> Ver: Avaliação de aspectos da geometria urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba, 2009.



Figura 12: Posicionamento da câmera com a lente olho de peixe acoplada e nivelamento da mesma.  
Fotos: Equipe BIOCLIMA, 2013.

Assim como Minella (2009), utilizamos o *software Rayman* para o cálculo do SVF em cada um dos pontos. O programa foi desenvolvido por Andreas Matzarakis<sup>15</sup>, permite também a obtenção do Trm, além dos índices de conforto térmico PMV e PET. Por considerar complexas estruturas urbanas, torna-se de grande importância para estudos climatológicos e planejamento urbano (MINELLA, 2009).

É possível obter além dos índices supracitados o caminho aparente do Sol, o que permite determinar aproximadamente, em função da área disponível de céu, o número de horas de insolação (MATZARAKIS, 2002 *apud* CRUZ, 2013). É uma ferramenta de domínio público, disponível em (<http://www.mif.uni-freiburg.de/RayMan>).

No cálculo do fator de visão do céu feito com o auxílio do *software RayMan*, as fotos tiradas com a lente olho de peixe são inseridas, com a atribuição de uma data e hora e localização geográfica. A imagem obtida com a lente olho de peixe foi salva em bitmap, formato necessário para se importar no *Rayman* (MINELLA, 2009, 2011).

Para calcular o SVF é necessário remover o céu da imagem e editá-la para que se encaixe no *grid* polar visualizado no *Rayman*, para tal utilizamos o *software* de edição *Photoshop* online (Figura 13).

<sup>15</sup> Maiores informações sobre o autor e aplicações do *software RayMan* podem ser obtidas em: <http://www.urbanclimate.net/matzarakis/index.htm>. Acesso 29/05/2015.

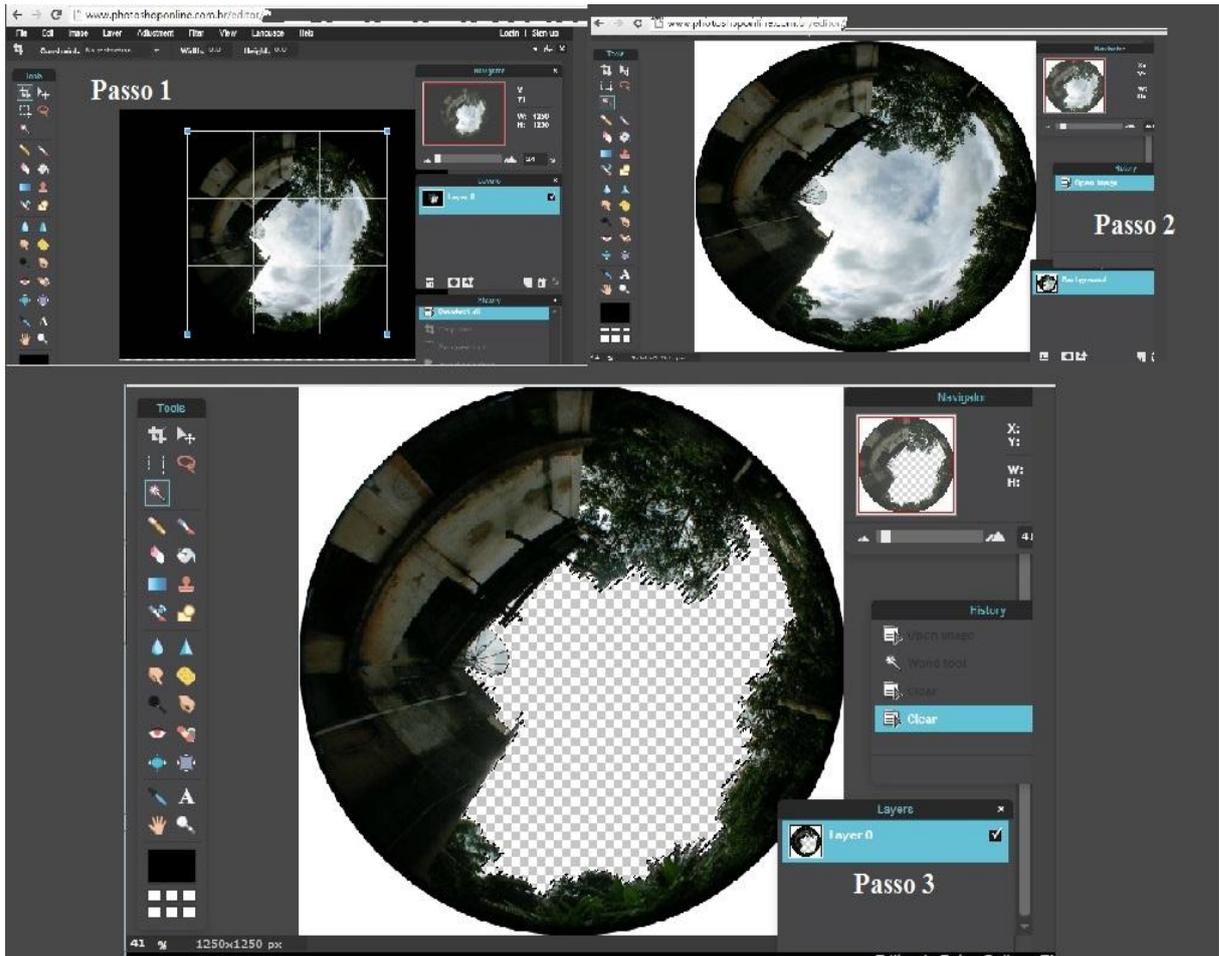


Figura 13: Edição das imagens no *Photoshop Online*.  
Fonte: Autoria própria

Em seguida a imagem é importada para o *Rayman*, seguindo os passos a seguir, tendo como resultado o exposto na figura 14.

No programa *Rayman* na barra de ferramentas Input foi selecionada a função *Sky View Factor*. Com a ferramenta *Open Horizon Limitation* importou-se a imagem. Na área de trabalho, na janela *Ddraw*, foi selecionada a ferramenta *Monochrome*, que deixa as áreas de obstrução na cor preta. Desta forma, por meio de contraste branco e preto, é possível o cálculo do SVF. Assim na janela *Cut off*, que lida com as propriedades das cores no sistema RGB, foram arrastadas as três barras até o limite máximo, de modo a aparecer a cor branca no RGB selecionado. Depois de um clique em *Cut off* e em *Close*, é possível a visualização do SVF. A etapa do processo de recorte do céu no programa de edição elimina etapas no *Rayman* e facilita o processo (MINELLA, 2009 p. 83).

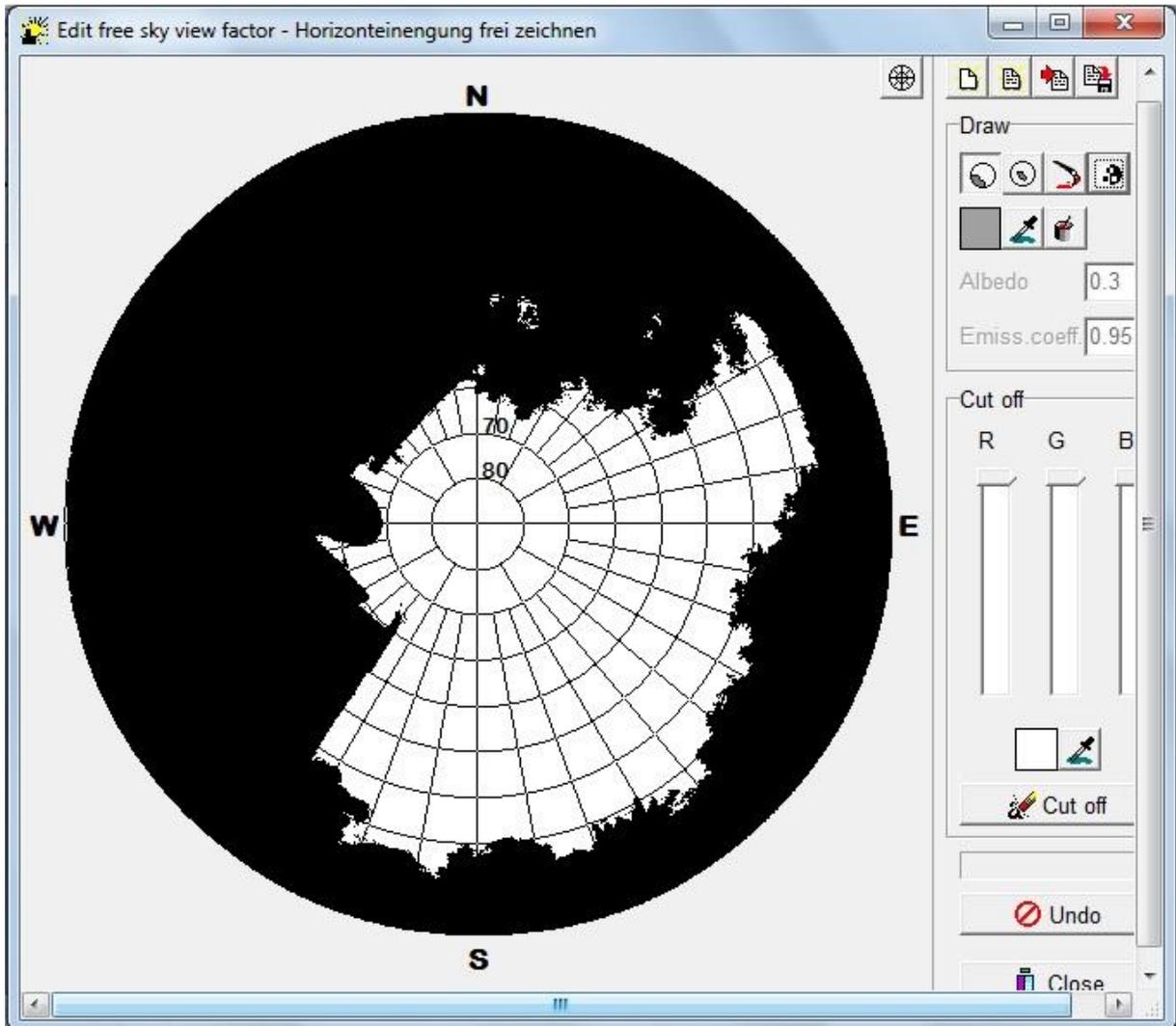


Figura 14: Edição das imagens no Rayman.

A finalização do processo é feita clicando-se em *New* na janela *Calculation* onde abrirá outra janela com o resultado.

Como já mencionado, estudos mostram que o balanço de radiação em um cânion urbano depende do SVF. O valor do SVF varia de 0 (zero) a 1, sendo o valor 1 correspondente a uma área sem qualquer obstáculo que se interponha entre o ponto escolhido e o céu.

De acordo com Monteiro (1990a),

Esta técnica fotográfica oferece duas grandes vantagens. A primeira é a homogeneização das dimensões da área de observação obtida rigorosamente pela mesma lente acima dos pontos. A segunda é que o que aparece dentro do círculo, significando um sinal de “obstrução” pode ser considerado como algo passível de ser quantificado (Monteiro, 1990a).

Para o mesmo,

a ideia de obstrução não faria desaparecer completamente os raios solares, apenas interpõe e atrapalha a chegada do feixe de raios solares, sendo de graus diferentes de acordo com o objeto que obstrua a abóboda, podendo ser um edifício ou uma copa de árvore, rarefeita ou fechada (MONTEIRO *op cit*).

O simples fato de haver obstrução da abóboda celeste não significa que este ponto será mais aquecido, é importante observar, a trajetória do sol, o tipo da obstrução, o uso do solo e como estes interferem no campo térmico.

### 2.2.3 CORRELAÇÃO DOS DADOS

As análises dos dados foram realizadas no *Microsoft Office Excel*. Foram elaboradas correlações lineares e coeficientes de determinação dos dados de temperatura média e umidade relativa média do ar com os dados do SVF, sendo horárias e por turno, a fim de identificar se o período sofre influência da obstrução do céu.

“O coeficiente de correlação ‘r’ é uma medida da intensidade da relação entre ou dentre as variáveis” (BERTOLO, 2010, p. 5). Existe uma correlação entre duas variáveis quando uma delas esta, de alguma forma, relacionada com a outra .

O valor do SVF foi plotado na ”matriz 1”, considerado variável independente, sendo assim uma possível causa de um problema. Já os valores referentes às variáveis climáticas foram plotados na “matriz 2”, sendo a variável que pode mudar de acordo com a mudança da variável em ‘x’(variável dependente). As variáveis climáticas são consideradas indicadores de qualidade ou efeito gerado por uma causa, neste caso o SVF.

Bertolo (2010) elucida que o coeficiente de determinação ‘R2’ “é a porcentagem da variação da variável dependente (variação dos Yi's ou a soma dos quadrados total, SST) explicada pela variável independente(s)”. Neste caso SVF foi plotado na ”matriz 2” e às variáveis climáticas foram plotados na “matriz 1”.

## CAPÍTULO 3 – ATÉ QUE PONTO O SVF RESPONDE AOS NOSSOS ANSEIOS?

### 3.1 REFLEXÕES SOBRE OS RESULTADOS

#### 3.1.1 FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS E TRAJETÓRIA APARENTE DO SOL

A fim de complementar a análise do campo térmico de Viçosa, foi realizada uma análise no *software Rayman* da trajetória aparente do sol, que possibilita a observação do tempo de exposição solar ao qual cada ponto está submetido.

Os valores relativos ao tempo de exposição solar correspondem a um tempo médio, lembrando que as análises foram realizadas em estação de verão, estes valores podem sofrer alteração em outras estações.

Segundo Saydelles e Sartori (2010, sem página)

Em relação a movimentação diária do Sol, de leste para oeste, a insolação acentua-se à medida que o dia avança, proporcionando o gradativo aquecimento do ar. Assim, as vertentes orientadas para o quadrante leste recebem a insolação pela parte da manhã e caracterizam-se por apresentar as temperaturas em elevação; as vertentes orientadas para o quadrante norte recebem intensa insolação ao meio dia, horário em que as temperaturas já são mais altas; e as vertentes voltadas para o quadrante oeste recebem a insolação mais intensa pela parte da tarde, cujas temperaturas são mais elevadas e responsáveis pela sensação de desconforto térmico, principalmente nos dias de verão.

Corroborando das ideias dos autores, a abordagem se dará a partir da orientação das obstruções e seu tipo.

No ponto Vereda do Bosque o fator de visão do céu é de 0,544, com uma área obstruída de 46,6% sendo que a obstrução ocorre próxima ao horizonte, em todos os quadrantes, porém no quadrante NW e SW é que está a maior obstrução representada pelo relevo. Apesar da obstrução supracitada, o quadrante N e NE são um pouco menos obstruídos, o que confere ao ponto maiores  $T_m^{\circ}C$  durante a manhã e tarde. O tempo de exposição à radiação solar é em torno de 9h00 diárias (FIGURA 15).

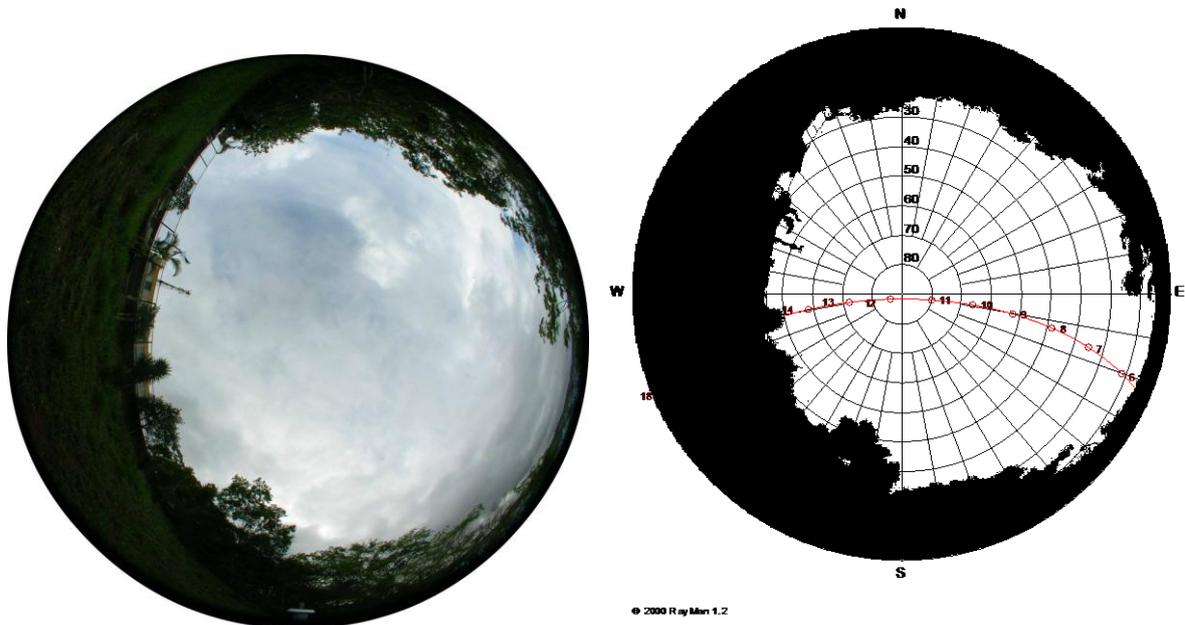


Figura 15: Imagens hemisféricas do ponto localizado no bairro Vereda do Bosque.

No ponto da rua Santana o fator de visão do céu é 0,353, a porcentagem de obstrução é de 64,7%. Os obstáculos estão em todos os quadrantes, sendo que o maior está nos quadrantes, NW e SW, definido por uma construção, o qual impõe as temperaturas mais baixas pela tarde, principalmente no verão. O tempo de exposição solar é de 7h00. Os obstáculos no quadrante NE e SE são árvores, podendo vir a interferir nas temperaturas do fim de tarde no inverno (Figura 16).

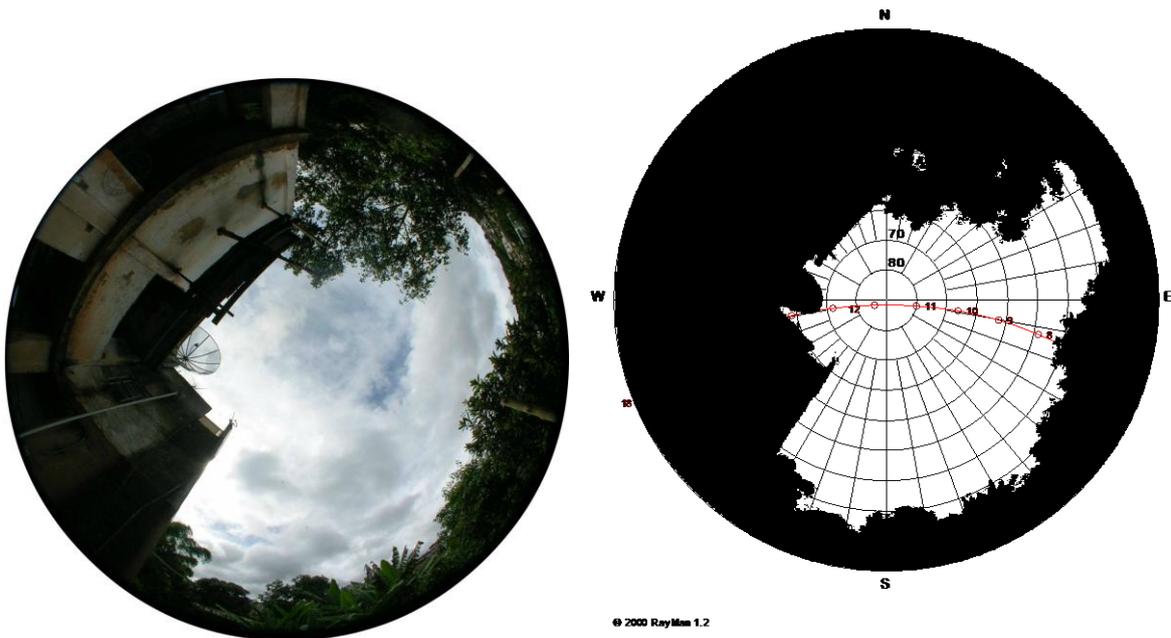


Figura 16: Imagens hemisféricas do ponto localizado na rua Santana.

No Coelhas, a obstrução ocorre em todos os quadrantes, próxima a linha do horizonte, devido ao relevo. É um dos pontos que apresenta maior fator de visão do céu 0,795 e área obstruída de 20,5%. É o ponto com maior tempo de exposição solar perfazendo 12h. Devido a menor obstrução este ponto tende a se resfriar mais rapidamente, na troca de calor superfície – atmosfera. (FIGURA 17).

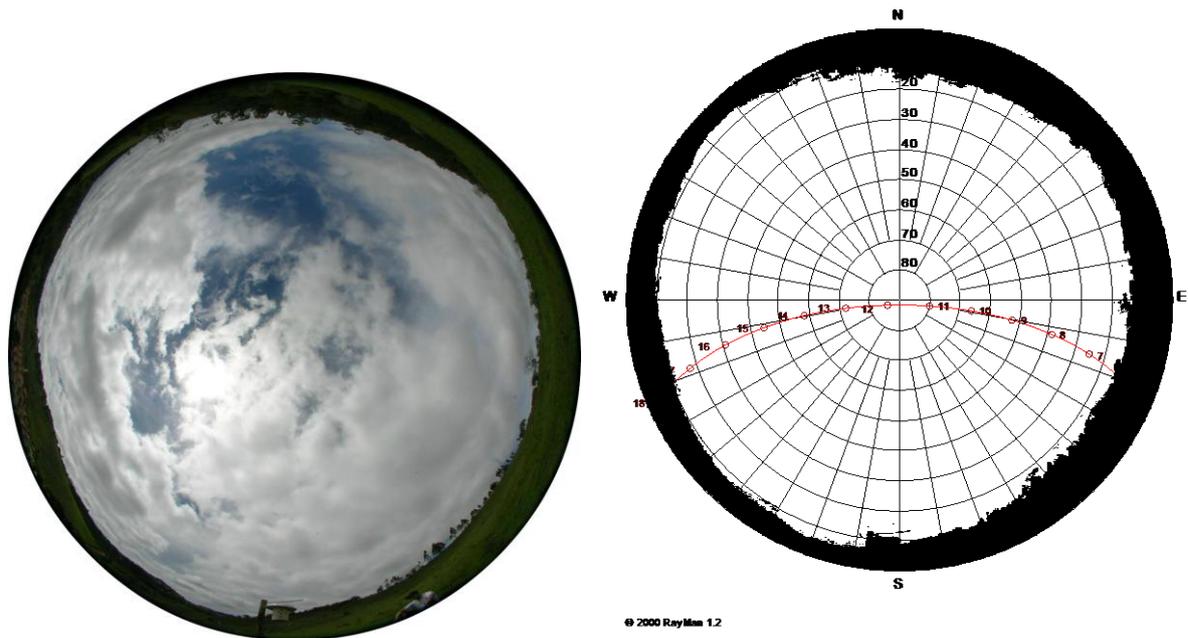


Figura 17: Imagens hemisféricas do ponto localizado no Coelho.

O ponto da Av. Bueno Brandão tem fator de visão do céu de 0,454 e área obstruída de 55,6%, consequência da vegetação e das construções ao entorno. Está durante 9h exposto à radiação solar, sendo a maior parte no período matutino. A área obstruída está na altura do horizonte, principalmente no caso dos prédios, nos quadrantes NE e SE, e vegetação nos quadrantes NW e SW. As obstruções oriundas da presença da vegetação conferem sombreamento ao ponto a partir das 15h, uma explicação para este ponto apresentar temperaturas elevadas está no calor antropogênico gerado pelo alto fluxo de veículos na área (FIGURA 18).

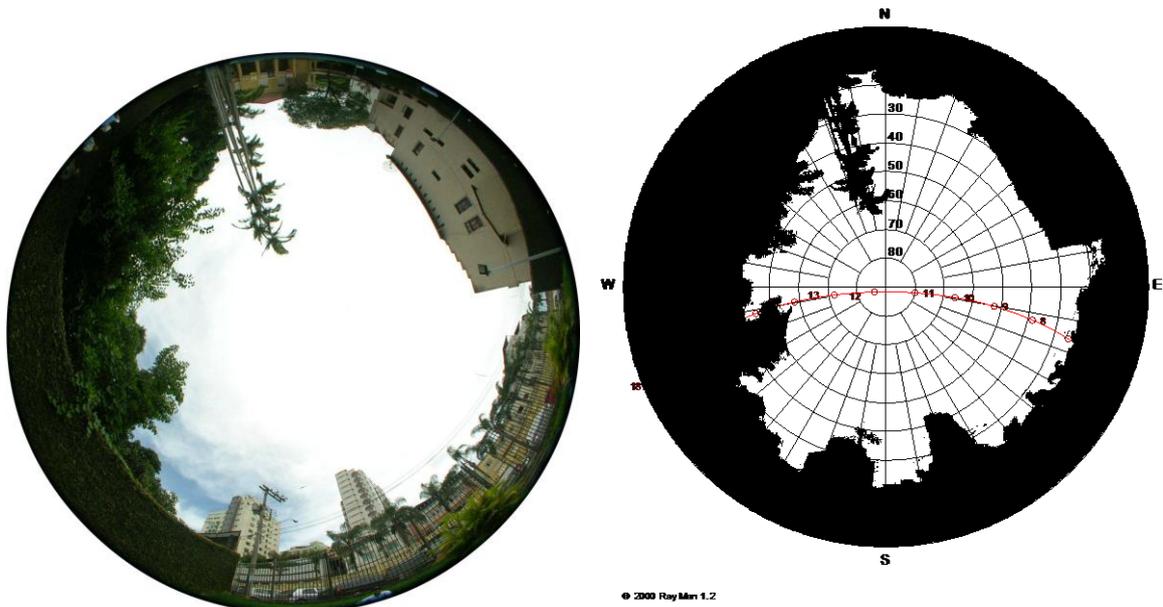


Figura 18: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Av. Bueno Brandão.

O ponto da P. H. Rolfs é o de menor fator de visão do céu, com 0,291 e área obstruída de 70,9%, em função de localizar-se em um “*Canyon Urbano*”, representado pelas diversas construções existentes em ambos os lados da Av. P. H. Rolfs, no centro comercial da cidade. O tempo de exposição solar é de apenas 6 horas. A principal consequência do baixo fator de visão do céu pode ser observada na menor liberação da radiação infravermelha, uma das causas dos núcleos de calor (FIGURA 19).

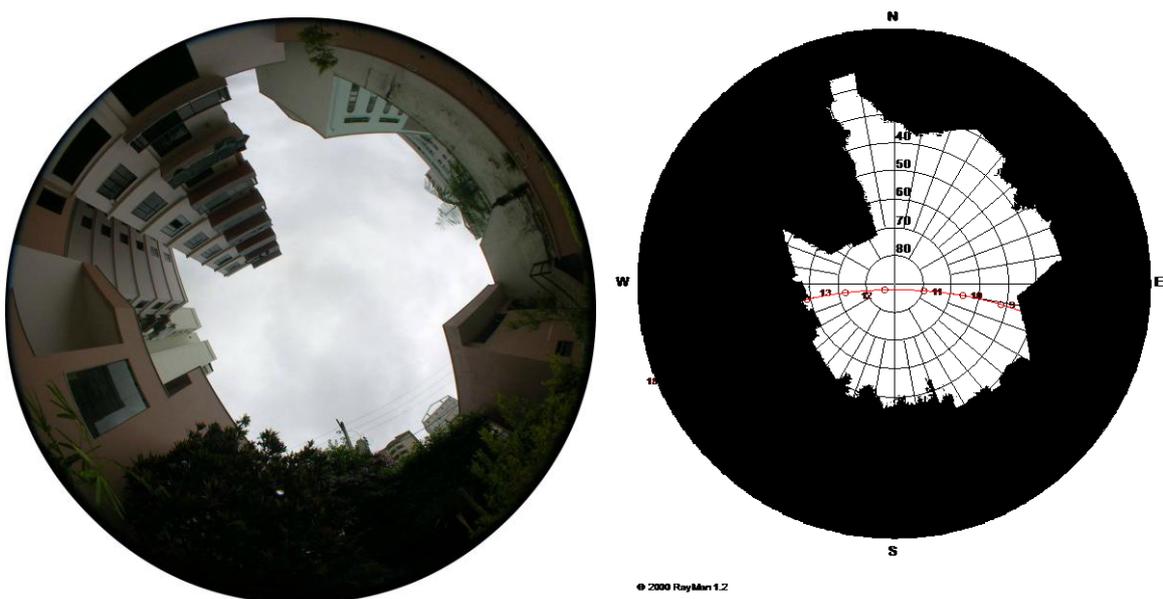


Figura 19: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Av. P. H. Rolfs.

No ponto da Av. Santa Rita, o fator de visão do céu é 0,378, com porcentagem de obstrução de 62,2%. Os obstáculos estão em todos os quadrantes, sendo que o maior está no quadrante N, com um grande edifício, o qual impõe as temperaturas mais baixas ao ponto, juntamente aos elementos naturais vegetação e proximidade do curso d'água. Os obstáculos no quadrante NW são árvores, que interferem nas temperaturas do fim de tarde no inverno. Apesar do baixo SVF, o ponto permanece 10h exposto à radiação solar, haja vista a localização dos obstáculos, que não coincidem com a trajetória aparente do sol. (FIGURA 20).

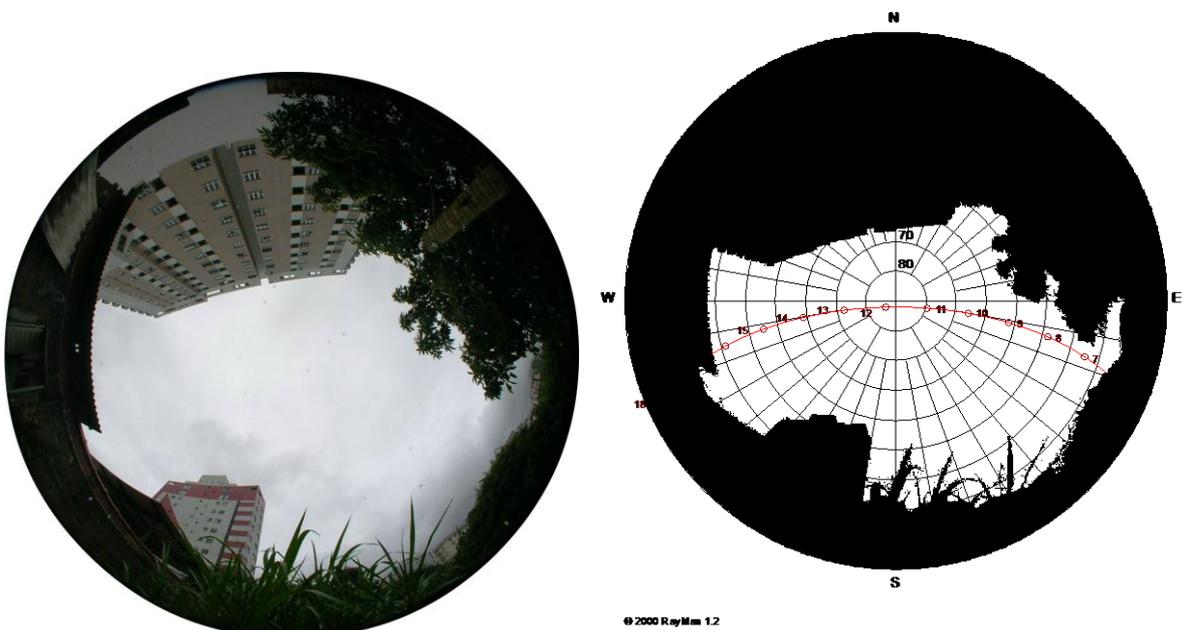


Figura 20: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Av. Santa Rita.

No ponto do bairro Santa Clara os quadrantes com maiores obstruções são NE e SE. Nos demais, existe pouca obstrução, composta pelas construções e relevo próximo do horizonte. O fator de visão do céu é de 0,651, área obstruída 34,9% e tempo de exposição solar de 10h (FIGURA 21).

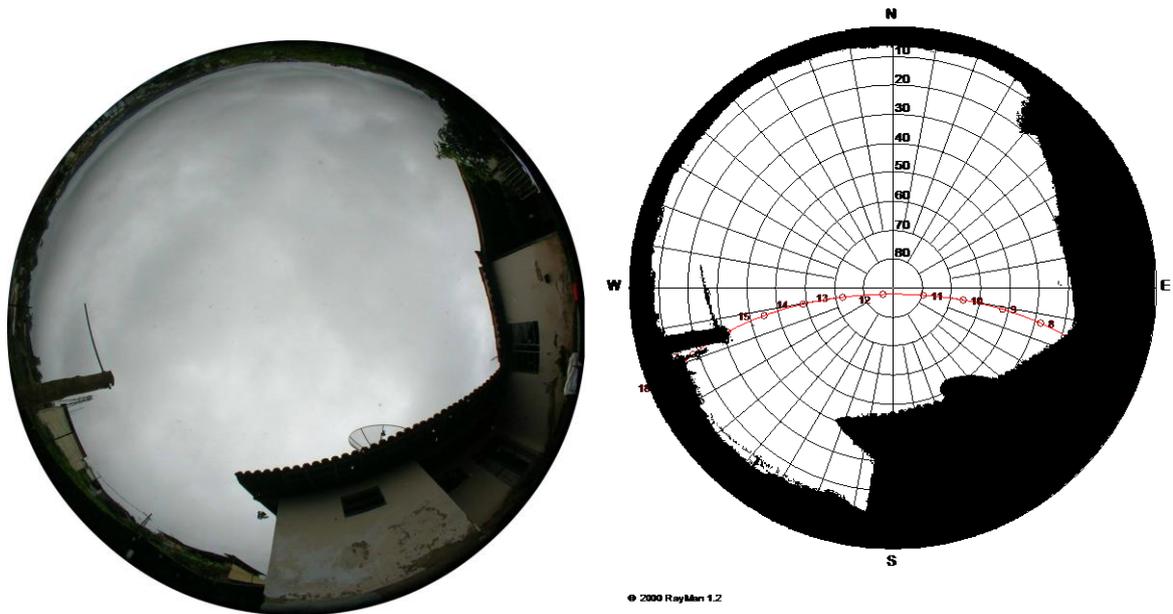


Figura 21: Imagens hemisféricas do ponto localizado no bairro Santa Clara.

O ponto do bairro de Fátima tem fator de visão do céu de 0,529 e área obstruída de 47,1%, consequência do relevo, da vegetação e da construção (salão paroquial). A área obstruída está na altura do horizonte, principalmente nos quadrantes NE e SE, seu tempo de exposição solar é de 9h (FIGURA 22).

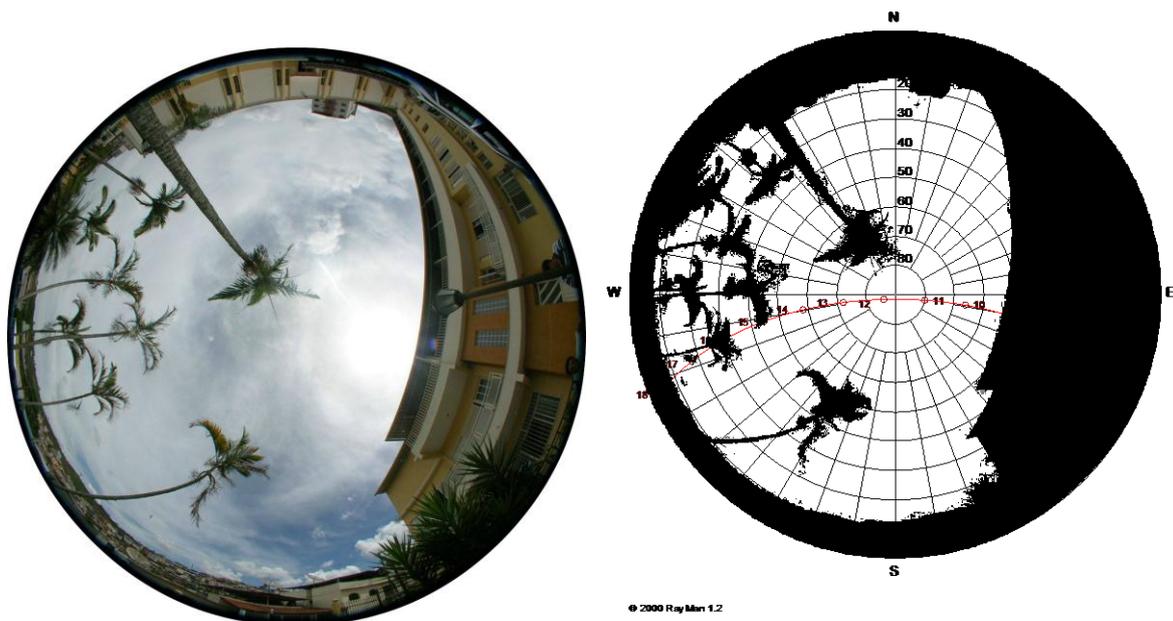


Figura 22: Imagens hemisféricas do ponto localizado no bairro de Fátima.

Na Estação Meteorológica-UFV, a obstrução do céu ocorre em todos os quadrantes, caracterizada principalmente pelo relevo. O fator de visão do céu calculado é de 0,731, com de área obstruída 23,9% e 10h exposta à radiação solar, a configuração de seu campo térmico assemelha-se ao ponto do Coelhas (FIGURA 23).

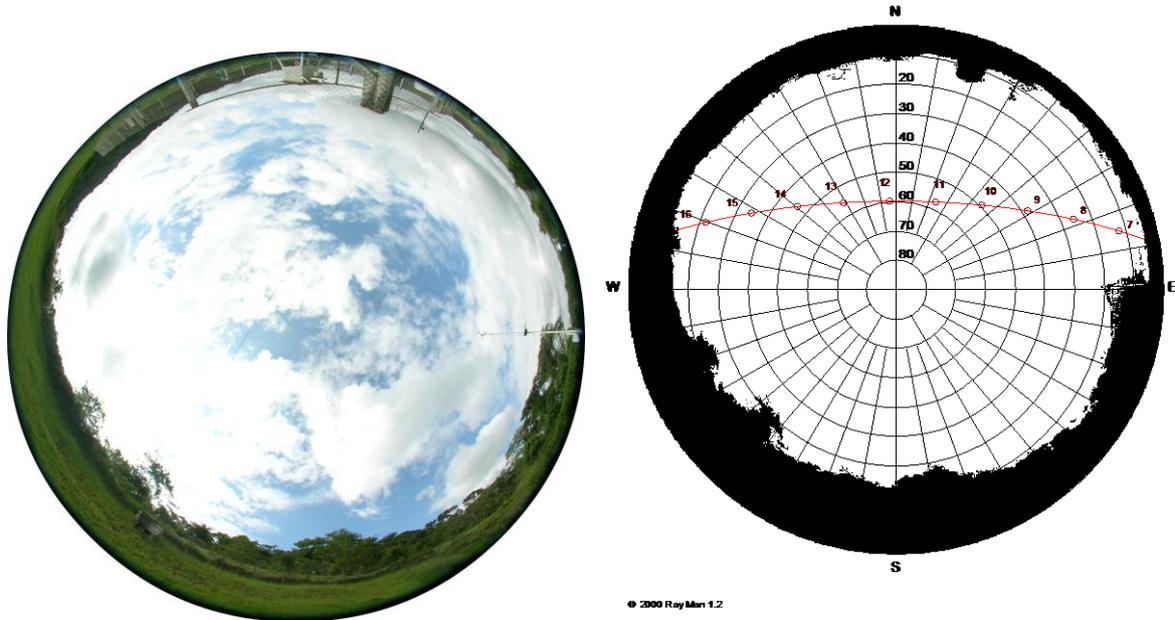


Figura 23: Imagens hemisféricas do ponto localizado na Estação Meteorológica-UFV.

Esperava-se que os pontos com maior obstrução do céu apresentassem menor tempo de exposição à radiação solar, mas não se observou um padrão nos dados. Por exemplo os pontos da Av. P. H Rolfs se assemelhou ao ponto da Av. Santa Rita quanto ao nível de obstrução (alto) enquanto que foi menor com relação ao tempo de exposição solar. Tal achado pode ser explicado pelo adensamento urbano, sendo que o primeiro apresenta maior adensamento e retoma o exposto por Monteiro (2009b), onde o mesmo afirma que a obstrução da abóboda celeste “atrapalha” a chegada dos feixes solares em graus diferentes, de acordo com os objetos presentes na imagem.

### 3.1.2 CORRELAÇÕES ENTRE MÉDIAS DA $T_m^{\circ}\text{C}$ E $UR_m\%$ E SVF

De acordo com Monteiro (2009a, p.62),

Em termos práticos um experimento inicial deve conter, no mínimo dois eventos em estações opostas – verão e inverno- obtidas ambas as mensurações em condições de tempo meteorológico equivalentes, em situação relativamente neutras tais como aquele estado de transição [...] A duração do experimento deve ser mínima de 24 horas. Em termos ideais com leituras horárias, ou pelo menos de duas em duas horas ao longo do período de 24 horas. Em se tratando de sondagem de temperatura e considerando a importância que o ambiente edificado exerce nas trocas térmicas, seria aconselhável que – para melhor exibir o resfriamento noturno- as medidas se iniciassem às 12horas de um dia atingindo até as 12 horas do dia seguinte.

Durante o desenvolvimento da iniciação científica, o ponto localizado no bairro Santa Clara teve que ser realocado e não foi possível, por motivo de conflito no uso da câmera, a obtenção da fotografia hemisférica do novo ponto, por este motivo o presente trabalho apresenta somente os dados referentes ao verão, onde todos os pontos possuíam fotografias, indispensáveis ao estudo para obtenção do SVF.

Obtivemos dados de 1 em 1 hora durante 28 dias de mensuração em campo e as análises foram realizadas correlacionando as médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar horárias (TABELA 2) e por turno (TABELA 4) do total do 9 pontos com os valores do SVF. “A correlação não implica que um causa o outro. Podemos dizer que duas variáveis X e Y estão correlacionadas, mas não que X causa Y ou que Y causa X, na média – eles simplesmente estão relacionados ou associados um com o outro” (BERTOLO, 2010, p. 5).

Tabela 2: Correlações horárias entre as variáveis climáticas e o SVF

CORRELAÇÃO (r) HORÁRIA (SVF e Tm°C)				CORRELAÇÃO (r) HORÁRIA (SVF e URm%)			
1h00	-0.8	13h00	-0.2	1h00	0.6	13h00	0.3
2h00	-0.8	14h00	-0.5	2h00	0.7	14h00	0.4
3h00	-0.8	15h00	-0.3	3h00	0.6	15h00	0.3
4h00	-0.8	16h00	-0.2	4h00	0.6	16h00	0.2
5h00	-0.8	17h00	-0.2	5h00	0.6	17h00	0.2
6h00	-0.8	18h00	-0.3	6h00	0.6	18h00	0.4
7h00	-0.6	19h00	-0.8	7h00	0.5	19h00	0.5
8h00	0.1	20h00	-0.8	8h00	0.2	20h00	0.6
9h00	0.5	21h00	-0.8	9h00	0.0	21h00	0.5
10h00	0.5	22h00	-0.8	10h00	-0.2	22h00	0.5
11h00	0.0	23h00	-0.8	11h00	0.1	23h00	0.6
12h00	-0.4	0h00	-0.8	12h00	0.4	0h00	0.6

Foi observado que as maiores correlações entre Tm°C e SVF ocorreram no período noturno e madrugada, iniciando-se por volta das 19(r = -0,8) horas até às 6 - 7 horas. Após às 12h00 a correlação da variável Tm°C passa a ser negativa, indicando que a medida que a obstrução da abóboda celeste aumenta, aumenta-se a temperatura. Analisando a URm%, as maiores correlações e mais homogêneas ocorrem a no intervalo de 23h00 às 6h00, variando entre  $r = 0,6$  e  $0,7$ .

A ocorrência da correlação por si só não explica os fatos, para isso foi utilizado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que segundo Bertolo (2010) é a porcentagem da variação da variável dependente (Tm°C e URm%) explicada pela variável independente(SVF), a fim de avaliar se o recorte espacial da pesquisa pode ser explicado pelo SVF (TABELA 3).

Tabela 3: Coeficiente de determinação entre o total de dias analisados e SVF.

COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ( $R^2$ ) HORÁRIA (SVF E Tm°C)				COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ( $R^2$ ) HORÁRIA (SVF E URm%)			
1h00	0.7	13h00	0.1	1h00	0.4	13h00	0.1
2h00	0.6	14h00	0.2	2h00	0.4	14h00	0.2
3h00	0.6	15h00	0.1	3h00	0.4	15h00	0.1
4h00	0.7	16h00	0.0	4h00	0.4	16h00	0.0
5h00	0.7	17h00	0.0	5h00	0.4	17h00	0.1
6h00	0.6	18h00	0.1	6h00	0.4	18h00	0.1
7h00	0.4	19h00	0.7	7h00	0.3	19h00	0.2
8h00	0.0	20h00	0.6	8h00	0.0	20h00	0.3
9h00	0.3	21h00	0.6	9h00	0.0	21h00	0.3
10h00	0.3	22h00	0.6	10h00	0.1	22h00	0.3
11h00	0.0	23h00	0.6	11h00	0.0	23h00	0.4
12h00	0.1	0h00	0.7	12h00	0.2	0h00	0.4

As variáveis climáticas são melhor explicadas pela geometria urbana a partir das 19h00 (70%) da  $T_m^{\circ}\text{C}$  pode ser explicada pelo SVF, já a  $URm\%$  a partir das 23h00 (40%), esses valores se mantêm constantes até por volta das 6h00 coincidindo com a correlação horária. Observa-se que a umidade relativa do ar é pouco explicada pela geometria urbana, se comparada à temperatura do ar, portanto outros fatores, não considerados o estudo, estão influenciando os dados.

Na análise por turno adotou-se chamar de madrugada o horário compreendido entre 1h00 – 6h00, manhã 7h00 – 12h00, tarde 13h00 - 18h00 e noite 19h00 - 0h00. O resultado se repete e demonstra que há uma correlação inversa entre  $T_m^{\circ}\text{C}$  e SVF, a medida que a área de céu visível aumenta, a temperatura diminui.

Tabela 4: Correlação e coeficiente de determinação por turno das variáveis climáticas e SVF

PONTOS	SVF	MADRUGADA	MANHÃ	TARDE	NOITE	MADRUGADA	MANHÃ	TARDE	NOITE
UFV	0.731	20.0	24.9	30.5	22.6	95.8	78.3	54.6	82.9
V.do Bosque	0.544	20.4	25.2	31.9	23.2	95.2	80.8	54.8	81.8
R. Santana	0.353	20.8	25.2	30.6	23.8	94.7	81.0	58.5	82.1
Coelhas	0.795	20.0	25.2	29.5	22.8	97.5	81.2	60.8	85.3
Av. Bueno Brandão	0.454	21.2	25.5	31.9	24.0	90.6	74.8	50.5	77.1
Bairro de Fátima	0.529	21.5	26.3	30.4	24.4	88.2	70.1	52.1	73.7
Bairro Santa Clara	0.651	20.8	25.1	30.5	23.7	92.7	77.5	55.0	78.1
Av. Ph Rolfs	0.291	21.6	24.9	30.6	24.5	87.6	75.7	52.7	74.9
Av. Santa Rita	0.378	21.1	24.7	30.4	23.9	92.1	79.2	56.8	78.8
CORRELAÇÃO		-0.81	0.10	-0.33	-0.81	0.64	0.20	0.32	0.56
$R^2$		0.7	0.0	0.1	0.6	0.4	0.5	0.4	0.3

A amplitude total encontrada foi de  $11,9^{\circ}\text{C}$  e 47% de umidade. Durante a madrugada as temperaturas caem, porém os pontos da área core, ou seja, com maior concentração de edificação e dinâmica urbana apresentaram temperaturas mais elevadas que o entorno, diferença com amplitude chegando a  $1,6^{\circ}\text{C}$ . O ponto do bairro de Fátima encontra-se um pouco mais afastado desta área e apresentou elevadas temperaturas também, isto pode ser explicado devido a sua localização próximo ao sopé da encosta, visto que os topos se resfriam a noite mais rapidamente e os ventos descem, durante este processo as partes menos elevadas permanecem mais aquecidas.

Nos gráficos 2 e 3, é possível verificar melhor a dinâmica climática do recorte e a contribuição do do SVF, pois em geral as áreas com maiores obstruções apresentaram as maiores  $T_m^{\circ}\text{C}$  e menores  $URm\%$ .

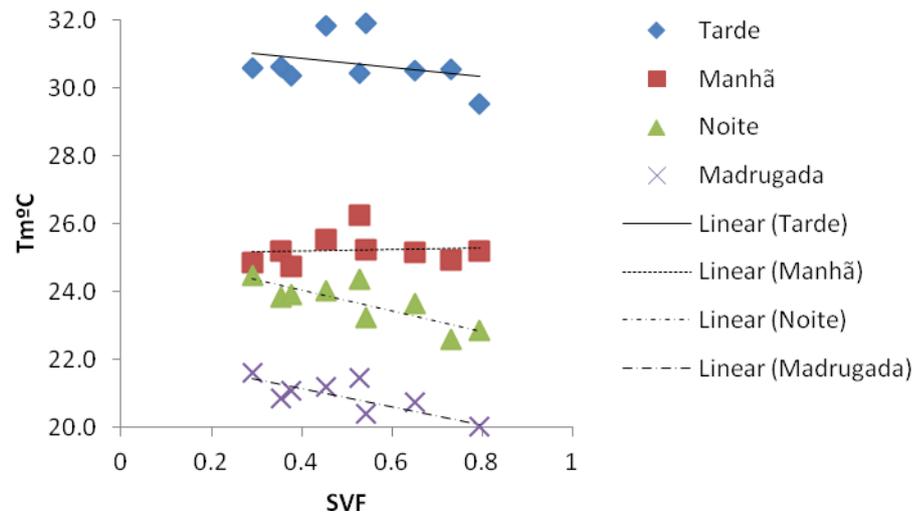


Gráfico 2: Correlação entre Tm°C e SVF por turno

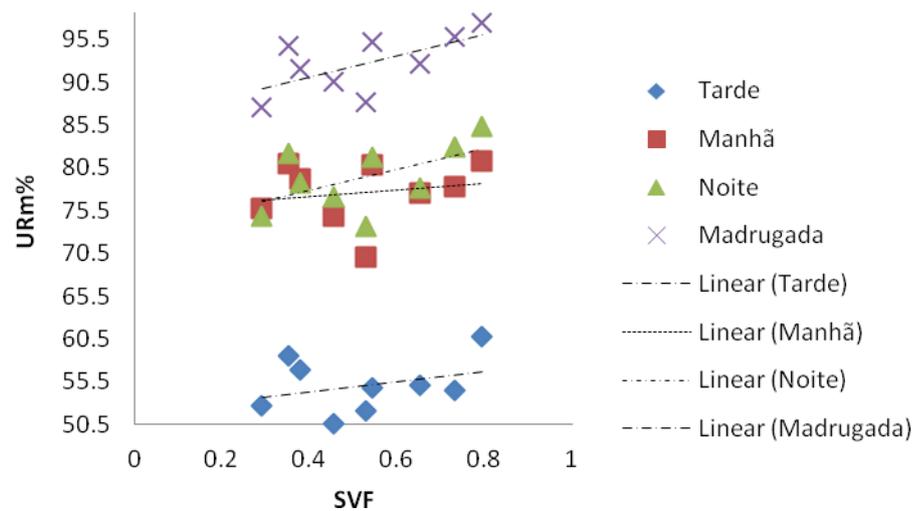


Gráfico 3: Correlação entre URm% e SVF por turno

Assim como Fialho (2012), identificamos que a cidade de Viçosa apresenta núcleos de calor, correspondentes aos locais onde a obstrução da abóboda celeste é maior, ou seja, com SVF mais próximo de 0, porém os valores não passam de 2 graus no total de dias avaliados. Observa-se que os elementos que sobressaem nestes pontos são caracterizados em grande parte pela presença de construções urbanas.

### 3.1.3 MAPAS SÍNTESES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Rosa (2011 p. 288) traz uma visão bastante pertinente em relação ao uso de mapas e gráficos nos trabalhos, segundo o autor:

Os dados estatísticos são difíceis de interpretar por si só. Transformá-los em mapas e gráficos tornam os mesmos mais fáceis de observar e de encontrar eventuais padrões. Os mapas são especialmente úteis porque, além do componente visual, que facilita a observação, permitem-nos sobrepor diferentes tipos de dados (desde fotografias aéreas, imagens de satélite, e dados estatísticos). Muitas vezes a observação de um mapa é suficiente para se encontrar um padrão de distribuição ou uma relação entre variáveis e sua distribuição espacial. Combinar diferentes grupos de dados e observá-los sob perspectivas diferentes podem ser um método valioso, e a informática permite fazê-lo com rapidez.

Ainda segundo Rosa (*op cit.*) a falta de mapeamentos básicos e temáticos em escalas compatíveis com as necessidades dos pesquisadores no Brasil, se deve ao elevado custo “de investimento contínuo em técnicas de extração de informação a partir de imagens de satélite, na elaboração de bases cartográficas e na integração de dados”.

Viçosa segue o mesmo padrão nacional. O município não dispõe de uma base cartográfica adequada que permita um estudo minucioso de sua área central, porém, a título de ilustração e melhor compreensão da dinâmica climática como um todo, a base na escala de 1.50000, desenvolvida pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da UFV foi válida.

Rosa (*op cit*) considera que

o descompasso existente entre a tecnologia disponível e o que os planejadores efetivamente usam para tomar suas decisões, pode ser justificada pelo ritmo lento com que o conhecimento científico e tecnológico se dissemina entre os técnicos e tomadores de decisão, principalmente pelas deficiências na educação superior e na pós-graduação.

Assim como Rosa, Monteiro (2009c), também traz considerações sobre a deficiência para realização de pesquisas devido ao elevado custo de equipamentos de precisão. No entanto o mesmo destaca que o mais importante é a busca por informações discretas e singelas, que não fornecendo margens a “certezas” poderão conduzir à hipóteses.

Para dar uma visão geral do que foi discutido até o momento, foram elaborados mapas climáticos sínteses por turno no *software* ArcGis 10.1, utilizando o interpolador IDW, da média total dos 11 dias de análise (FIGURAS 24 a 31). Posteriormente em busca de uma explicação para tal configuração mantivemos esforço em discutir as dinâmicas urbanas dos pontos, elementos naturais presentes, geometria urbana e a espacialização dos dados climáticos.

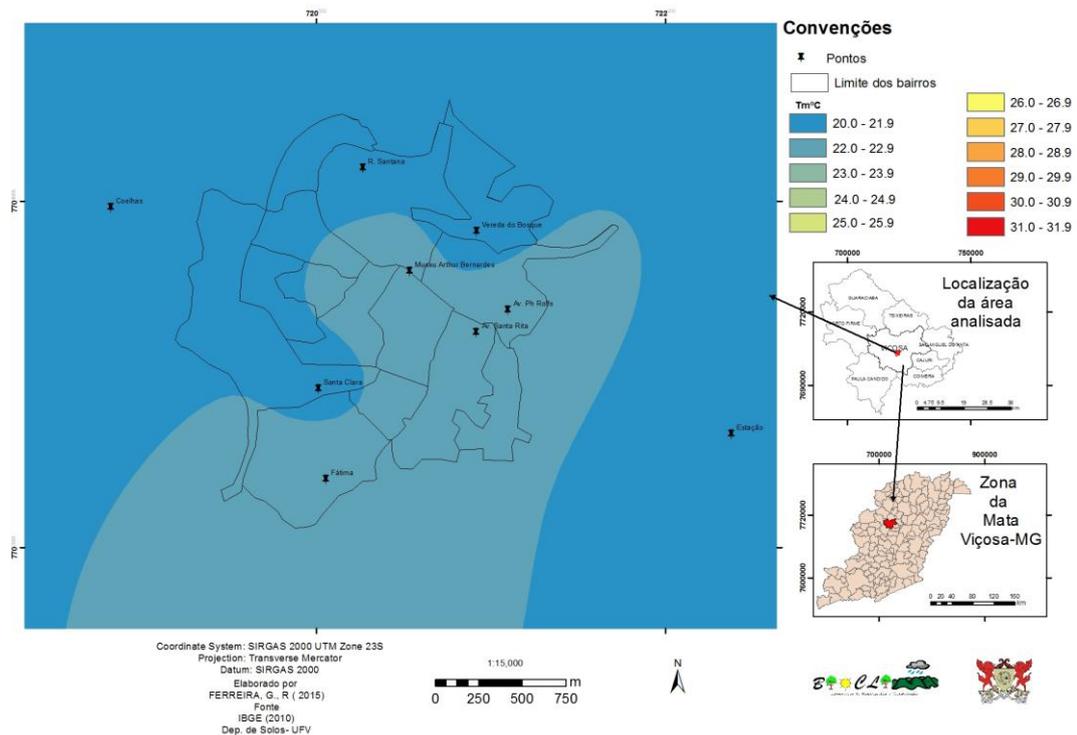


Figura 24: Configuração da temperatura média do ar durante o período da madrugada.

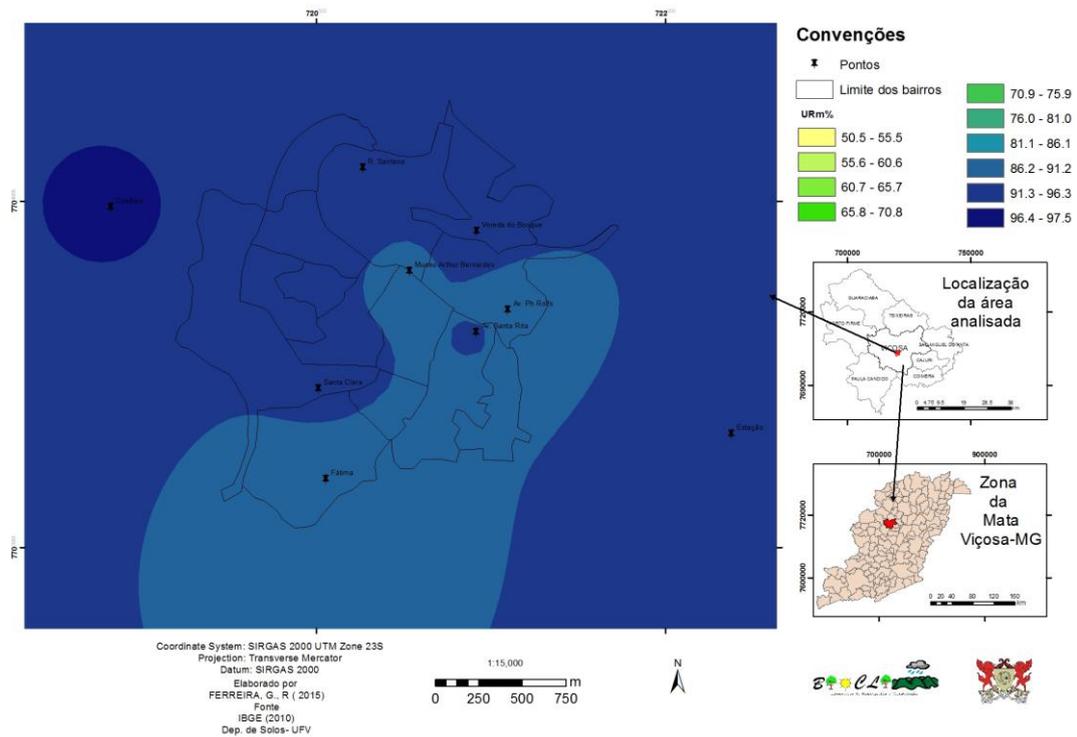


Figura 25: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da madrugada.

No período da madrugada os pontos onde há maior obstrução da abóboda celeste apresentaram maiores temperaturas médias do ar e menores taxas de umidade relativa, é neste intervalo que ocorrem as emissões de ondas longas à atmosfera, por serem pontos obstruídos, seja pela vegetação ou equipamentos urbanísticos, maiores fluxos de pessoas e veículos, gerando calor antropogênico, se comparados aos outros pontos, estes retêm mais calor, o que justifica a configuração encontrada, de certa forma homogênea.

Durante o período da manhã a configuração vai se tornando mais heterogênea. Como se observa na imagem abaixo, referente à  $T_m^{\circ}\text{C}$ .

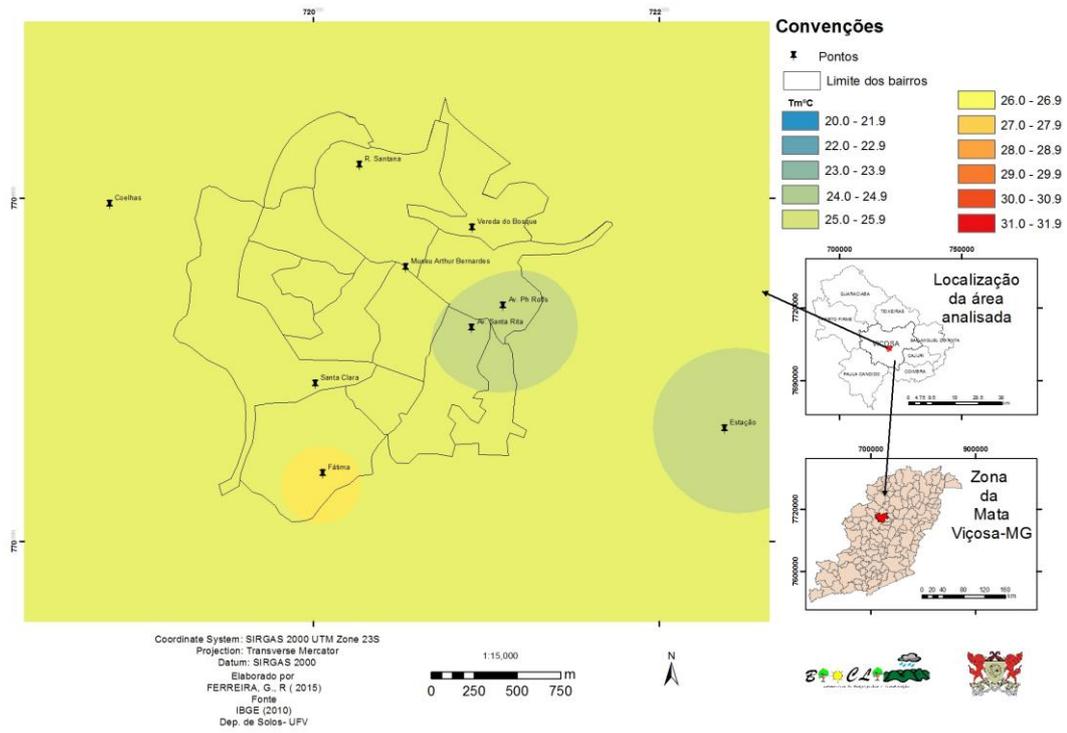


Figura 26: Configuração da temperatura média do ar durante o período da manhã.

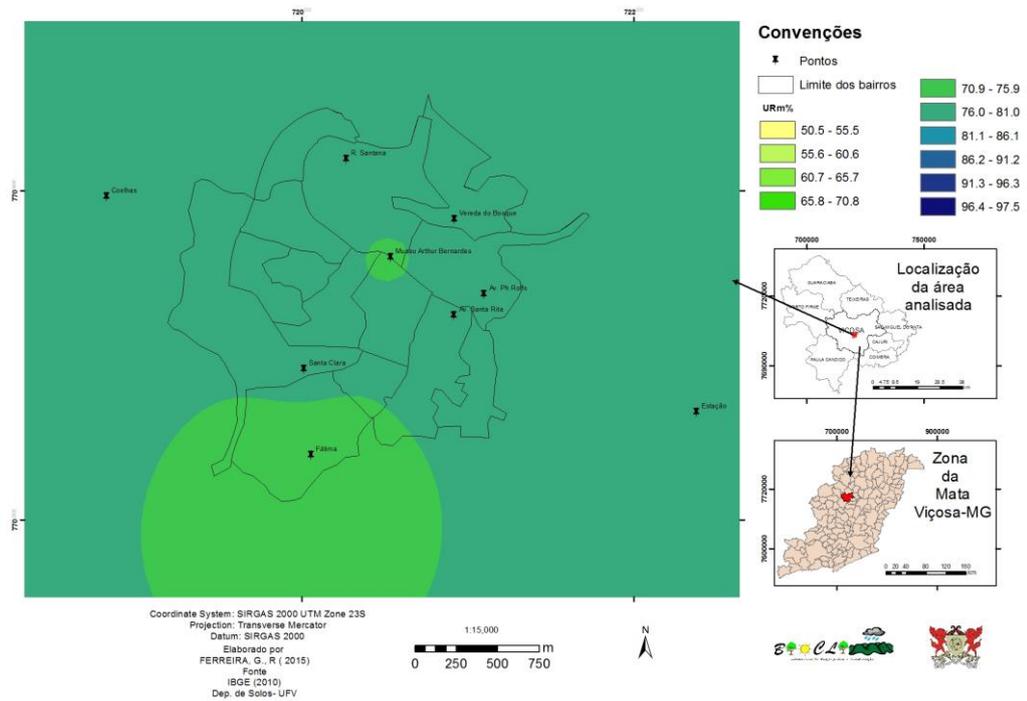


Figura 27: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da manhã.

No período da manhã os pontos localizados na Av. P.H Rolfs e Av. Santa Rita, com menores SVF, apresentam-se mais frios se comparados ao entorno, fato que pode ser explicado pela localização geográfica (fundo de vale), levando a um retardo da chegada dos

raios solares, associado ao cânion urbano fechado no qual estão instalados que lhe conferem sombreamento. Com relação à URm% houve uma maior homogeneização dos dados, estando os maiores índices associados às áreas de menores Tm°C.

Após 2h do ápice solar<sup>16</sup>, ocorrem as maiores médias de temperatura do ar. O que pode ser observado no turno da tarde, visto que este engloba tal intervalo.

A superfície do ar à superfície apresenta um ciclo diário, passando por um máximo (temperatura máxima do dia) e por um mínimo (temperatura mínima do dia). Em situações normais, valor máximo ocorre cerca de duas horas depois da culminação do Sol; o mínimo acontece pouco antes do nascimento do Sol. A presença de fenômenos capazes de perturbar o estado prevalecente da atmosfera (como uma invasão de ar frio, por exemplo), pode alterar a expectativa quanto aos horários prováveis de ocorrência das temperaturas extremas (VAREJÃO-SILVA, 2006 p.75).

Os dados apresentam uma amplitude térmica de até 2.4°C, sendo a menor temperatura encontrada na transição urbano rural (Coelhas) e a maior na Av. Bueno Brandão.

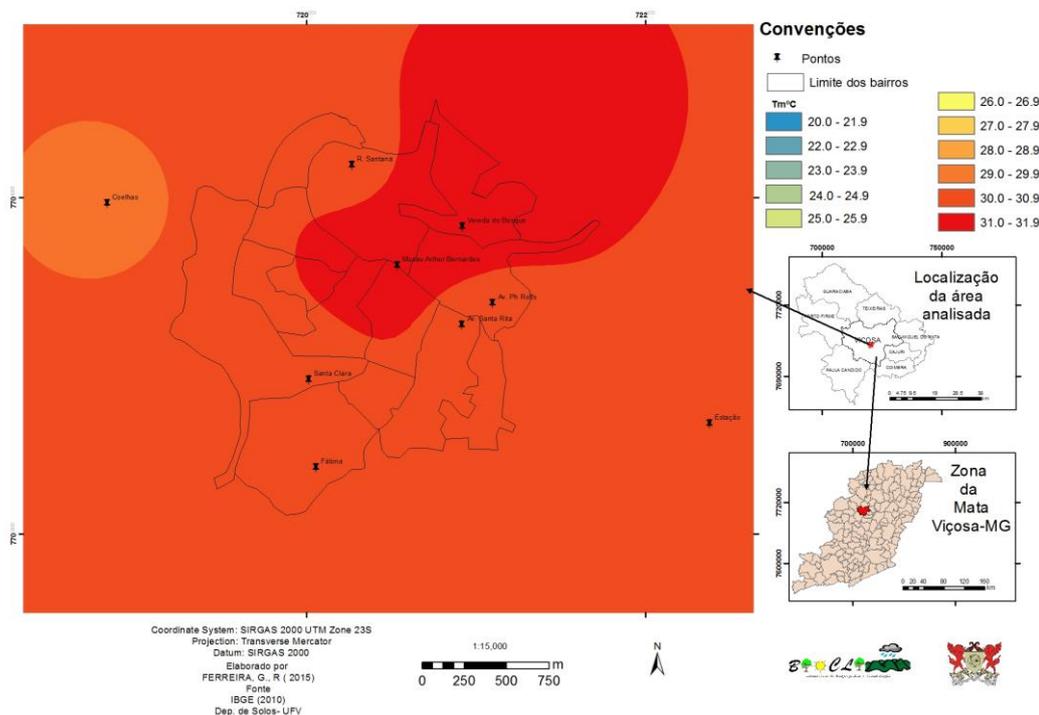


Figura 28: Configuração da temperatura média do ar durante o período da tarde.

<sup>16</sup> Adotado como 12h00, horário de Brasília-DF. Neste horário supõe-se que todos os pontos na superfície receba a mesma intensidade de radiação solar.

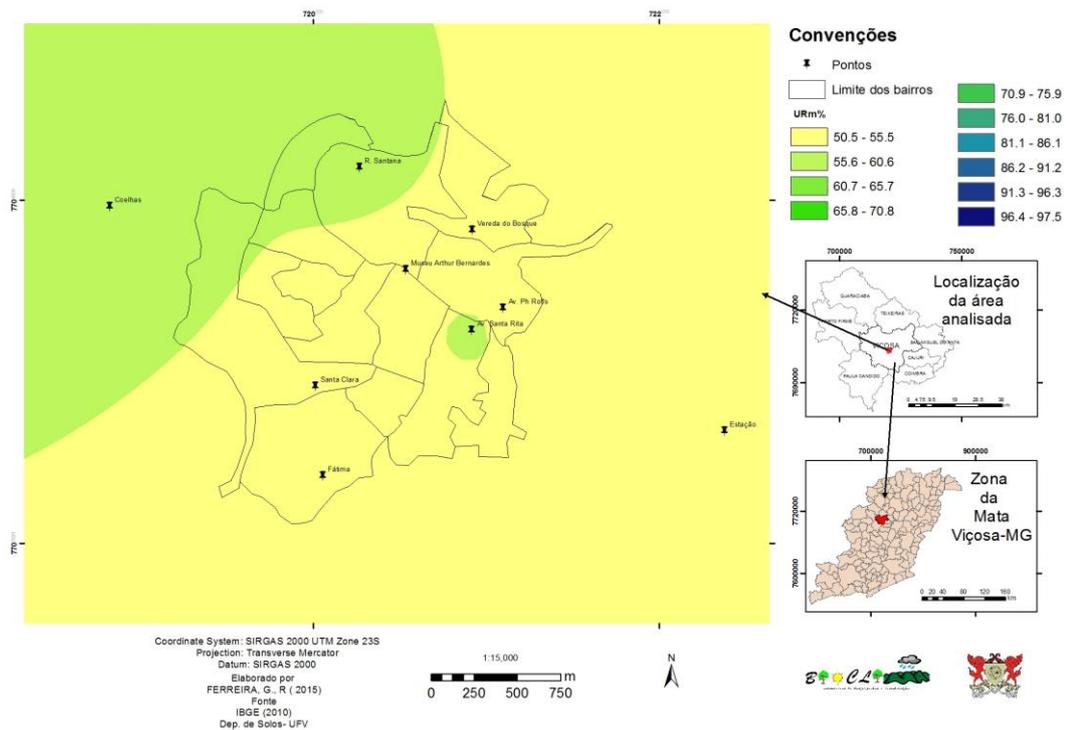


Figura 29: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da tarde.

A tarde os dados referentes à URm% voltam a se homogeneizar, sendo que os pontos localizados próximo aos cursos d'água e vegetação (Rua Santana e Av. Santa Rita) e transição urbano rural (Coelhas) apresentam maiores índices, a diferença encontra-se em torno de 10% com relação aos outros pontos.

Após o pôr do sol, as áreas com menos obstrução do céu se resfriaram mais rapidamente que as demais, como se observa na configuração do campo térmico noturno. Este fato reforça a ideia de que o resfriamento das superfícies terrestres é proporcional à área de céu visível para um ponto nessa superfície. Mas não podemos desconsiderar que estas se encontram em maiores altitudes, e segundo Ayoade (1998) ocorre uma movimentação dos ventos diferente durante o dia e a noite, sendo que durante o dia as vertentes se aquecem mais que o vale, invertendo a dinâmica no período noturno. A maior parte das áreas com maior obstrução do céu também são as áreas com maiores formações de calor antropogênico, o que vem a somar aos resultados obtidos.

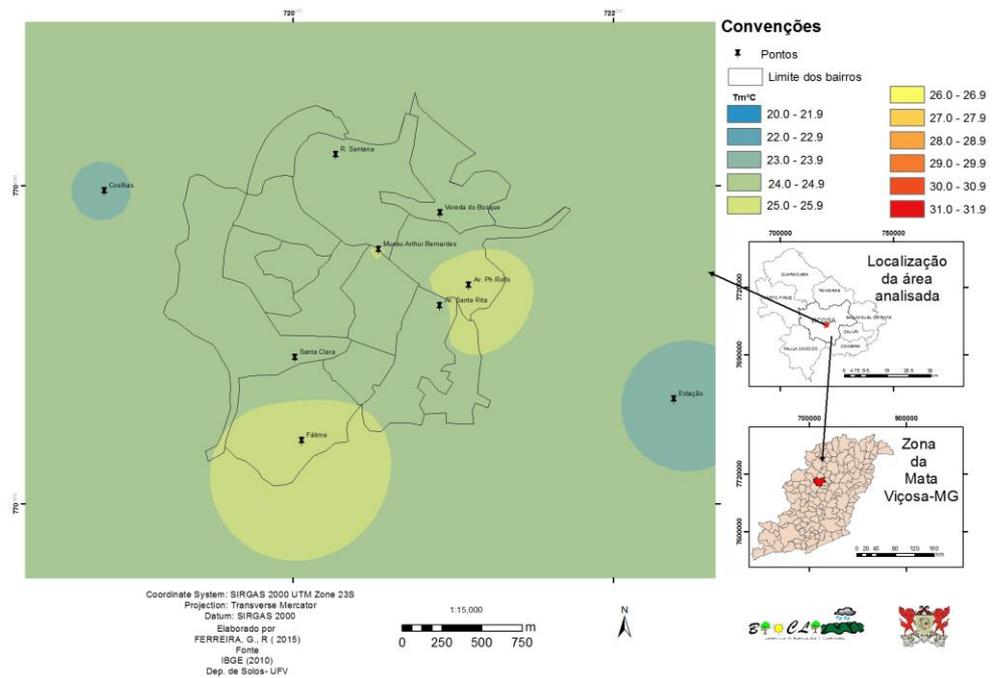


Figura 30: Configuração da temperatura média do ar durante o período da noite.

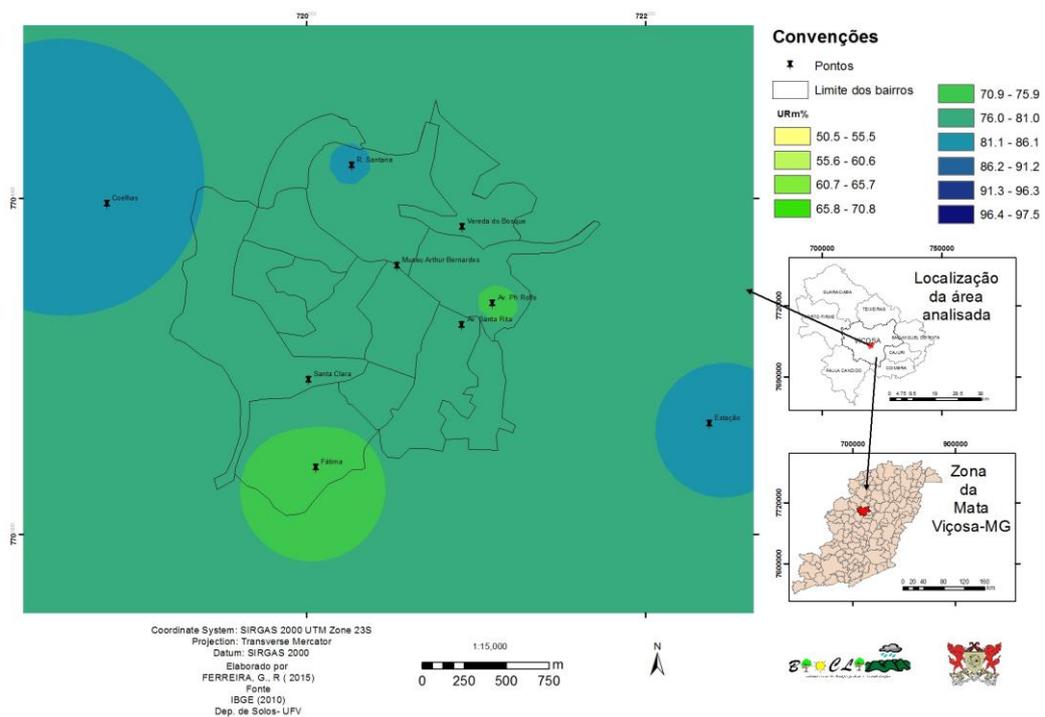


Figura 31: Configuração da umidade relativa média do ar durante o período da noite.

De acordo com Oke (2004) supracitado na metodologia, a melhor hora para se fazer as medições é pouco depois do pôr do sol ou pouco antes do nascer do sol, devido a ausência de radiação direta, facilitando a observação da emissão de ondas longas. Observamos que a

melhor diferenciação do campo térmico, onde se observou uma maior heterogeneidade espacial dos dados foram nestes períodos. Sendo possível inferir que neste período as variáveis climáticas são melhor explicadas pela geometria urbana e apresentaram maior correlação com o SVF, identificando os núcleos de calor na mancha central urbana de Viçosa-MG.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar que encontramos dificuldade em encontrar áreas para instalação dos abrigos e repulsa por proprietários e/ou funcionários de alguns pontos potenciais e previamente identificados pelo *Google Earth*. Fatos como estes podem explicar a falta e ou precariedade de estudos climáticos na área urbana.

Conforme discutido nos resultados, o uso do SVF apresentou maiores correlações no período compreendido entre às 19h00 e 6h00, sendo as áreas com maiores índices de temperatura as que apresentaram menores valores de SVF. Localizam-se no fundo do vale, com presença de construções, alto fluxo de veículos e pessoas.

Diante da correlação observada entre as variáveis climáticas e o SVF, podemos inferir que a análise do campo térmico sob a perspectiva do fator de visão do céu é passível de ser agregado aos estudos relacionados à presença de ilhas ou núcleos de calor noturna na cidade, para efeito de ilha ou núcleos de calor diurna em Viçosa não foi verificada correlação no recorte pesquisado.

O modelo de análise do campo térmico utilizado, pode gerar outros modelos empíricos que ajudam a entender as relações básicas e o peso que as variáveis consideradas têm numa determinada área urbana, sob atuação de determinado sistema atmosférico, sendo possível também associá-los à legislação de uso e ocupação do solo.

Por se tratar de um estudo preliminar, a abordagem mostrou ser promissora para a integração do estudo do clima urbano ao planejamento das cidades, auxiliando os planejadores urbanos nas tomadas de decisões que envolvam a qualidade de vida urbana. Partindo-se do princípio de que o papel da geometria urbana constitui um aporte significativo para o planejamento e interfere sobremaneira no campo térmico da cidade e consequentemente na qualidade de vida da população presente.

Faz se necessário dar continuidade a este estudo aumentando a cobertura dos pontos de mensuração na malha urbana, uma vez que, por se tratarem de pontos fixos, é possível obter dados contínuos e acompanhar as alterações climáticas. Outra questão interessante trata-se da incorporação de novas variáveis, como por exemplo, o albedo e dinâmica dos ventos, a fim de que este procedimento se torne um instrumento para auxiliar os planejadores urbanos nas tomadas de decisões que envolvam o clima citadino.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AB'SABER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos do Brasil.** Geomorfologia. São Paulo, n 20, 1970, 26 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

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.

BERTOLO, L.A. **Estatística Aplicada no Excel.** Matemática. Versão Beta, maio 2010. Disponível em <http://www.bertolo.pro.br/matematica/Disciplinas/3ano/Estatistica/Bimestre2/EstatisticaAplicada3.pdf>> Acesso 31/05/2015

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

CRUZ, Gilson. C. F. . A contribuição da análise do fator de visão do céu no estudo do clima urbano de Ponta Grossa. In: 14º EGAL Encuentro de Geógrafos da America Latina Reencuentro de saberes e territoriales latinoamericanos, 2013, Lima. **Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina ?Perú 2013** Abril 2013. Lima: © Unión Geográfica Internacional ? Perú, 2013. v. 1. p. 1-20.

FIALHO, E. S. 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 Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S. **Ilha de Calor:** Reflexões acerca de um Conceito. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, Ed. Esp. *Climatologia Geográfica*, 2012. pp.61-76.

FIALHO, E. S.; ALVES, R. S.; LOPES, D. I. **Clima e sítio na Zona da Mata Mineira:** Uma análise em episódio de verão. *Revista Brasileira de Climatologia*. Curitiba, ano 7, v. 8, p. 118-136, 2011.

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.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa. [online]. Disponível na internet pelo site: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> . Acesso em 20/06/2015.

MATZARAKIS, A. **Validation of modelled mean radiant temperature within urban structures.** Conference on Agricultural and Forest Meteorology – 12th joint conference on the applications of air pollution meteorology with - Fourth symposium on the urban environment, AMS, 172-173. 2002.

MENDONÇA, F. A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR.** 1994. São Paulo: Tese (Doutorado em Geografia)– Departamento de Geografia FFLCH/USP,1994.

MENDONÇA, F. A. Clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (orgs). **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas.** Maringá: Eduem, p. 167-192, 2000.

MENDONÇA, F. A. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.) **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 175-192

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.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRUGER, E. L. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba. **Ambient. constr. (Online)**, Porto Alegre , v. 11, n. 1, p. 123-143, Mar. 2011. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212011000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000100009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso 02/02/2014.

MONTEIRO. C. A. F. Teoria e clima urbano. **Série Teses e Monografias.** São Paulo, n.25, 1976, 181p.

MONTEIRO. C. A. F. **Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura.** Geosul. Florianópolis, v.5, n.9, p.61-79, 1990a

\_\_\_\_\_. **A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano – estratégias na abordagem geográfica.** Geosul, Florianópolis, v. 5, n. 9, p. 80-114, 1990b.

\_\_\_\_\_. **Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil.** Geosul. Florianópolis, v.5, n.9, p.61-79, 1990 c.

OKE, T. R. **Boundary layer climates.** London: Methuen, 1978.

OKE, T. R. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations.** Journal of climatology, New York, v. 1, n. 3, 1981. 237-254.

OKE, T. R. **Initial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** World Meteorological Organization, Geneva, 2004.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** 2. ed. London and New York: Routledge, 2005. 435 p.

PANIAGO, M. C. T. Viçosa – Mudanças Socioculturais: Evolução Histórica e Tendências. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1990. 276 p. In: RODRIGUES, Jackson Martins. Avaliação da urbanização e dos sistemas de grande escala do município de Viçosa-MG. **Monografia (Bacharel em Geografia)**, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

PEREIRA, M. F. V. Contradições de uma “Cidade Científica”: Processo de Urbanização e Especialização Territorial em Viçosa-MG. Revista on-line. Caminhos de Geografia. Disponível em: <[www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html](http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html)>. Acesso em 11 set. 2008. In: RODRIGUES, Jackson Martins. Avaliação da urbanização e dos sistemas de grande escala do município de Viçosa-MG. **Monografia (Bacharel em Geografia)**, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

PIZARRO, P. R.; SOUZA, L. C. L. **Qualificação da Iluminação Natural em Interiores:** aplicação das redes neurais artificiais e 3DSkyView. Ambiente Construído, v. 7, n. 1, p. 83-96, 2007.

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.

RODRIGUES, J. M. Avaliação da urbanização e dos sistemas de grande escala do município de Viçosa-MG. **Monografia (Bacharel em Geografia)**, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

ROSA, R. Análise Espacial Em Geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out. 2011.

SANTOS, J. A. A. O campo Térmico na área central da cidade de Viçosa-MG em situação sazonal de outono em 2007. **Monografia (Bacharel em Geografia)**, Universidade Federal de Viçosa, 2007.

SAYDELLES, A. P., SARTORI, M. G. B. Análise da insolação direta nas vertentes do Bairro Centro da cidade de Santa Maria-RS. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 10. 2007 Santa Maria. **Anais...** Santa Maria. 2007. p. 1-10.

SCHIMIDT, J.; EVANS, I. S.; BRINKMANN, J. Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation. International Journal of Geographical Information Science, v.17, n.8, 2003. p. 797-814. *Apud* SANTOS, G. L. Et Al. **Vertentes Prioritárias Para Implantação de Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais na Bacia do Paraíba do Sul:** Estudo De Caso Em Nova Friburgo-Rj. Disponível em <[http://www.ufrjr.br/institutos/if/lmbh/pdf/Resumoexpandido/resumo\\_expandido48.pdf](http://www.ufrjr.br/institutos/if/lmbh/pdf/Resumoexpandido/resumo_expandido48.pdf)> Acesso 12/05/2015.

SOUZA, L. C. L. *et al.* **Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre.** CEP, v. 13565, p. 905, 2010.

SOUZA, L. C. L. **Relações entre ilhas de calor, geometria urbana e consumo de energia elétrica.** Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, v. 3, n. 2, 2013.

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. Disponível em <[http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended\\_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf](http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf)> Acesso 01/12/2013.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: **Versão Digital 2**, 2006, 463p. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/50857947/METEREOLOGIA-E-CLIMATOLOGIA>. Acessado em: 27/05/2015.

VILELA, J. A. Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG. 213p. **Dissertação** - Universidade Federal Minas Gerais, Escola de Arquitetura, 2007.

ANEXO 1 – Cartas sinóticas do período de 13/12/2013 a 09/01/2014

