



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CLIMA URBANO: O USO DE MODELOS GEOESPACIAIS NA  
INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM JUIZ DE  
FORA- MG

FRANCIELE DE OLIVEIRA PIMENTEL

JUIZ DE FORA –MG

2017

FRANCIELE DE OLIVEIRA PIMENTEL



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CLIMA URBANO: O USO DE MODELOS GEOESPACIAIS NA  
INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM JUIZ DE  
FORA- MG

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração: Dinâmicas Socioambientais, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau mestre.

**Orientadora:** Dra. Cássia de Castro Martins  
Ferreira (UFJF)

JUIZ DE FORA- MG  
2017

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Pimentel, Franciele de Oliveira .

Clima Urbano: O Uso de Modelos Geoespaciais na Investigação do Comportamento Térmico em Juiz de Fora-MG / Franciele de Oliveira Pimentel. -- 2017.

142 f. : il.

Orientadora: Cássia de Castro Martins Ferreira

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2017.

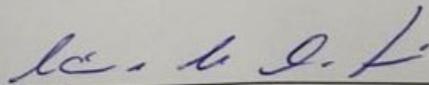
1. Clima Urbano. 2. Campos Térmicos. 3. Modelo Climático. I. Ferreira, Cássia de Castro Martins, orient. II. Título.

CLIMA URBANO: O USO DE MODELOS GEOESPACIAIS NA  
INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM JUIZ DE  
FORA - MG

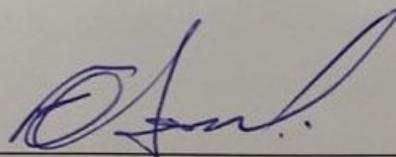
FRANCIELE DE OLIVEIRA PIMENTEL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Área de Concentração Espaço e Ambiente, linha de pesquisa - Dinâmicas Socioambientais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

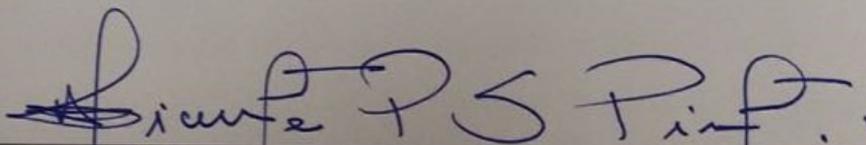
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 07/04/2017



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> CÁSSIA DE CASTRO MARTINS FERREIRA (Orientadora)  
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. FÁBIO DE OLIVEIRA SANCHES (Membro Externo)  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro



Prof. Dr. VICENTE PAULO DOS SANTOS PINTO (Membro Interno)  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho aos meus pais...*

## AGRADECIMENTOS

Foram dois anos de muito esforço, de muitas pedras no caminho, de muitos tropeços, de muitos erros e também de acertos. Hoje eu vejo que foram necessários para o meu amadurecimento pessoal e profissional.

Primeiramente agradeço a Deus por guiar meus passos nessa caminhada que é a Vida, agradeço pela força concedida para que eu pudesse cumprir mais essa jornada.

A minha família, ao meu Pai, meu “velho Chico”, meu exemplo de caráter e honestidade, tanto vibra a cada conquista, e mesmo apesar do pouco estudo é meu grande professor na disciplina da vida. A minha mãe Lúcia obrigada pelos incentivos e por sonhar junto comigo cada conquista. Aos meus irmãos, o Francis e o Márcio, agradeço a amizade, os incentivos.

Ao grande amor da minha vida, Marlon Lucas, agradeço a paciência mesmo naqueles momentos de surto, sempre estive ao meu lado, aconselhando, acalmando, ajudando com os campos, com a estatística.

As minhas irmãs de coração Débora e Daiane que a vida me permitiu escolher, eu agradeço os ensinamentos, os conhecimentos compartilhados, os conselhos dados e agradeço além de tudo pela sincera amizade e companheirismo.

Ao amigo Yan, geógrafo do Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental, agradeço pelas inúmeras ajudas em campo, pelas conversas, pelos conhecimentos compartilhados.

Aos bolsistas do Labcaa, Pietro, Pâmela, Michaela e Francisco eu agradeço pelas tardes dedicadas à ajuda com o mapeamento, vocês são demais!

A orientadora e professora Cássia de Castro Martins Ferreira, minha grande referência de ética e dedicação, eu agradeço a paciência, os ensinamentos, “os puxões de orelha” e por ser mais que uma orientadora, uma grande amiga! Obrigada pelos inúmeros conselhos que foram mais que acadêmicos, foram para a vida!

Agradeço aos professores Vicente Paulo dos Santos Pinto e Fábio de Oliveira Sanches pela disponibilidade em participar da banca de avaliação.

A Universidade Federal de Juiz de Fora, e a população brasileira que através de seus impostos a sustenta, eu agradeço pela disponibilidade de recursos necessários a minha formação, inclusive a bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Geografia, eu agradeço os ensinamentos e conhecimentos compartilhados.

## RESUMO

A preocupação com os chamados impactos ambientais urbanos fomentou um maior interesse nas pesquisas, principalmente aquelas voltadas para as análises climáticas, na escala urbana. A cidade por consequência de seu processo de organização e estruturação desenvolveu um clima totalmente particular, o clima urbano, isso é possível através da retirada da vegetação original e a inserção dos chamados equipamentos urbanos, como por exemplo, as vias impermeabilizadas, as construções, a verticalização, além da circulação de pessoas e veículos que irão contribuir para maior aquecimento da atmosfera local. Os materiais presentes no meio urbano vão apresentar diferentes valores de albedo, emissividade, absorvidade e irradiação e consequentemente, estes condicionarão diferentes valores de temperatura de superfície e que influenciarão na temperatura do ar. O presente estudo tem por objetivo analisar o comportamento do clima urbano na cidade de Juiz de Fora- MG, onde foram trabalhadas 35 regiões urbanas, localizadas ao longo do curso do Rio Paraibuna. O estudo busca através da aplicação de um modelo geoespacial, interligar variáveis que possuem uma conexão direta com a temperatura de superfície e indireta com a temperatura do ar. Este conjunto de dados permitiu alcançar uma maior compreensão, viabilizou a espacialização e consequentemente uma visualização de como se distribuem as áreas e suas diferentes capacidades de criarem distintos campos térmicos na cidade. Além disso, para fins de validação do modelo, foi feita uma correlação estatística entre o modelo matemático proposto e a temperatura de superfície obtida na faixa do infravermelho termal. O modelo utilizado provou possuir consistência para ser adaptado a fim de ser replicado em diferentes cidades com especificidades térmicas além de ser viável a integração de outras informações e dados.

**Palavras-chave:** Campos Térmicos, Clima Urbano, Modelo Climático.

## ABSTRACT

Concern about so-called urban environmental impacts has fostered greater interest in research, especially those focused on climate analysis, on the urban scale. The city as a result of its process of organization and structuring has developed a totally particular climate, the urban climate, this is possible through the removal of the original vegetation and the insertion of so-called urban equipment, such as waterproofed roads, constructions, verticalization, besides the circulation of people and vehicles that will contribute to greater warming of the local atmosphere. The materials present in the urban environment will present different values of albedo, emissivity, absorptivity and irradiation and consequently, these will condition different values of surface temperature and that will influence the air temperature. The present study aims to analyze the behavior of the urban climate in the city of Juiz de Fora- MG, where 35 urban areas were located along the course of the Paraibuna River. The study searches through the application of a geospatial model, interconnecting variables that have a direct coexistence with the surface temperature and indirect with the air temperature. This dataset allowed to reach a greater understanding, made possible the spatialization and consequently a visualization of how the areas are distributed and their different capacities to create different thermal fields in the city. In addition, for purposes of validation of the model, a statistical correlation was made between the proposed mathematical model and the surface temperature obtained in the thermal infrared range. The model used proved to have consistency to be adapted in order to be replicated in different cities with thermal specificities besides being feasible the integration of other information and data.

**Keywords:** Thermal Fields, Urban Climate, Climatic Model.

## **APRESENTAÇÃO**

A presente dissertação é em parte resultado dentre os quesitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Geografia, pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Foi desenvolvida junto ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LABCAA) da própria instituição.

Esta pesquisa teve por objetivo a aplicação de um modelo matemático capaz de integrar as variáveis (albedo, emissividade, massa construída e taxa de impermeabilização, cobertura vegetal, corpos d'água), pois estas influenciam na criação de diferenciados campos térmicos, podendo indicar os possíveis locais com maior ou menor potencial de aquecimento. Após a construção da modelagem, foi realizada uma correlação do potencial de aquecimento com dados de temperatura de superfície, utilizando como aparato o Sistema de Informação Geográfica. A área escolhida para aplicação da pesquisa compreende 35 regiões urbanas da cidade de Juiz de Fora- MG.

A motivação para esse estudo partiu da necessidade de novas metodologias destinadas ao entendimento de como é produzido o clima urbano, uma vez que a cidade retrata uma heterogeneidade de tipos de superfície, que irão interferir no balanço de energia. Sendo assim um modelo capaz de integrar e relacionar informações sobre o uso e ocupação da terra no meio urbano permite uma análise mais detalhada e oferece subsídio às decisões voltadas para o planejamento de ações.

## **OBJETIVOS**

- **OBJETIVO GERAL**

Contribuir para o entendimento do clima urbano, através de um modelo climático capaz de integrar diferentes variáveis qualitativas e quantitativas, identificando e caracterizando das potenciais áreas com maior ou menor capacidade de se aquecerem.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar as características e as variáveis que vão influenciar na estocagem de calor.

2. Identificar as principais variáveis determinantes para o aquecimento do ar e conseqüentemente com maior potencial na formação de ilhas de calor;
3. Espacializar as áreas com maior/menor potencial de aquecimento;
4. Verificar como a ocupação do solo influencia no aquecimento da atmosfera e na possível formação de ilhas de calor;
5. Relacionar o campo térmico com a incidência de radiação solar, orientação de vertentes, tipos de uso da terra, tipos de pavimento e áreas livres;
6. Criar um modelo espacial de análise que permita a identificação e espacialização de áreas potencialmente quentes/frias e de potencial de formação de ilha de calor;
7. Identificar áreas propensas à formação de ilhas de calor ou frescor;
8. Elaborar um produto cartográfico de síntese, a partir da análise, interação e conexão entre as variáveis que contribuem para a formação de diferentes campos térmicos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Demonstração das Camadas da Atmosfera Urbana.	35
Figura 2: Esquematização típica de uma ilha de calor.	38
Figura 3: Perfil representativo de uma típica ilha de calor.	43
Figura 4: Representação do Fator de Visão do Céu.	53
Figura 5: Exemplo de “Cânion” urbano formado pelas edificações.	53
Figura 6: Tipos de Sítio Urbano.	54
Figura 7: Albedo dos materiais presentes no meio urbano.	57
Figura 8: Rua com elevada concentração de coberturas metálicas.	60
Figura 9: Bairro de classe média alta utilizando coberturas cerâmicas.	61
Figura 10: Telhas Cerâmicas de cores frescas e revestimentos metálicos e seus valores de refletância solar.	61
Figura 11: Temperaturas superficiais de diferentes superfícies urbanas.	64
Figura 12: Vista parcial da região central de Juiz de Fora e Parque Halfeld.	98
Figura 13: Esquema da organização do banco de dados.	111
Figura 14: Caminhonete com sensor e termômetro instalados.	118
Figura 15: Gráfico da distribuição das orientações das vertentes.	121

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temperatura média para os meses de verão (1974 -2014).	75
Gráfico 2 - Temperatura média para os meses de inverno (1974 -2014).	76
Gráfico 3 – Precipitação Total Anual (1974-2014).	76
Gráfico 4 – Distribuição dos pontos no Mapa de Potencial e Temperatura de Superfície.	131
Gráfico 5 - Transecto 27 de Julho de 2016.	134
Gráfico 6 - Transecto 21 de Dezembro de 2016.	135

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.	29
Quadro 2 :Categorias taxonômicas da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano.	34
Quadro 3 : Intensidade das ilhas de calor.	39
Quadro 4: Principais causas da formação das ilhas de calor.	44
Quadro 5: O papel das variáveis atmosféricas no controle das ilhas de calor.	44
Quadro 6: Tipos de Ilha de Calor.	46
Quadro 7: Temperatura superficial dos materiais de cobertura em função da sua emissividade.	59
Quadro 8: Funções da Vegetação no Espaço Urbano.	66
Quadro 9: Distribuição da população na área de estudo.	80
Quadro 10: Orientação para confecção de mapas básicos e temáticos.	108
Quadro 11: Codificação para cada tipo de cobertura	110
Quadro 12: Organização dos valores e Albedo e Emissividade.	111
Quadro 13: Variáveis e Pesos	113
Quadro 14: Classificação dos pesos quanto ao Potencial de Aquecimento.	113
Quadro 15: Intervalos de temperatura de superfície correspondentes ao potencial de aquecimento.	116
Quadro 15: Vegetação por região urbana.	122

## **LISTA DE MAPAS**

<b>MAPA 1</b> – Localização do Município de Juiz de Fora	68
<b>MAPA 2</b> – Uso e Cobertura da Terra no Município de Juiz de Fora	69
<b>MAPA 3</b> – Evolução da Mancha Urbana de Juiz de Fora	72
<b>MAPA 4</b> – Altimetria do Município de Juiz de Fora	73
<b>MAPA 5</b> – Altimetria das 81 regiões urbanas de Juiz de Fora	74
<b>MAPA 6</b> – Localização das 35 regiões urbanas de Juiz de Fora.	79
<b>MAPA 7</b> – Densidade Populacional das 35 regiões urbanas.	81
<b>MAPA 8</b> – Recorte da região urbana Benfica	82
<b>MAPA 9</b> – Recorte da região urbana Barreira do Triunfo	83
<b>MAPA 10</b> – Recorte da região urbana Remonta.	84
<b>MAPA 11</b> – Recorte da região urbana Nova Era	85
<b>MAPA 12</b> – Recorte da região urbana Jóquei Clube.	87
<b>MAPA 13</b> – Recortada região urbana Esplanada.	88
<b>MAPA 14</b> – Recorte da região urbana Industrial	89
<b>MAPA 15</b> – Recorte da região urbana São Dimas.	90
<b>MAPA 16</b> – Recorte da Mata do Krambeck	91
<b>MAPA 17</b> – Recorte da região urbana Fábrica	92
<b>MAPA 18</b> – Recorte da região urbana Santa Therezinha	93
<b>MAPA 19</b> – Recorte da região urbana Eldorado.	94
<b>MAPA 20</b> – Recorte da região urbana Manoel Honório.	95
<b>MAPA 21</b> – Recorte da região urbana Morro da Glória	96
<b>MAPA 22</b> – Recorte da região urbana Mariano Procópio.	96

<b>MAPA 23</b> – Recorte da região urbana Nossa Senhora Aparecida.	97
<b>MAPA 24</b> – Recorte da região urbana Centro.	99
<b>MAPA 25</b> – Recorte da região urbana Centenário.	100
<b>MAPA 26</b> – Recorte da região urbana Cesário Alvim.	100
<b>MAPA 27</b> – Recorte da região urbana Botanágua.	101
<b>MAPA 28</b> – Recorte da região urbana Vitorino Braga.	102
<b>MAPA 29</b> – Recorte da região urbana Poço Rico.	103
<b>MAPA 30</b> – Recorte da região urbana São Bernardo.	104
<b>MAPA 31</b> – Recorte da região urbana Vila Ideal.	105
<b>MAPA 32</b> - Recorte da região urbana Nossa Senhora de Lourdes.	105
<b>MAPA 33</b> – Recorte da região urbana Furtado de Menezes.	106
<b>MAPA 34</b> – Recorte da região urbana Vila Olavo Costa.	106
<b>MAPA 35</b> – Recorte da região urbana Costa Carvalho	106
<b>MAPA 36</b> – Altimetria das 35 regiões urbanas.	120
<b>MAPA 37</b> – Distribuição das orientações das Vertentes	121
<b>MAPA 38</b> – Fragmentos de Cobertura Vegetal e Corpos Hídricos distribuídos nas 35 regiões urbanas.	124
<b>MAPA 39</b> – Tipos de Cobertura das Edificações	125
<b>MAPA 40</b> - Albedo das 35 regiões urbanas	126
<b>MAPA 41</b> - Emissividade das 35 regiões urbanas	127
<b>MAPA 42</b> – Altura das Edificações das 35 regiões urbanas	128
<b>MAPA 43</b> – Massa Construída Total das 35 regiões urbanas	129
<b>MAPA 44</b> – Massa Construída das 35 regiões urbanas	130
<b>MAPA 45</b> – Potencial de Aquecimento	132
<b>MAPA 46</b> – Temperatura de Superfície	132
<b>MAPA 47</b> – Propensão a formação de Ilhas de Calor	134
<b>MAPA 48</b> – Localização das medições nos transectos móveis.	135

## **LISTA DE SIGLAS**

S.C.U	Sistema Clima Urbano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FVC	Fator de Visão do Céu
RU	Região Urbana
PJF	Prefeitura de Juiz de Fora
PDDU/JF	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora
UT	Unidade Territorial
LabCAA	Laboratório de climatologia e Análise Ambiental
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
1.1- BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA CLIMATOLOGIA	21
1.2 - O CLIMA URBANO	24
1.3 - AS ESCALAS ESPACIAIS CLIMÁTICAS	34
1.4 - OS ESTUDOS SOBRE ILHAS DE CALOR	38
1.5 - O SENSORIAMENTO REMOTO NA INVESTIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR DE SUPERFÍCIE	49
CAPÍTULO 2 – ELEMENTOS URBANOS NA FORMAÇÃO/ AMENIZAÇÃO DE ILHAS DE CALOR	53
2.1 - GEOMETRIA URBANA	53
2.2 - TOPOGRAFIA E SÍTIO URBANO	55
2.3 – RUGOSIDADE	56
2.4 - ALBEDO E EMISSIVIDADE	56
2.5 - MASSA CONSTRUÍDA	63
2.6 – COBERTURA VEGETAL	64
2.7- OS CORPOS HÍDRICOS	67
CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL E URBANA DE JUIZ DE FORA-MG	69
3.1 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA REGIONAL	76
3.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS 35 REGIÕES URBANAS	79
CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	108

4.1–ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS E LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO	108
4.1.1. Mapa de Localização do Município	109
4.1.2. Mapa de Altimetria	110
4.1.3. Mapa de Orientação de Vertentes	110
4.1.4. Mapa de Densidade Populacional	110
4.1.5. Mapa de Potencial de Aquecimento	109
4.1.5.1. Mapa de albedo e emissividade	112
4.1.5.2. Mapa de Altura das Edificações	113
4.1.5.3. Mapa de Massa Construída	113
4.1.5.4. Mapa Síntese de Potencial de Aquecimento	113
4.2 ELABORAÇÃO DO MAPEAMENTO TERMAL	115
4.2.1. Condições atmosféricas atuantes na data de aquisição da imagem Landsat 8.	116
4.3 - CORRELAÇÃO ESTATÍSTICA VARIÁVEL QUALITATIVA X QUANTITATIVA	117
4.4 - TRABALHO DE CAMPO	118
 CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	 120
 CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	 137
 CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 139

## INTRODUÇÃO

O clima sempre foi alvo de discussões por ser uma variável que afeta (in) diretamente o cotidiano das pessoas. Nas últimas décadas os estudos sobre o clima das cidades vêm ganhando ainda mais destaque dentro da comunidade científica, principalmente nos países centrais. Os motivos são principalmente os ligados às questões das mudanças climáticas e também pelo fato afetar diretamente a saúde dos habitantes. Em 2003, ondas de calor intenso na Europa preocuparam os gestores públicos, devido a grande quantidade de mortes principalmente de idosos e crianças, além de grande número de internações decorrentes das temperaturas intensas.

Diferentemente dos países centrais, onde a urbanização se deu de forma mais gradativa e planejada o processo de urbanização brasileira foi intenso e concomitante ao crescimento da industrialização, que foi em suma a maior responsável pelo êxodo rural ocorrido nas últimas décadas. A busca da população por melhores oportunidades de vida nas cidades e a fuga da precariedade oferecida pelo campo, fez com que milhares de brasileiros se direcionassem para as cidades resultando assim na formação de grandes regiões metropolitanas, onde Monteiro (2015 p.85) afirma que “o improvisado (ilegal) superava, de muito, o planejado (legal), o caos superando a ordem”.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), hoje cerca de 90% dos brasileiros residem nas cidades, o que caracterizou o século XX como o “século da urbanização”, enquanto o XXI seria o “século da cidade”. Mendonça (2014).

Esse fenômeno, chamado por muitos estudiosos de metropolização, foi bastante recorrente em cidades localizadas em países em vias de desenvolvimento. Onde o processo foi bastante similar, ou seja, a industrialização se deu de maneira tardia e muito rápida, se concentrando em regiões privilegiadas, seja por fatores históricos, físicos e socioeconômicos. O resultado desse rápido e intenso crescimento desordenado que não foi acompanhado de infraestrutura básica ocasionou os atuais e graves problemas socioambientais urbanos, de difícil solução, que impacta a qualidade de vida

nos meios urbanos. Condições essas que tendem a piorar à medida que as cidades vão se expandindo cada dia mais.

Assim, claramente, as cidades irão demonstrar os sinais das modificações climáticas locais, ocorridas em função das transformações das suas características iniciais. È nesse sentido que as discussões relativas a transformação do clima das cidades e da qualidade ambiental das mesmas vem se intensificando nos últimos anos. Pois, neste espaço, as relações sociedade/atmosfera irão ser mais transparentes, conseqüentemente passíveis de serem medidas, quantificadas e estimadas. Quando nos referimos às cidades localizadas em ambientes tropicais o fenômeno mais comum da manifestação das transformações antrópicas é a geração de ilhas de calor. Além disso, no cunho pragmático vão estar associadas diretamente com a qualidade de vidas das pessoas, atreladas as questões de conforto ou desconforto térmico que irão afetar o cotidiano dos habitantes.

A cidade de Juiz de Fora, localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, apresentou nas últimas três décadas um crescimento populacional considerável, quando comparados os dados apresentados pelo IBGE em 1980 a população era de 307.534 habitantes, já em 2010 esse número salta para 517.872 habitantes. Esse crescimento populacional vai transformar a maneira como se organiza os elementos no meio urbano. Através do aumento do aproveitamento do solo, refletindo no aumento do volume do adensamento em razão das edificações, das vias, da circulação de veículos, da supressão da vegetação local, modificando a estrutura Sistema Clima Urbano. (S.C.U).

Nessa perspectiva, essa pesquisa se direciona rumo à investigação do clima urbano de Juiz de Fora, com o auxílio das modernas técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto que servirá de amparo à modelagem climática. Através de imagens termais, essa pesquisa busca explicar o grau de influência dos elementos urbanos na formação de diferentes campos térmicos.

O primeiro capítulo dessa pesquisa tem por objetivo apontar os referenciais teórico-metodológicos do clima urbano, os quais serão os norteadores desse estudo. O sub-tópico do mesmo vai apresentar a definição do termo ilha de calor tão empregado nos estudos urbanos, classificação da intensidade para facilitar comparações com outras pesquisas desenvolvidas em diferentes localidades. Além disso, o capítulo busca esclarecer a causa de sua existência, os seus impactos e as principais características desse fenômeno.

O segundo capítulo intitulado “*Elementos Urbanos na Formação/Amenização de Ilhas de Calor*” apresenta as variáveis encontradas no meio urbano capazes de

contribuir para a geração dos efeitos do clima urbano. O capítulo busca estabelecer a influência de cada uma dessas variáveis na geração dos diferentes campos térmicos.

O terceiro capítulo trata da “*Caracterização Geoambiental e Urbana de Juiz de Fora - MG*”, partindo de uma análise descritiva da cidade e do município e também explicitando as generalidades e singularidades das 35 regiões urbanas adotadas como recorte espacial para essa pesquisa.

O quarto capítulo se trata dos *Procedimentos Metodológicos*, o qual dispõe de todas as técnicas cartográficas desenvolvidas no software de informação geográfica *ArcGis*, além da organização de um banco de dados de variáveis como massa construída, albedo, emissividade, impermeabilização, altura das edificações, inventariadas em escala local. Tais variáveis foram submetidas a uma modelagem matemática, seguida da utilização de dados de sensoriamento remoto e pesquisa de campo e aplicação estatística afim de comprovação ou refutação dos dados gerados pelo modelo.

O quinto e sexto capítulos são dedicados aos “*Resultados e Discussão*” e as “*Considerações Finais*”, em que serão expostos os resultados obtidos através dos mapeamentos temáticos e a modelagem climática. Por fim o sétimo capítulo “*Referências Bibliográficas*” se refere às obras citadas e consultadas para a realização dessa pesquisa.

## **CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **1.1 - BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA CLIMATOLOGIA**

Antes de nos debruçar em conceituações e revisões teóricas sobre o clima urbano em si e suas manifestações, parece fundamental uma revisão sobre a construção da própria climatologia.

De acordo com os estudos de Gregory (1992), a climatologia vai surgir no seio da meteorologia, encontrando nessa ciência suas bases referenciais, nesse raciocínio Sant'Anna Neto (2001, p.4) explica que:

“até o século XIX, tanto a climatologia como a meteorologia, no contexto mundial tiveram uma evolução paralela e, às vezes, inclusive, se confundindo, pouco se distinguindo em seus métodos de análise, a partir de 1860, com o extraordinário avanço da física e com o aparecimento das primeiras cartas sinóticas, a meteorologia dá um enorme salto quali-quantitativo, passando a se diferenciar e a se distanciar da climatologia, tanto em termos metodológicos, quanto em técnicas de análise.”

No Brasil, conforme afirmam os escritos de Sant'Anna Neto (2015) a origem da climatologia estaria atrelada a criação do Observatório Astronômico Imperial do Rio de Janeiro em 1827, sendo o engenheiro Henrique Morize, o responsável por divulgar em 1889, republicada em 1922, a obra *Esboço da Climatologia no Brasil*, primeira publicação que se tem notícia sobre o clima brasileiro. Obra essa que além de propor uma classificação climática para o território brasileiro, ainda recorria e fazia observações contrárias às publicações do polêmico geógrafo americano Huntington, que de acordo com Barbato (2015) acreditava que somente certos tipos climáticos eram propícios à vida civilizada, deixando claro a sua concepção determinística em relação ao ambiente tropical, pensamento esse, muito difundido durante a época.

Sant'Anna Neto (2015) ainda destaca a obra publicada do médico carioca Afrânio Peixoto, *Les Maladies Mentales dans lês Climats Tropicaux*, no ano de 1905, que também se opunha radicalmente a visão preconceituosa e determinista dos autores habitantes de países temperados em relação aos países tropicais.

O autor ressalta que Peixoto recorria ao possibilismo, expressando que o clima era capaz de gerar novas formas de adaptação nas relações de sociedade e natureza. Além disso, o médico se dedicou a artigos publicados tendo o clima como enfoque para a Revista de Medicina Carioca, demonstrando as associações climáticas com a saúde, considerado assim por Sant'Anna Neto (2001, p.50), como o precursor da Climatologia Médica no Brasil:

“A maioria das cidades e vilas brasileiras apresentavam, por essa época, uma quadro geral de insalubridade em que a umidade excessiva e as elevadas temperaturas, para os padrões europeus, associadas às péssimas condições de higiene eram responsáveis por diversas moléstias e epidemias. Dessa forma a maioria dos estudos climatológicos era realizada por médicos e sanitaristas, que convergiam suas análises sobre o papel do clima na saúde pública, principalmente através da perspectiva da adaptação do europeu ao ambiente dos trópicos”.

É sabido que a geografia francesa sempre foi de encontro à geografia alemã, legado herdado pelas disputas geopolíticas entre os dois países. Nesse contexto duas correntes de pensamento obviamente opostas surgem dentro da ciência geográfica: o determinismo alemão *versus* o possibilismo francês. A ideia de que o meio, especificamente as condições climáticas, estipulava e ditava as regras sob o comportamento humano, preconizadas por Ratzel, levou Vidal de La Blache a desenvolver a visão possibilista do meio, o qual segundo ele fornece uma série de possibilidades para que o homem o modifique (CORRÊA, 2000).

É nesse contexto de destaque da escola francesa de geografia que Sant'Anna Neto (2015) ressalta que Maximilien Sorre surge como o defensor de que a geografia deveria estudar as formas pelas quais os homens se organizam no meio, entendendo o espaço como sua morada, porém o que é merecedor de destaque na sua obra intitulada “*Les Fondements de La Géographie Humaine*”, publicada em 1948, é o seu caráter reflexivo e inovador sobre a análise dinâmica e geográfica do clima.

Sorre (1934, p. 90) destaca que a climatologia clássica, a qual tem Julius Hann como principal precursor e que publicou *Handbuch der Klimatologie*, considerado como a grande obra de destaque dos conhecimentos do clima do século XIX, se prendia a definição do clima como “o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em cada lugar da Terra”. Segundo Sorre (1934), essa é uma definição simplória, cômoda e insuficiente uma vez que a média mascara a realidade quando se caracteriza os elementos do clima, além de pregar um caráter estático e artificial, pois não menciona o desenvolvimento dos fenômenos ao longo do tempo.

Dessa forma Sorre (1934) introduz a ideia de que o ritmo é o elemento essencial do clima, propondo então a adoção de uma ciência climática capaz de analisar e representar o tempo em seus estados atmosféricos e o ritmo climático em sua sucessão habitual dos estados da atmosfera em um dado espaço geográfico. Sorre (1934, p. 90) ainda completa que “em cada instante dado e em cada ponto do globo, a atmosfera é uma combinação singular que tem muito pouca chance de se reproduzir de uma maneira perfeitamente idêntica.”, destacando o caráter singular do clima, mas ao mesmo tempo esclarecendo que o ritmo das distintas estações traz estados higrométricos comparável com vários meses de distância. Estas condições se agrupariam em torno de formas ou tipos característicos de cada época do ano.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) enfatizam que essas concepções climáticas difundidas por Maximilian Sorre associadas às de Pierre Pédelaborde foi a base para que Monteiro criasse o conceito de análise rítmica em climatologia, introduzindo ainda a Teoria dos Sistemas de Ludwing Von Bertalanffy.

No entanto, Zavattini (2013) chama a atenção para que mesmo Pédelaborde seguindo os pressupostos comuns da climatologia dinâmica de Sorre, há nítidas divergências entre as concepções de Pédelaborde e Monteiro, referindo-se principalmente como cada um dos autores buscam a síntese do clima.

Pédelaborde (1970) caminhava numa concepção do paradigma voltado para totalidade dos tipos de tempos que atuavam sobre a bacia parisiense. Já Monteiro (1971) considerou o clima e o seu dinamismo atmosférico, no sentido em que o ritmo é intrínseco a natureza física da atmosfera.

Apesar de Sorre ser o responsável pelas reformulações no entendimento e no estudo do clima, o mesmo nunca de fato aplicou o seu paradigma em estudos práticos, observação essa que é ressaltada pelo próprio Monteiro (1991, p.39) na obra *Clima e Excepcionalismo* : “a aceitação do conceito de Max Sorre (1951) deu margem a adoção de um novo paradigma que não encontraria apoio em uma estratégia metodológica, uma vez que Sorre não produziu análises climatológicas”.

Essa concepção de climatologia dinâmica apoiada na ideia do ritmo, proposta por Sorre, despertou em Monteiro o referencial necessário para a construção de uma teoria que fosse capaz de abarcar o sistema climático das cidades, o que contribuiu para uma revolução nos estudos do clima urbano no Brasil. Ao que Zavattini (2013, p.8) denominou de “Escola Brasileira de Climatologia Geográfica, legado de responsabilidade do professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro”. Tal feito de fundamental importância que Sant’anna Neto (2015) classifica todas as produções

científicas do clima no Brasil, anterior ao advento das obras de Monteiro, como um período denominado “ Pré-Monteiriano”.

## **1.2 - O CLIMA URBANO**

As primeiras investigações, que se têm notícias na literatura, sobre o clima urbano, expressando sobre as diferenças de temperatura existente entre o campo e a cidade remontam á época da 1ª Revolução Industrial em Londres. Como explicita Gartland (2010) essa documentação foi desenvolvida pelo meteorologista amador Luke Howard no ano de 1818, o pesquisador constatou um exagerado calor artificial na cidade quando comparado ao campo. Howard atribuiu ao excesso de calor, a circulação de pessoas e animais e também á maior absorção de radiação solar pelo fato das superfícies verticais encontradas na cidade, além da menor disponibilidade de umidade para a evaporação (GARTLAND, 2010).

Landsberg (1991) ressalta que a manifestação climática mais óbvia da urbanização é justamente a tendência para uma maior temperatura do ar.

Oke (1976) define o clima urbano como resultado das modificações das condições climáticas locais, provocadas pela ocupação, e pelas propriedades térmicas dos materiais que compõem a cidade. O autor ainda ressalta que os estudos sobre o mesmo é demasiado importante para garantir um ambiente saudável para os moradores da cidade. E ainda para identificar se os efeitos da urbanização não têm causado repercussões prejudiciais sobre o clima em escala planetária.

Os estudos voltados para a investigação do clima urbano no Brasil tiveram suas origens nos trabalhos do professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, quando é defendida a sua tese em 1976. O desenvolvimento da teoria Sistema Clima Urbano (S.C.U), capaz de integrar o clima, um fato natural, com a cidade, um fato social, vêm a se tornar referência para a maiorias pesquisas produzidas posteriormente sobre o clima nas cidades brasileiras.

Monteiro (2015, p.85) ressalta que na década de 70 os estudos urbanos passam a ter maior notoriedade em função do intenso processo de urbanização que veio a gerar as regiões metropolitanas, “onde o improvisado (ilegal) superava o planejado (legal),

sendo que os aspectos ambientais foram sendo negligenciados e esquecidos”. Dessa forma ele decide direcionar os estudos da Climatologia para as cidades, se dedicando a investigar o clima urbano, partindo de uma premissa que “o universo urbano está amplamente aberto ao que há de mais interdisciplinar [...] a cidade é, também o lugar de mais efetiva interação entre o homem e a natureza” (MONTEIRO, 2015, p.86).

Monteiro vai buscar nas bases da Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig Von Bertalanffy, as referências necessárias para desenvolver a sua proposta teórico-metodológica do Sistema Clima Urbano. A definição básica para um sistema é o princípio da relação íntima entre as partes que vai formar a totalidade.

Dessa forma, são escolhidos cinco critérios, os quais Monteiro (2015) utiliza para nortear o desenvolvimento do Sistema Clima Urbano (S.C.U):

- Dinamismo, Monteiro (2015), parte de uma concepção dinâmica, adotando o paradigma do ritmo climático de Max Sorre, sendo o clima uma sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre os lugares e o clima urbano sendo condicionado pelos fluxos de energia decorrentes das modificações nas estruturas urbanas.
- Consistência teórica, dotado de uma estrutura e funcionalidade, remete a capacidade que a metodologia possui em ser replicada em várias outras localidades, ou seja, o sistema clima urbano poderá ser aplicado em diferentes cidades, levando-se em consideração as especificidades locais.
- Empirismo, de acordo com esse critério, qualquer pesquisa a cerca de determinado fenômeno deve ter a preocupação com a verificação e veracidade dos parâmetros adotados.
- O Modelismo vai abranger a parte de diagramação, mapeamentos, tabulações, modelagens que podem ser auxiliados com a precisão dos Sistemas de Informações Geográficas.
- Pragmatismo, baseando-se na lógica formal, o estudo a ser proposto deve apresentar os objetivos bem definidos, sendo capaz de fazer perguntas e emitir respostas. Nesse sentido a investigação sobre o clima urbano deve servir de aparato as questões estratégicas de solução de problemas ligadas ao planejamento urbano, levando-se em consideração as especificidades ambientais locais.

A partir da elucidação dos critérios, Monteiro (2015) traz dez enunciados básicos a fim de esclarecer a proposição do S.C.U. De acordo com o autor no

**enunciado 1:** “*O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização*”(MONTEIRO, 2015, p.93).

Essa afirmação esclarece que a definição de clima urbano para uma determinada realidade, não deve se ater a definição do grau de urbanização, ou seja, “não se deve haver preocupação em precisar a partir de que grau de urbanização e de que características geocológicas locais se poderia usar o termo clima urbano” (MONTEIRO, 2015, p.94).

Landsberg (2006) destaca o quão difícil é estimar de forma quantitativa a partir de qual grau de densidade populacional e edificações começaria a causar influência sobre o clima, porém Geiger (1950) infere que qualquer modificação sobre a cobertura original da terra dá início à alteração dos microclimas pré-existentes.

Nesse contexto pode-se concluir que mesmo uma cidade de pequeno porte pode desenvolver condições climáticas diferentes daquelas iniciais, como o aumento da temperatura média local e a diminuição da umidade relativa, se não forem adotadas algumas estratégias no sentido de amenizar as características do clima urbano. Isso pode ser confirmado através das pesquisas em cidades de menor porte, conforme já foi apresentado por Teixeira (2015) e Ugeda Júnior (2011), e é também ressaltado por Amorim (2016, p.33):

“As diferenças de temperaturas intraurbanas e rurais, tanto do ar quanto dos alvos tem sido verificadas na maioria das cidades onde os estudos de clima urbano foram realizados, independentemente do porte das mesmas. O tamanho das cidades, associado às suas características, seja no que diz respeito às suas especificidades geoambientais ou urbanas, além dos sistemas atmosféricos atuante explicam as diferenças térmicas intraurbanas”.

Seguindo essa premissa, poderemos encontrar por exemplo, diferenças térmicas intra urbanas desde cidades pequenas até grandes metrópoles, o que vai diferenciar é a intensidade da manifestação do fenômeno.

**Enunciado 2:** “*O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere*”(MONTEIRO, 2015, p.94).

Esse enunciado mostra a íntima relação entre o clima local e o clima regional, conseqüentemente há uma preocupação de Monteiro em categorizar as diversas escalas do clima. A cidade tem capacidade geradora de distintas condições microclimáticas seja em função da existência e distribuição de áreas vegetadas que vai estar atrelada aos tipos de uso da terra, da topografia, dos tipos de materiais de construção utilizados, das

edificações, do padrão de arruamento que vão afetar as condições de ventos, umidade e, conseqüentemente, a temperatura do ar. Monteiro (2015, p. 95) vem ressaltando que “a cidade pode se integrar em níveis superiores como também se dividir em bairros, ruas, casas, ambientes internos sendo que o espaço urbanizado se relaciona com o ambiente regional”, destacando que o clima urbano se categoriza tanto na escala vertical como na horizontal.

**Enunciado 3:** “*O S.C.U. importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos*” (MONTEIRO, 2015, p.95).

A premissa ressalta a complexidade do S.C.U. Dessa forma Monteiro (2015) explica que a organização climática da cidade é centrada na atmosfera e esta deve ser entendida como o operador do sistema, e as ações no espaço urbano incluindo o homem e os demais seres vivos se constituem o operando no sistema. Porém, Monteiro destaca que esse operando não é passivo e muito menos estático. Pois é fato que os padrões de comportamento dos habitantes do meio urbano vão refletir na estrutura do S.C.U. Nesse sentido Sant’Anna Neto (2011, p. 47) expõe que:

“Se em alguns territórios o clima ainda exerce papel determinante, em função do estágio do aparato tecnológico e do desenvolvimento econômico, em outros a sofisticada tecnificação e as relações de produção altamente modernas minimizam os efeitos adversos da dinâmica climática. Assim, esta relação clima–sociedade não mais se dá na dimensão do homem enquanto raça ou indivíduo, mas sim no contexto do homem como ser social e inserido numa sociedade de classes.”

[ ] “os grupos sociais não experimentam nem se relacionam com o tempo e o clima urbano da mesma forma, pois espaços desiguais potencializam os efeitos do clima, se manifestando de forma desigual. Deve-se que admitir portanto que o clima urbano possa ser interpretado como uma construção social”.

Sendo assim, cabe ressaltar que as conseqüências das alterações climáticas locais vão ser percebidas de forma diferenciada pelos habitantes da cidade, uma vez que, a causa dessas diferentes percepções será controlada pelas condições socioeconômicas particulares dos indivíduos, no uso de equipamentos e maiores gastos energéticos a fim de criar ambientes climatizados, que agem no sentido de anular/atenuar os desconfortos criados pelo clima urbano. Ou seja, as populações de baixa renda ficam mais expostas ao desconforto térmico do que as populações de classe média e alta.

**Enunciado 4:** “*As entradas de energia no S.C.U. são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), implicando componentes dinâmicas, inequívocas, determinadas pela circulação atmosférica e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto*” (MONTEIRO, 2015 p. 96).

O enunciado trata-se do balanço de energia, a 1º Lei da Termodinâmica afirma que a energia nunca é perdida. Para a superfície da Terra, isso significa que toda energia absorvida pela superfície por meio de radiação vai para algum lugar. Essa energia irá aquecer o ar acima da superfície ou será evaporada com a umidade ou será armazenada nos materiais em forma de calor (Gartland, 2010).

A autora ainda afirma que o armazenamento de calor vai depender principalmente de duas propriedades dos materiais presentes no meio urbano: condutividade térmica e a capacidade calorífica, os materiais com maior condutividade térmica são mais hábeis na condução de calor para seus interiores e os materiais com grande capacidade calorífica são capazes de armazenar mais calor em suas massas, sendo assim à medida que mais calor é armazenado a temperatura do material aumenta. Isso explica por que os diferentes tipos de materiais de construção utilizados e a impermeabilização do solo vão alterar significativamente as quantidades de energia absorvida e refletida, causando as anomalias/diferenças térmicas como, por exemplo, as chamadas ilhas de calor.

**Enunciado 5:** “*A avaliação dessa entrada de energia no S.C.U. deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão*”. (MONTEIRO, 2015, p. 96).

A afirmação trata-se da perspectiva dinâmica da circulação de energia dentro do sistema, atrelado às condições de mudanças e conseqüentemente processos de transformação dos fluxos de energia. Dessa forma, à medida que se altera os elementos contidos no sistema (impermeabilização, verticalização) alteram-se as relações de tempo na perda e ganho de energia dentro do sistema. Nesse sentido Ugeda Júnior (2001, p.72) destaca que:

“O processo de retroalimentação associado à poluição urbana e as partículas em suspensão podem aumentar a absorção e a reflexão da energia, aumentando conseqüentemente, o tempo necessário para que o SCU dissipe essa energia. Esses fatores são responsáveis para que a máxima expressão das ilhas de calor ocorra no período noturno”.

**Enunciado 6:** “*A estrutura interna do S.C.U. não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou*

*funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas”.* (MONTEIRO, 2015 p.97).

Esse enunciado trata do caráter interativo dinâmico do conjunto de elementos presentes no sistema climático urbano, que não podem ser encarados de forma dissociada. Essa necessidade de tratar as variáveis presentes no meio urbano de forma integrada encontra nos modelos matemáticos e nos softwares de sistemas de informação geográfica as ferramentas necessárias para investigações do clima urbano. Assim propõe Ferreira (2014, p.57).

“Estes modelos permitem ter uma visão de conjunto do ambiente, considerando simultaneamente suas características físicas (clima, topografia, hidrografia, declividade), biótica (vegetação), socioeconômicas (aqui considerados os elementos derivados ou influenciados pela ação antrópica no ambiente urbano, como as edificações, taxa de impermeabilização, fator de visão do céu, vias de circulação, áreas verdes, etc), possibilitando operacionalizar em conjunto um grande número de variáveis”.

**Enunciado 7:** *“O conjunto-produto do S.C.U. pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação, classificatória, que deve ser constituída através de canais de percepção humana”*(MONTEIRO,2015, p.98).

A partir desse enunciado Monteiro (2015, p. 98), “divide” a teoria do S.C.U. em canais de percepção humana (quadro 1), centralizando o homem como o elemento identificador dos problemas geográficos.

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico Conforto Térmico	II Físico-Químico Qualidade do Ar	III Hidrometeorológico Impacto Meteorológico
Fonte	Atmosfera; radiação; circulação horizontal	Atividade urbana; veículos automotores, indústrias obras limpas.	Atmosfera, estados especiais (desvios de ritmo.
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	De operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação; núcleo e ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial. Trabalho de campo	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (Trabalho de Campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia, Arquitetura e Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	Ilhas de calor;	Poluição do ar	Ataque á integridade

	ventilação e aumento de precipitação		urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo; tecnologia de conforto habitacional.	Monitoramento e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana, compreensão da dinâmica fluvial, uso do solo.
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

**Quadro 1: Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.** Fonte: Adaptado de Monteiro (2015, p.126). Organização: Pimentel, 2016

Dessa forma foi proposto três campos de abordagens:

O subsistema termodinâmico, cujo canal de percepção é o conforto térmico, voltado para estudos que analisam a interação entre a atmosfera e a cidade cujo produto será a existência de ilhas de calor ou ilhas de frescor, inversões térmicas, aumento da precipitação, podendo causar efeitos diretos como o desconforto e a redução do desempenho humano. Esse campo de abordagem enfatiza ainda a importância da existência de áreas verdes urbanas, como elemento de intervenção para auto regulação;

O subsistema físico-químico, cujo canal de percepção é a qualidade do ar, (preocupado em analisar a dinâmica da poluição atmosférica, destacando a ocorrência das chuvas-ácidas);

E o subsistema hidrodinâmico, cujo canal de percepção são os meteoros de impactos, (focado em análises pluviométricas relacionadas à impermeabilização dos solos, destacando as ocorrências de enchentes nas cidades). Para essa pesquisa, o enfoque será no subsistema termodinâmico direcionado a identificação espacial das ilhas de calor, sintetizando as correlações entre as variáveis ambientais envolvidas no sistema.

De acordo com Mendonça (2003, p.178) os dois primeiros subsistemas possuem uma vasta bibliografia principalmente internacional, uma vez que se manifestam com maior intensidade nas áreas urbanas dos países desenvolvidos, já o subsistema hidrodinâmico, característicos de áreas tropicais encontra-se bem menos explorados. Majoritariamente, no Brasil, os estudos vão dar enfoque no subsistema termodinâmico evidenciando as “ilhas de calor”.

Silva (2016, p.53) enfatiza que o subsistema físico-químico, “foi aquele que menos avançou e poucos foram os trabalhos realizados por geógrafos cuja temática

central tenha como objetivo a compreensão da dinâmica e as características do canal qualidade do ar.”.

Não ficando restrita apenas ao encargo dos geógrafos, a teoria do Sistema Clima Urbano, foi adotada também pelos arquitetos-urbanistas, servindo de aparato as questões ligadas ao planejamento urbano, conforto térmico, visando à melhoria das condições ambientais e de vida nas cidades. Como elucida Mendonça (2003), variados são os recursos técnicos que tem caracterizado a prospecção da atmosfera das cidades no Brasil, país que conta com base teórico-metodológica, para o estudo do clima urbano, a partir da década de 1970, elaborada na perspectiva de contribuir para o planejamento da cidade.

**Enunciado 8:** “*A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização*”. (MONTEIRO, 2015, p.24).

O presente enunciado trata da integração do clima (um fator de caráter natural) com a cidade (um fator de caráter social). Por ser a cidade um fator social ela está aberta ao que há de maior variação em suas características geocológicas, ou seja, uma cidade nunca vai ser igual à outra, e a tendência é que a mesma sempre estará em constante mudança, isto é, um processo dinâmico. A maioria dos grandes e médios centros urbanos brasileiros sofreu um rápido e acelerado crescimento desprovido de pouca ou nenhuma forma de planejamento e estratégia de mitigação dos efeitos do clima urbano. No entanto, mesmo sofrendo dos inconvenientes do clima urbano, elas se organizam estruturalmente de forma distinta, em que os fatores do sítio urbano, da localização geográfica, as especificidades em geral podem reforçar essa diferenciação, e nesse contexto Ugeda Júnior (2011, p. 75) traz a seguinte contribuição:

Sendo o interesse econômico variável, em cada cidade, em cada momento histórico, e em cada grupo que forma a teia de relações de interesse e poder, as cidades também crescem de forma diversificada, mesmo que, muitos problemas sejam comuns, a variação de intensidade, de frequência de ocorrência, e da população atingida confere, à cada cidade, particularidades e especificidades próprias, com maior ou menor grau de risco e de impactos à qualidade ambiental e a qualidade de vida da população.

**Enunciado 9:** “*O S.C.U. é admitido como passível de autorregulação, função essa conferida ao homem urbano que, na medida que o conhece é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de*

*retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas*”(MONTEIRO, 2015, p.99). Nesse enunciado o climavai ser tratado por Monteiro, como um sistema complexo, aberto e adaptativo, sendo passível de autorregulação. À medida que o homem consegue entender as interações entre os elementos contidos na superfície e na atmosfera, poderá intervir, tomando decisões estratégicas para amenizar os efeitos climáticos indesejáveis através da utilização do planejamento urbano. Essa possibilidade destaca o caráter pragmático utilizado como critério na elaboração do S.C.U. Nesse sentido Ferreira (2014, p.54) ressalta a importância do planejamento urbano integrado aos resultados obtidos pelos estudos do clima urbano:

“o clima urbano precisa ser considerado e consolidado como uma variável importante para o planejamento urbano, principalmente no contexto de possíveis mudanças climáticas, que poderiam repercutir em um aumento da temperatura do ar, precipitações mais concentradas, secas prolongadas, etc., o que poderia influenciar na dinâmica das cidades, no aumento do calor e consequente desconforto térmico, no aumento das enchentes urbanas e movimentos de massa, em função da maior concentração da precipitação e alteração dos espaços urbanos (impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal, etc.). Todas estas situações, já são vivenciadas e vem repercutindo em sucessivas perdas materiais e de vidas humanas pela população urbana na atualidade.”

Assim é observada uma tendência nos estudos da atualidade abordando a interação do clima com as atividades humanas, numa perspectiva de causa e efeito, tendo como objetivo a comprovação dos problemas de qualidade do meio ambiente urbano. De acordo com Monteiro (1991, p. 15)

“A análise do clima urbano em geral e a do campo termodinâmicoem especial, requer todo um material de caracterização dacidade: uso da terra, padrões de edificação com áreas verdes e espaçosabertos, morfologia e estrutura urbana, configuração vertical, densidadedemográfica, densidade de aparelhos de condicionamento interno de ar, intensidade do fluxo de veículos auto-motores e de pedestres,etc”.

Na perspectiva da análise integrada e sistemática, a investigação e comprovação do raciocínio que a cidade “deriva” o clima urbano, se fazem necessário à elaboração de mapeamentos de algumas variáveis como massa construída, tipo de coberturas, vegetação, levantamento de dados de uso da terra no meio urbano, da orientação das vertentes, da altimetria e disposição do sítio urbano, dos tipos de edificações e da intensidade da verticalização, proporcionando correlações e evidências de que um

determinado elemento poderá afetar os outros, permitindo assim traçar associações de causa e consequência.

**Enunciado 10:** *“Pela possibilidade de interferência auto-reguladora, acrescenta-se ao S.C.U., como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através dos processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim como um sistema morfogenético”*(MONTEIRO, 2015, p.99).

Entende-se como um sistema aberto aquele onde ocorre uma contínua troca de matéria, energia e informação com o ambiente. São sistemas que em sua maioria possuem tendência à adaptação, sendo capaz de manter condições estáveis, podendo se ajustar às transformações ocorridas em seu ambiente, o que é denominado de equilíbrio homeostático (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Monteiro (2015, p.100) destaca que:

“Pela sua tendência natural, estaria fadado a constituir um sistema organísmico à procura de equilíbrio homeostático. Pelo crescimento desordenado da urbanização, isso dificilmente seria obtido; e o sistema, agravado pela sobrecarga de produtos nocivos, viria, fatalmente, a entrar em entropia. Nada impede, contudo, que o homem urbano interfira, conscientemente, no sentido de elaborar as reciclagens necessárias e conduzir o crescimento urbano, no sentido da adaptação progressiva às metas de crescimento harmônico”.

A esse raciocínio Monteiro (2015) ressalta que não se pode ter um freio em relação ao crescimento urbano e industrialização a fim de se ter um equilíbrio homeostático e manter os níveis de padrão condizente com a qualidade de vida, no entanto é possível explorar esse caráter adaptativo que todo sistema aberto é dotado, no sentido das intervenções autorreguladoras “para sua própria preservação e sobrevivência”.

O desenvolvimento da teoria S. C. U vai consolidar os estudos na climatologia urbana, porque se trata de um referencial teórico e metodológico que foi totalmente inovador e de proposta integradora, apto a compreensão do clima criado e transformado pelas cidades. Cabe ainda destacar que o desenvolvimento da teoria não foi de grande contribuição apenas dentro Geografia, uma vez que o seu caráter interdisciplinar proporcionou instrumento de análise dentro de outros campos da ciência, como a arquitetura e urbanização, engenharia ambiental, além de ser apropriada para fins de melhoria da população residente nas cidades, através das ações de planejamento e desenvolvimento urbano.

### 1.3 - AS ESCALAS ESPACIAIS CLIMÁTICAS

Tanto Monteiro (1976) quanto Oke (1987) vão estabelecer classificações em relação às escalas climáticas, embora os dois autores mostrem formas diferenciadas de contemplar e classificar cada uma delas.

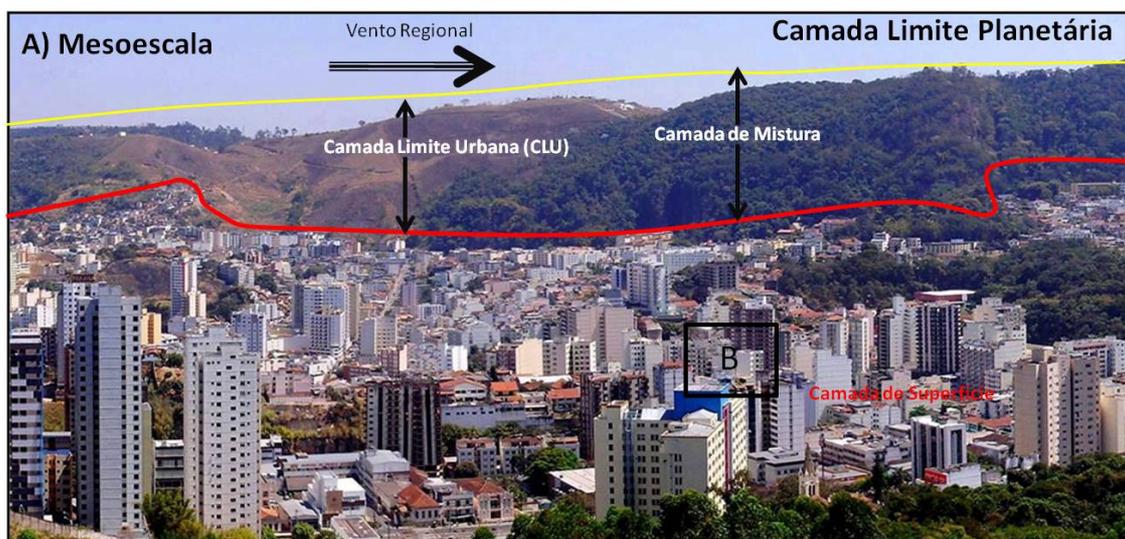
Monteiro (1976), preocupado em estabelecer as unidades espaciais climáticas, afirma que estas estarão intimamente ligadas as formas do relevo, por ser um dos fatores de grande influência climática. Dessa forma Monteiro (2013, p.28) adapta as escalas climáticas a proposta taxonômica de Tricart & Cailleux (1956), que está resumida no quadro 2. No entanto ressalta que os limites propostos não são hierarquicamente rígidos e sim uma referência.

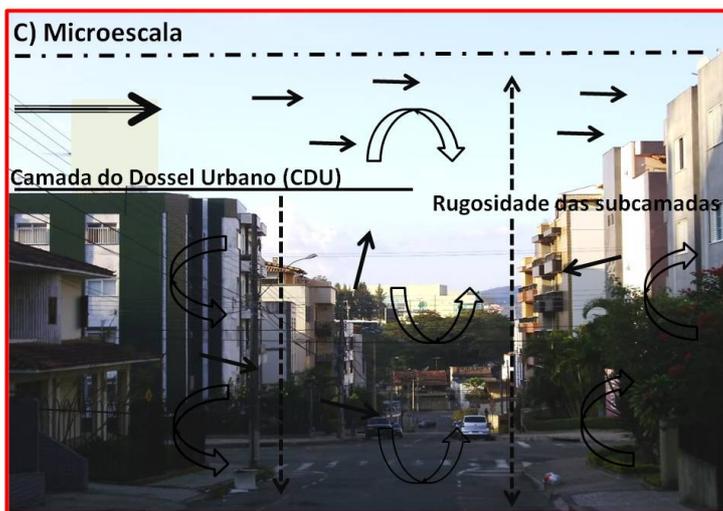
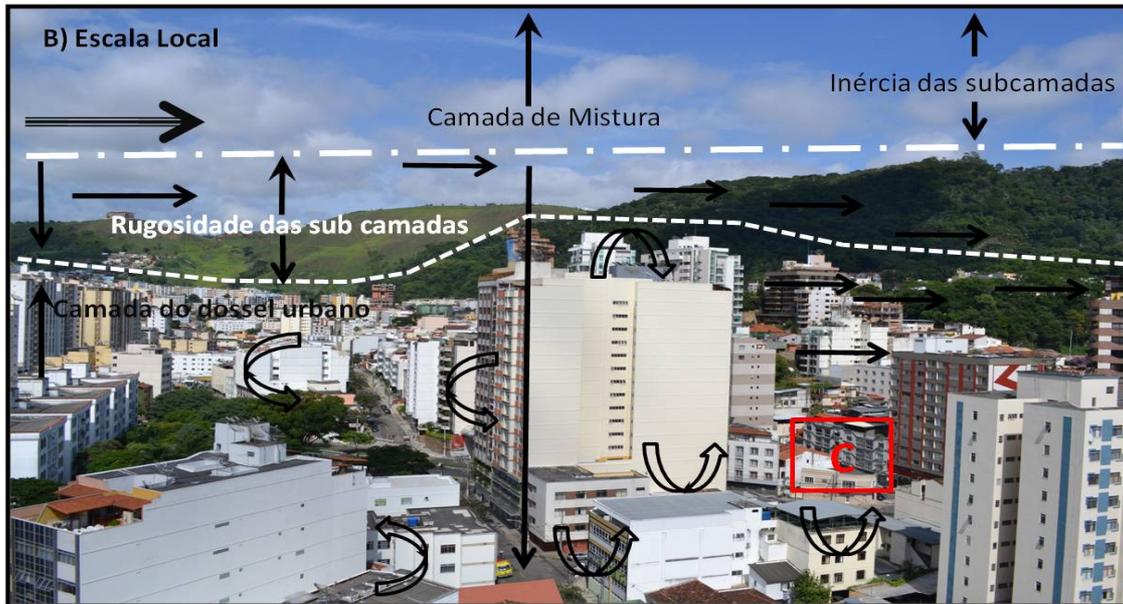
Ordens de grandeza	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços Climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de Km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	(milhões de Km)	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de Km)	1:1.000.000 1:500.000	Sub-Regional	Megalópole Grade área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatos geográficos	Mapeamento sistemático
V	(dezenas de Km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	(centenas de m)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registro móveis (Episódios)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Subúrbio da cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
-	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de Habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

**Quadro 2 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano.** Fonte: Adaptado de Monteiro (2015, p.130).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicam que o macroclima, a maior das unidades climáticas abrange o Planeta, no contexto global indo até as grandes zonas climáticas, sendo superior a grandeza dos milhões de Km<sup>2</sup>, subordinado a circulação geral da atmosfera, condicionado pelos fatores geográficos do clima (latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, atuação das correntes marinhas e das massas de ar). Podendo ser definido através da utilização de satélites. O mesoclima seria unidade intermediária entre o macro e o microclima, tendo o clima local e o topoclima com representantes dessa subunidade, inseridos no clima regional, se enquadrando desde Km<sup>2</sup> a dezenas de Km<sup>2</sup>. O clima local pode abarcar desde uma metrópole, uma área agrícola, e o topoclima definido através da influência do relevo pode categorizar uma pequena cidade, ou um bairro. Já o microclima, transitando desde alguns centímetros até centenas de m<sup>2</sup>, vai estar diretamente associado às condições de movimento do ar na superfície, as condições de uso e ocupação da terra.

Oke (1987), vai se preocupar em estabelecer os limites tanto horizontais como os verticais entre as camadas atmosféricas trabalhando dentro da escala intraurbana. O autor ressalta que as transformações ocasionadas pela urbanização levarão a formação de diferentes camadas atmosféricas. Dessa forma vai subdividi-las em três a fim de explicar a interação entre elas. As setas em destaque representam o sentido do vento, e as setas menores representam as trocas de calor na atmosfera.





**Figura 1: Demonstração das Camadas da Atmosfera Urbana.** Fonte: Adaptação de Grimmond (2006) modificado de Oke (1997); Fotografias: Juiz de Fora; Organização: Pimentel (2016)

Grimmond (2006) vem ressaltar que os processos atmosféricos ocorrem nas diferentes escalas espaciais urbanas, que se inicia pela camada limite planetária, percorrendo pela camada limite urbana e finalizando na camada limite de dossel.

A Figura 1, subdividida em “A” apresenta o que Oke vai propor como mesoescala, sendo a Camada Limite Planetária (CLP) que irá abranger a camada superior ao limite urbano, onde as características serão reguladas pela circulação da atmosfera regional. De acordo com Gartland (2010) a camada limite é mais espessa durante o dia quando as superfícies quentes aquecem o ar, que por ser mais leve sobe até a atmosfera mais fresca e se mistura. Durante a noite a superfície terrestre tende a perder calor e se resfriar, portanto a camada limite se contrai. Oke (1987) ainda destaca que nas cidades durante a noite, a superfície vai se tornando mais fria do que o ar acima,

proporcionando uma camada de ar frio abaixo do ar quente, essa liberação de calor das superfícies urbanas causa a inversão de ar quente acima da camada limite.

A Figura 1, subdividida em “B”, apresenta a escala local, denominada de Camada Limite Urbana (CLU), está localizada acima do nível dos telhados. Na prática a escala local é formada pelo conjunto de inúmeros microclimas e topoclimas que operam dentro do meio urbano, que irão se formar em função da heterogeneidade propiciada pela produção do espaço urbano, pois o mesmo está submetido a uma enorme variedade de elementos que o compõe. Monteiro (2015, p.106) se refere que “um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geocológica, passando a organizar-se no nível dos topoclimas e especializar-se nos microclimas”. A escala de análise dessa pesquisa se insere na escala local, se iniciando o tratamento das informações a partir de cada uma das edificações inseridas nas 38 regiões urbanas pré-determinadas.

A Figura 1, subdividida em “C”, denominada de Camada do Dossel Urbano (CDU), é uma sub-camada da Camada Limite Urbana, abrangendo o que ele denomina de microescala, se configurando da altura do nível do solo até o limite do nível dos telhados abrangendo edificações, ruas, jardins, indivíduos arbóreos, ou seja essa camada será condicionada pelas influências microclimáticas operadas pelos tipos de materiais presentes na organização urbana, como o tipo de fachada dos edifícios, a cor das pinturas, o tipo de material utilizado na cobertura das edificações, o uso e a cobertura da terra. Amorim (2000, p.26), destaca que "esta camada de ar pode atingir entre 1 e 3 vezes a altura do topo dos elementos existentes à superfície, e pode apresentar uma turbulência forte de pequena escala, dependendo da rugosidade da superfície."

Nesse sentido vale destacar que a produção de material cartográfico sobre os tipos de materiais que vão predominar no meio urbano é demasiado importante para o entendimento da forma que a cidade modifica o clima local, assim Ferreira (2014, p.54) destaca que “quanto mais a escala de detalhe aumenta, mais complexa e melhores são as possibilidades de entender e avaliar os elementos e variáveis definidoras dos diferentes microclimas presentes nas cidades”.

#### **1.4 - OS ESTUDOS SOBRE ILHAS DE CALOR**

Ilha de calor vai ser o fenômeno protagonista na manifestação do clima urbano, sendo dessa forma considerada uma anomalia térmica, capaz de alterar as condições de vida dos indivíduos residentes nas áreas urbanas. Oke e Maxwell (1974) vão ressaltar

que os efeitos da ilha de calor é a modificação mais notória da urbanização em função da substituição das superfícies naturais.

Embora os impactos meteorológicos e a poluição atmosférica também se manifestem como fenômenos urbanos, a ilha de calor é típica do meio urbano, podendo ser encontrada em cidades de variados tamanhos e de diversas partes do mundo, tanto em baixas como médias latitudes, mas será em ambiente tropical que a dimensão do fenômeno ganhará destaque como afirma Sant'Anna Neto(2016, p.7):

“Um dos problemas que mais afetam o cotidiano da vida urbana, em países tropicais como o Brasil, refere-se ao conforto térmico e ambiental. As condições climáticas urbanas associadas aos padrões de habitação e moradia, quando são inadequadas geram uma perda de qualidade de vida para uma parte significativa da população, enquanto para a outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações.”

O termo “ilha” faz menção ao seu padrão espacial térmico, que se diferenciará na medida em que for afastando da área densamente urbanizada, rumo ao meio rural, como pode ser ilustrado pela Figura 2. Sua existência então diz respeito à diferença térmica entre áreas situadas no meio urbano e no meio rural, não existindo um intervalo térmico absoluto para configurar o fenômeno.

Nessa pesquisa será utilizado o termo ilha de calor, apenas, por que o simples fato da existência de uma ilha de calor já remete que ela será encontrada em uma área urbana, não sendo necessária utilização redundante de “ilhas de calor urbana”.

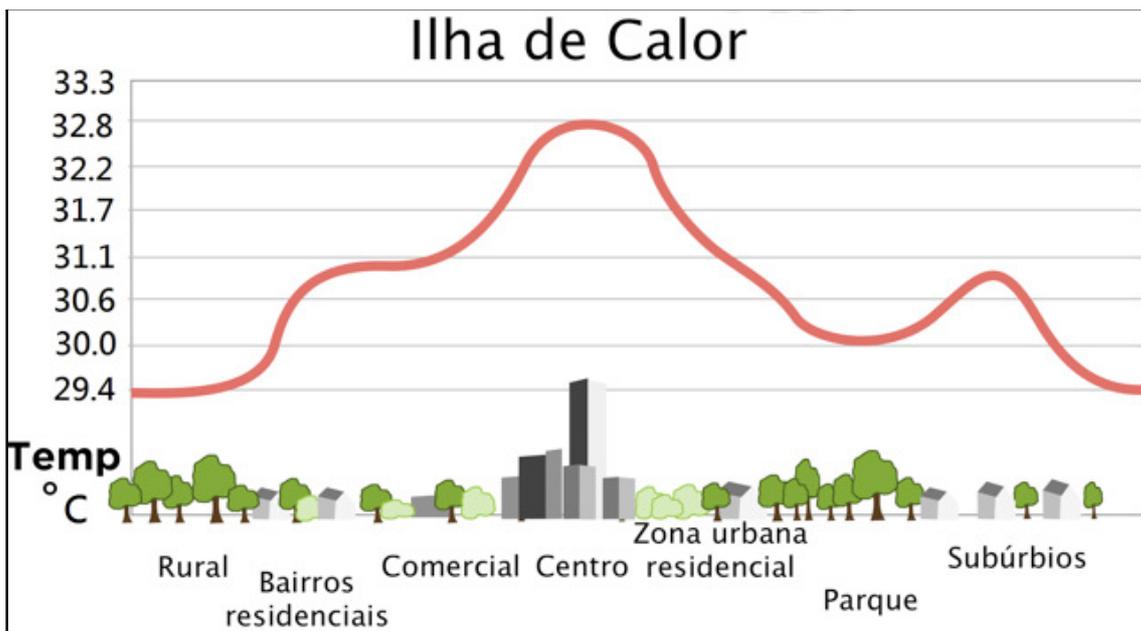


Figura 2: Esquemática típica de uma ilha de calor. Fonte: Oke (1973).

A Figura 2 traz um típico esquema de uma ilha de calor, que para fins didáticos trata de uma representação bem conhecida, porém quando se analisam cidades brasileiras, dificilmente a ilha de calor irá obedecer a esse padrão espacial. Uma vez que as periferias das grandes e médias cidades não vão contar com esse caráter tipicamente residencial, onde as edificações terão quintais espaçosos e com algum tipo de cobertura verde.

No Brasil, onde as periferias contam com os subcentros, a verticalização apesar de não ser tão intensa quanto nas áreas centrais, estarão presentes. A especulação imobiliária em termos de aproveitamento de cada m<sup>2</sup> faz com que toda a área do lote seja utilizada, não sobrando espaço para nenhum tipo de cobertura verde, aumentando a área impermeável, a taxa de massa construída, conseqüentemente alterando o albedo e a emissividade, isto é as características da superfície e conseqüentemente o comportamento da radiação solar.

A intensidade de uma ilha de calor vai ser aferida de acordo com a diferença da temperatura do ar encontrada entre as áreas rurais e as áreas urbanas. Monteiro (1991) vem nos esclarecer que alterações de dois ou três graus acima da temperatura do posto meteorológico local, evidenciam a suspeita da existência de uma ilha de calor na cidade, o que é tido como caráter básico de um clima urbano.

Garcia *et al* (2008) desenvolvendo um estudo sobre ilhas de calor em Madri, na Espanha, comparando localidades áreas rurais com áreas urbanas elaborou uma classificação sobre a intensidade das mesmas. Essa classificação (Quadro 1) permite a identificação da magnitude das ilhas de calor em diferentes regiões.

Intensidade da Ilha de Calor	
Variação (°C)	Magnitude
0° - 2°	Fraca
2° - 4°	Moderada
4° - 6°	Forte
> 6°	Muito Forte

**Quadro 3 : Intensidade das ilhas de calor.**

Fonte: Adaptado de García (2008, p.507). Organização: Pimentel (2016).

Lombardo (1989) foi pioneira no Brasil na utilização de dados de temperaturas obtidas através de imagens de satélite. Sua tese intitulada “*Ilhas de Calor nas Metrôpoles*”, se dedicou a investigação sobre o fenômeno de ilhas de calor na cidade de São Paulo, onde a autora encontrou amplitudes térmicas de até 10°C sob condição de tempo calmo e estável. Lombardo (1989, p.23) ainda ressalta que: “uma das mais

significativas expressões da alteração climática na cidade diz respeito aos valores de temperatura e concentração de poluentes. Esses fenômenos podem ser usados como indicadores da degradação ambiental que frequentemente ocorre nos ambientes urbanizados”. A autora afirma que a ilha de calor configura-se como um “fenômeno que associa os condicionantes derivados das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano, em termos de uso do solo e os condicionantes do meio físico e seus atributos geoecológicos”, sendo a urbanização a responsável, através da impermeabilização dos solos, alterações das coberturas vegetais, a concentração dos edifícios que interferem na circulação do ar.

Mendonça (2013), analisando o clima urbano da cidade de Londrina, no Paraná, encontrou ilhas de calor no período noturno, que se formaram tanto na estação de verão quanto no inverno. Porém os valores mais expressivos ocorreram em noites de verão, quando foram aferidas, na área central, diferenças de 9° C e 10° C sob atuação da massa Tropical Atlântica, em condições de vento calmo e céu limpo. Mendonça (2013) ainda esclarece que a causa da forte intensidade do fenômeno esteve associado a ocorrência de um veranico, e os solos localizados nas áreas rurais encontravam-se secos e nus.

Martins (1996) investigando o clima urbano de Juiz de Fora, identificou ilhas de calor de forte intensidade (12,8° no inverno) principalmente sob o domínio de sistema tropical atlântico e de menor intensidade sob atuação de frentes polares. O autor atribuiu a influência do sítio urbano (o vale no qual a cidade está assentada) e o adensamento urbano como os fatores responsáveis pelas diferenças térmicas.

Montávez et al (2000), investigando as condições de temperatura em Granada na Espanha, utilizando transectos móveis, discorre que as maiores diferenças ocorreram durante os meses de inverno, sempre superiores a 3°C, chegando a uma diferença de máxima de 7°C entre as áreas de diferentes densidades de ocupação. Os autores frisam que as diferenças mínimas foram encontradas nos meses de outono, podendo ocorrer dias em que a cidade é mais fria do que os arredores.

Amorim (2005), investigando o fenômeno de ilhas de calor na cidade média de Presidente Prudente, utilizando a metodologia de transectos móveis, encontrou uma variação de 9,6 C° da temperatura no meio urbano em relação às áreas rurais. A autora (2015, p. 31), destaca que “o clima urbano é submetido a uma forte variabilidade espacial devido às rápidas mudanças no uso do solo que mudam localmente e rapidamente as características da ilha de calor urbana”. Amorim (2005, p.68) ainda afirma que “a detecção de ilhas de calor no ambiente urbano pode subsidiar o planejamento urbano, na medida em que a elevação da temperatura provoca o

estabelecimento de zonas de menor pressão que por sua vez, facilita a movimentação do ar em direção aos pontos mais quentes e conseqüentemente, o transporte de poluentes para essas áreas.”.

Fialho (2009) investigando o clima urbano na cidade de Viçosa em Minas Gerais, que contava com uma população de 70 mil habitantes encontrou uma diferença máxima de 4,7° C entre o urbano e o rural e ainda constatou que o horário de maior diferença entre as temperaturas foi duas horas após o pôr do sol.

O fato ocorre também em cidades de grande porte e de clima temperado, como apontado na pesquisa de Oke e Maxwell (1974), quando os autores investigaram o fenômeno em Montreal e Vancouver no Canadá. Utilizando a metodologia de transectos móveis, os dois pesquisadores identificaram variações significativas na temperatura entre o campo e a cidade, sendo após o pôr do sol o período de maior variação, dessa forma os autores atribuíram a causa da maior intensidade da ilha de calor ao resfriamento rural que é mais rápido do que o urbano. O que é ressaltado por Amorim *et al* (2009, p.78) “ a produção do clima urbano é resultado da interação entre a radiação recebida e a refletida pelos tipos de materiais construtivos das edificações que armazenam o calor durante o dia e são liberados nas primeiras horas após o por do sol”.

Assis (2010), em sua tese de doutorado, pesquisando sobre o clima urbano da cidade de Belo Horizonte, encontrou diferenças de 8,1° C entre a temperatura do centro da capital mineira e um ponto localizando na área rural, o autor ainda identificou uma mobilidade espacial da ilha de calor.

Gartland (2010) ressalta que à medida que as cidades vão se expandindo, as ilhas de calor também tendem a se tornar mais intensas. Pesquisas desenvolvidas em cidades americanas mostraram que as intensificações das ilhas de calor coincidiram com o crescimento de áreas urbanas e suburbanas, e ainda demonstraram que as temperaturas mínimas subiram cerca de 4° C. Tal fato deixa claro que as ilhas de calor estarão intimamente relacionadas com a urbanização das cidades, urbanização essa que é uma consequência não somente da industrialização mas também do aumento das funções voltadas para a prestações de serviços ocorrida no espaço das cidades.

Oke (1987) ainda vai estabelecer uma relação entre o número de habitantes da cidade e a elevação do calor antropogênico, afirmando que o crescimento do número de habitantes de uma cidade contribui para intensificar a ilha de calor. Dessa forma ele estabelece um gráfico mostrando que cidades mais populosas geram ilhas de calor mais intensas, destacando cidades da Europa e América do Norte.

No entanto, pesquisas realizadas em cidades de menor porte no Brasil vêm reformulando algumas teorias a respeito da intensidade das ilhas de calor, como a influência do sítio urbano, os tipos de materiais utilizados nas construções, orientação das vertentes, até mesmo o tipo de metodologias empregadas.

Além disso, de acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas (2007), a maioria das megacidades (cidades com população superior as 10 milhões de habitantes) está localizada em países periféricos da Ásia, África e América Latina, então seguindo a premissa de Oke, as ilhas de calor nos países periféricos tendem a ser mais intensas, no entanto a causa não estaria atrelada somente ao número de habitantes, pois mesmo cidades de pequeno e médio porte já estão demonstrando modificações nítidas das características das condições iniciais.

Como pode ser visto na pesquisa de Ortiz (2011), que utilizando transectos móveis e sensores digitais fixos investigou o clima urbano em Cândido Mota, cidade localizada no oeste do estado de São Paulo, com aproximadamente 30.000 habitantes, encontrando diferenças térmicas de até 8°C, a pesquisadora apontou que “a cidade apesar de pequena, já apresenta alterações em seu campo térmico e higrométrico, equivalente, a estudos de cidades de médio e grande porte” (ORTIZ, 2011, p.144).

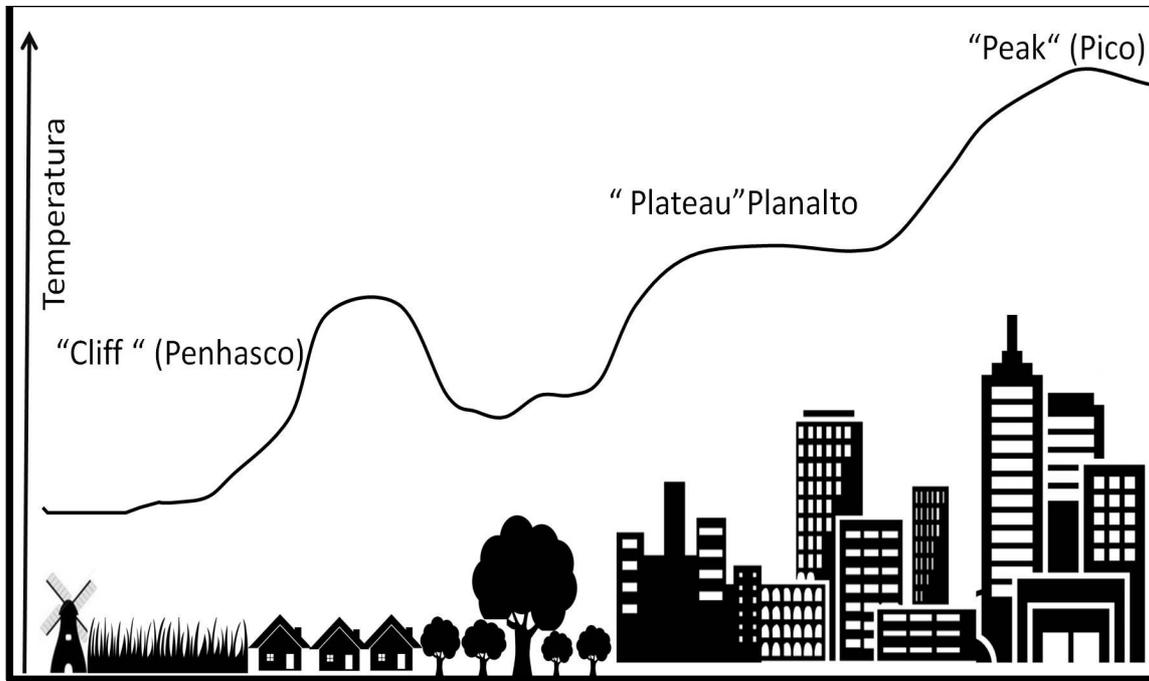
Ugeda Júnior (2011), em sua tese de doutorado, investigou sobre o clima de Jales, cidade de aproximadamente 50 mil habitantes, localizada no noroeste do estado de São Paulo, e encontrou ilhas de calor de forte magnitude, sendo que em diversos episódios foram registradas diferenças de 10°C, e a diferença máxima registrada foi de 14,2°C.

Teixeira *et al* (2015) utilizando imagens de satélite Landsat-7 para obtenção de dados termais na cidade de Rancharia-SP. Nesta cidade que possui 28.804 habitantes, considerada de pequeno porte, foi identificada a espacialização da ilha de calor a partir da correlação com o uso e ocupação da terra, encontrando diferenças entre o centro e as áreas periféricas e rurais de 5 °C.

Viana e Amorim (2008) pesquisando o clima urbano de Teodoro Sampaio, cidade de pequeno porte localizada no extremo oeste do estado de São Paulo, com apenas 16 mil habitantes, encontrou diferença de 5,4° C entre o campo e a cidade no mês de janeiro.

Oke (1987) explica que o ar no dossel urbano é geralmente mais quente do que o entorno do campo. O fenômeno ilha de calor varia no tempo e no espaço, como resultado de características meteorológicas, locais e urbanas como os poluentes atmosféricos, a elevada capacidade calorífica dos materiais de construção, a redução da

área de evapotranspiração em consequência da retirada das áreas verdes, o aprisionamento da radiação de ondas longas sob o nível dos telhados, o resultado será modificações no balanço de energia e que levará as alterações das condições térmicas iniciais como demonstrado na Figura 3.



**Figura 3: Perfil representativo de uma típica ilha de calor.** Fonte: Adaptação de Oke(1976). Organização: Pimentel (2016)

Utilizando o perfil esquemático (figura 3), Oke (1976) ressalta que nas áreas centrais, notadamente as mais verticalizadas e adensadas, é onde se têm as temperaturas mais elevadas em relação às áreas rurais, dessa forma o esquema representa o pico das temperaturas mais altas, o qual ele denomina de “peak”. O “plateau” corresponde ainda as áreas urbanizadas, mas que não estão no seu máximo potencial de aquecimento. À medida que se vai afastando do entorno urbano rumo ao campo tem-se uma diminuição brusca na temperatura, o que o autor denominou de “cliff”, correspondente ao que ele denomina de precipício no perfil da temperatura.

Voogt e Oke (2002) trás o seguinte quadro (3) no qual ele apresenta as principais causas da formação de ilhas de calor, o que nos permite afirmar que a manifestação da mesma não decorre de apenas um fator, mas da interação complexa de vários atributos inseridos no sistema urbano.

<b>Causa</b>	<b>Descrição</b>
Superfície	A ampliação da superfície conduz ao aquecimento devido a uma maior absorção de radiação solar; Construções pouco espaçadas reduzem o fator de visão do céu e reduzem a perda de calor radiativo particularmente à noite; O telhado das construções reduz a perda de calor convectiva da superfície e próximo da superfície de ar.
Propriedades Térmicas das Superfícies	A propriedade térmica é definida como a reação ou resposta de determinado tipo de material à exposição ao calor. Materiais de construções urbanos têm uma superfície térmica maior, ampliando sua capacidade de estocar e suportar calor.
Condições de Superfície	A impermeabilização das superfícies urbanas por construções e pavimentação aumenta o escoamento superficial diminuindo a infiltração, fato esse que reduz a evaporação; mais energia é canalizada em calor sensível ao invés de calor latente (calor retornado pela evaporação da água).
Calor Antropogênico	Calor liberado por uso de energia urbana em construções (refrigeração) e veículos e pelos próprios habitantes da cidade.
Efeito Estufa Urbano	A atmosfera poluída e mais quente emite mais radiação em direção à superfície da cidade. A umidade urbana reforçada pode também contribuir para esse efeito.

**Quadro 4: Principais causas da formação das ilhas de calor.** Fonte: Adaptação de Lucena (2013) adaptado de Voogt e Oke (2002); Organização: Pimentel (2016).

Voogt e Oke (2002) ressaltam também os mecanismos naturais capazes de interferir e controlar as manifestações do fenômeno ilha de calor, organizados no quadro a seguir:

<b>Variável natural atmosférica</b>	<b>Efeitos</b>
Ventos	Aumento da velocidade do vento e de sua turbulência diminui a intensidade da ilha de calor.
Vento (advecção)	Transporte horizontal de calor: advecção quente pode reforçar a ilha de calor; advecção fria pode suprimi-la.
Nebulosidade	A nuvem reduz o aquecimento radiativo pela superfície; podendo gerar condições térmicas homogêneas na cidade, nuvens espessas e baixas têm maior efeito em

	relação às nuvens finas e altas.
Umidade	Possui efeitos variáveis, quando está elevada poderá reduzir a intensidade da ilha de calor.

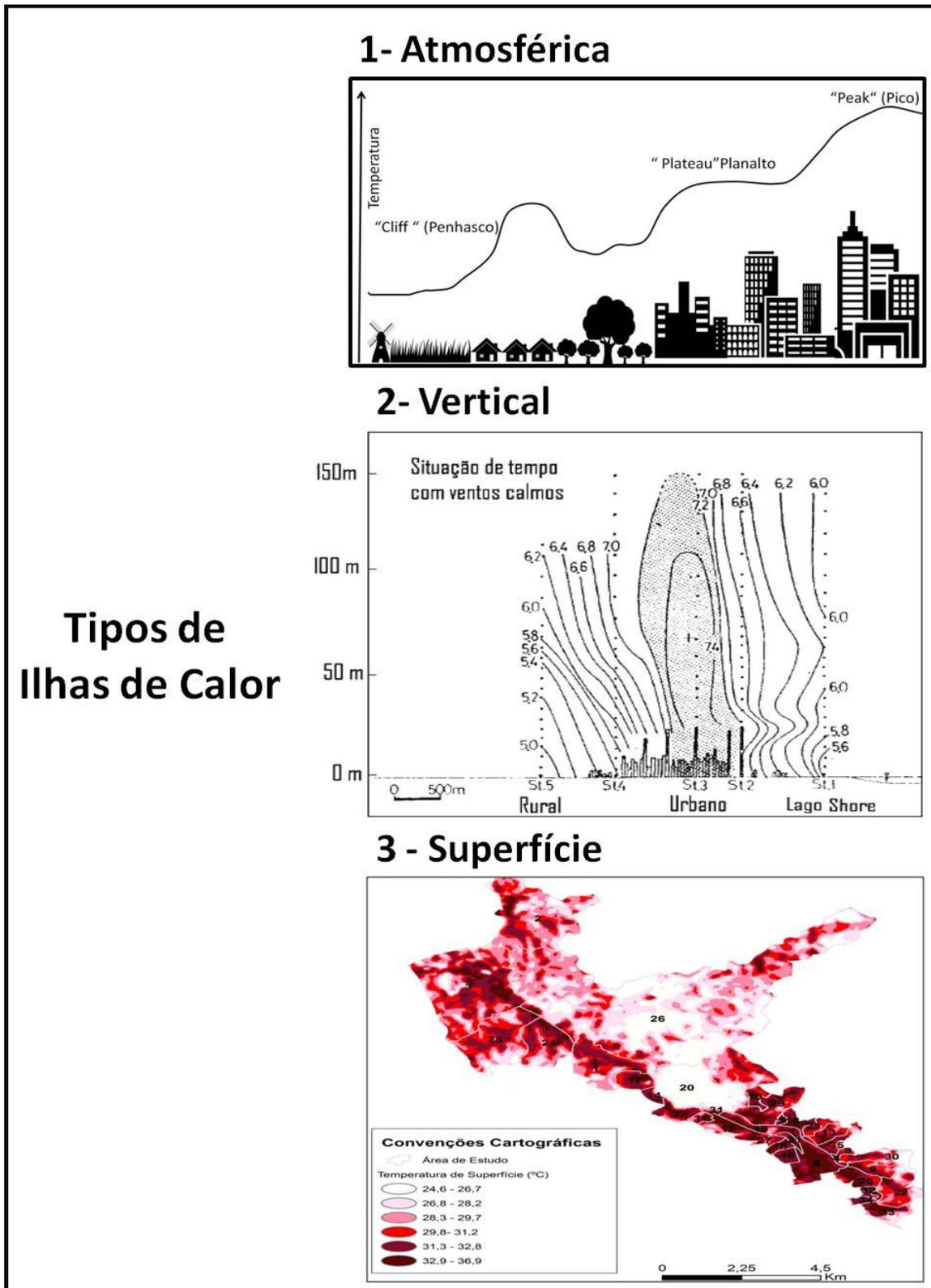
**Quadro 5: O papel das variáveis atmosféricas no controle das ilhas de calor.**Fonte: Adaptação de Lucena(2013) adaptado de Voogt e Oke (2002); Organização: Pimentel (2016).

É um consenso entre os inúmeros estudiosos do clima das cidades, distribuídos ao longo do mundo, como Gartland (2010), Amorim (2009), Oke (1987), Arnfield (2003) que as diferenças nas temperaturas do ar são acentuadas em dias de calmaria atmosférica, sem ventos e com pouca nebulosidade, justamente pela maior captura de energia solar. Ou seja, quando se pretende identificar a máxima intensidade de uma ilha de calor é ideal desenvolver as aferições em dias de estabilidade atmosférica.

Em relação aos efeitos diretos das ilhas de calor no bem estar da população, estes vêm sendo estudados geralmente em uma perspectiva integrada, associando os fatores endógenos (hereditariedade, estilo de vida, condição social, prevenção) com os fatores exógenos (temperatura, umidade, qualidade do ar) como afirma Alcoforado e Andrade (2007). Simon (2005) destaca ainda a exposição dos chamados grupos de risco como os idosos, crianças nos primeiros anos de vida, doentes crônicos, que nestes casos “os mecanismos de termorregulação poderão ter a sua eficácia comprometida, diminuindo a capacidade de adaptação ao calor”.

O aquecimento reduz a sensação de conforto térmico humano, Assis (2016, p. 39) esclarece que a “relevância dos estudos de conforto térmico está relacionada não apenas com a sensação de (des) conforto da população, mas também com a relação com o seu desempenho no trabalho, sua saúde, além de ser determinante na questão da eficiência energética”.

Lopéz (2006); Fialho (2009) e Sant’Anna Neto (2016) fazem distinção entre as ilhas de calor, classificando-as em três diferentes tipos, em função da camada atmosférica onde se encontram e nas metodologias utilizadas para a identificação das mesmas. São elas:



## Tipos de Ilhas de Calor

**Quadro 6: Tipos de Ilha de Calor.** Fonte: Adaptado de Fialho (2009), p.51.

As ilhas de calor atmosféricas são resultantes do aquecimento proporcionado pela temperatura do ar e podem ser identificadas tanto através da metodologia dos transectos móveis (medições itinerantes mediante utilização de veículos) e fixos

(instalações de equipamentos fixos em diferentes locais da cidade), como através da utilização de estações meteorológicas fixadas com análise de séries temporais.

Fialho (2009) aponta algumas vantagens e desvantagens da utilização dos transectos móveis nos estudos de investigação das ilhas de calor. De acordo com o autor os transectos móveis permitem agilidade no processo de monitoramento, aumenta o número de pontos de coleta dentro da área de estudos e ainda permite descrever a heterogeneidade do meio urbano, no entanto ele aponta que a metodologia não é adequada para grandes distâncias, ficando restritas somente as vias de rodagem, além da falta da simultaneidade das aferições.

As ilhas de calor vertical, que vão se estender até a atmosfera livre, podendo ser aferidas através de balões cativos equipados com um termômetro como proposto por López (2006). Essa metodologia depende obviamente da aquisição de equipamentos em sua maioria onerosos, ficando restrita a literatura internacional.

As ilhas de calor de superfície, termo utilizado mais recentemente, são resultantes do aumento da temperatura do solo e podem ser identificadas através de sensores termais, presentes nas bandas 10 e 11, com resolução espacial de 30 metros. Gartland (2010) destaca que as temperaturas de superfície são muito mais variantes do que a do que a temperatura do ar no decorrer do dia. Nas superfícies urbanas, como coberturas asfálticas e calçadas que são rotineiramente aquecidas pela insolação podem ficar de 27° C a 50° C mais quentes do que a temperatura do ar, sendo que durante a noite essas superfícies liberam o calor acumulado, voltando a temperatura original do ar.

Graças à divulgação das técnicas do sensoriamento remoto e a difusão das imagens de satélite é possível identificar diferenças de temperatura em qualquer ponto da superfície terrestre. Devido ao seu alcance as imagens de satélites nos mostram ao mesmo tempo quais as áreas de temperatura mais elevada de uma determinada cidade, facilitando os trabalhos destinados à identificação das ilhas de calor de superfície.

Conforme analisado, as definições para o termo ilha de calor, independente da classificação, vão convergir para o mesmo fato, ou seja, a formação das mesmas está fortemente associada com o uso e a cobertura da terra no ambiente urbano. Dessa forma, áreas com menor presença de vegetação e conseqüentemente mais urbanizadas, impermeabilizadas, com grande circulação de veículos, pessoas e forte verticalização tendem a apresentar temperaturas mais altas. Nesta perspectiva, a formação de ilhas de calor, tem relação direta com as características dos materiais distribuídos ao longo das áreas urbanas.

## **1.5 O SENSORIAMENTO REMOTO NA INVESTIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR DE SUPERFÍCIE**

O sensoriamento remoto é definido pela capacidade de detecção de alvos à distância e será fundamental para o desenvolvimento metodológico de uma das etapas desta pesquisa.

Fitz (2008, p.109) define o termo sensoriamento remoto como a “técnica que utiliza sensores para a captação e registro à distância, sem o contato direto, da energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre”. Essa energia refletida pode ser registrada através de imagens que poderão ser trabalhadas e manipuladas em softwares de Sistemas de Informação Geográficas (SIG’s).

Com as inovações tecnológicas, principalmente durante o período da Segunda Guerra Mundial, é que surge pela primeira vez na literatura científica o termo “sensoriamento remoto”, significando aquisições de informações sem o contato físico com os objetos.

A princípio, sua utilização era unicamente com o intuito de defesa e monitoramento do inimigo, especialmente para a detecção de camuflagem na região do infravermelho. (NOVO, 2014).

Com o término da guerra, todas essas tecnologias ficaram à disposição do uso civil, em especial, para a comunidade científica, sendo de grande relevância para as investigações dos recursos naturais.

Para a Geografia (a Geografia Física, em especial), o sensoriamento remoto se tornou um componente valioso. Permitindo a realização de levantamentos em extensas áreas, proporcionando a repetição, obtendo um monitoramento térmico de um recorte espacial. Nessa perspectiva a associação de imagens de satélites como o *Lansat 8*, desenvolvido pela NASA em 2013, permite a extração de dados de temperatura de superfície a cada 15 dias, se constituindo como uma estratégia na investigação do clima urbano (focado na perspectiva do canal termodinâmico). A extração de temperatura de superfície através do sensoriamento remoto se tornou um forte aliado para os estudos da climatologia urbana. Nesse sentido Amorim (2016, p. 33) afirma que :

“O sensoriamento remoto tem proporcionado o conhecimento cada vez mais detalhado da superfície terrestre e tem sido utilizado nos estudos de clima urbano como uma importante ferramenta para diagnosticar a temperatura dos alvos urbanos e rurais. As imagens de satélite podem ajudar a compreender a distribuição das fontes de calor na área urbana que levam a formação das ilhas de calor urbanas”.

Fitz (2008, p.125) explica que uma das “vantagens dos sensores dispostos em satélites diz respeito à possibilidade de obtenção das radiações refletidas pela superfície terrestre dentro da faixa do infravermelho”. A radiação infravermelha, localizada na faixa do invisível do espectro magnético, está associada à emissão de calor (radiação térmicas) por parte dos objetos, dessa forma permite-se a obtenção dos valores dos intervalos de temperatura dos corpos distribuídos ao longo da superfície terrestre.

Monteiro (1976, p. 48) também já destacava que “as modernas técnicas de sensoriamento remoto, principalmente pela aplicação do infravermelho, estão aí para subsidiar o mapeamento térmico das cidades, ponto de partida para outros fenômenos do clima urbano”.

Gartland (2010) aponta as vantagens da utilização do sensoriamento remoto em função do seu poder de visualizar temperaturas em grandes áreas, mas ressalta que as imagens de satélites mostram apenas uma vista panorâmica de temperaturas urbanas, deixando de fora as temperaturas verticais.

Voogt e Oke (2002, p.370), explicam que através da técnica do sensoriamento remoto, é possível modular o ar das camadas mais baixas da atmosfera urbana, sendo fundamental para o balanço de energia da superfície, ajudando a identificar através da temperatura de superfície, os climas internos nos corredores formados pelos edifícios, o que tornou possível, através da observação remota o comportamento das ilhas de calor.

Souza e Ferreira Júnior (2012) correlacionando a temperatura de superfície com o uso e cobertura da terra, para o mês de agosto, no município de Goiânia, identificaram consideráveis diferenças de temperatura de superfície intraurbanas e entre o urbano e o rural. Notadamente as áreas com presença de vegetação se mostraram mais frescas, chegando a uma diferença de 8° C em relação à áreas adensadas. A pesquisa ainda apontou que áreas rurais com presença de solo exposto apresentaram temperaturas superiores a áreas verticalizadas. Fato esse que pode ser explicado pela baixíssima umidade devido ao período de estiagem. Os pesquisadores consideram que a técnica se mostrou suficiente para modelar o comportamento das variáveis analisadas.

Amorim (2016) em vários trabalhos publicados vem utilizando imagens de satélite para detecção de temperatura de superfície de alvos no meio urbano e rural. A pesquisadora afirma ser satisfatória a utilização dessa técnica, destacando que o mapeamento termal de superfície através do infravermelho termal permite identificar nitidamente locais onde a superfície se apresenta mais aquecida no exato momento da captura da imagem e ainda permite realizar correlações acerca da temperatura dos variados alvos em relação às especificidades das superfícies urbanas e rurais.

Como podemos observar, muitos pesquisadores vêm utilizando técnicas de sensoriamento na investigação do clima urbano, das temperaturas de superfície, Teixeira *et al* (2015, p. 57) ressalta que essas técnicas se “constituem um importante instrumento para a análise espacial da temperatura da superfície, permitindo visualizar sua distribuição de acordo com a ocupação da terra urbana, comparando ainda com a área rural próxima”.

Entretanto, Fialho (2009, p.75) faz algumas ressalvas a respeito da diferença entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar. Destacando que várias pesquisas por ele analisadas não levam em consideração que são variáveis distintas. Dessa forma ele faz a seguinte observação:

“Ambas podem ser utilizadas como parâmetros diferentes para a definição, por exemplo, de unidades climáticas intraurbanas, mas não podem ser consideradas iguais, pois enquanto a temperatura do ar é mensurada dentro do meio urbano a temperatura de superfície é obtida pela leitura de sensores a distância, que captam a temperatura de superfície dos objetos, em uma área (dependendo da resolução) que corresponde a um “pixel” na imagem, e a soma dos componentes individuais (árvores, vias, edifícios, zonas de sombra, etc.) ponderada por suas respectivas superfícies, refletindo, portanto a temperatura do elemento mais representativo que o compõe”.

Teixeira *et al* (2015) completa afirmando que há relações entre ilhas de calor atmosféricas e ilhas de superfície detectadas através de mapeamentos que vão utilizar diferentes técnicas, mas é importante salientar que são informações obtidas de diferentes formas.

Lima (2016) em suas considerações a respeito sobre a utilização das geotecnologias para avaliar a qualidade ambiental urbana destaca a relevância do uso do canal termal, afirmando que o mesmo enriquece os resultados. Contudo, a pesquisadora destaca alguns impasses, na utilização de imagens termais para a investigação de ilhas de calor, como a adaptação das informações que são temporais no sentido em que nem sempre estarão disponíveis imagens atuais, com resolução aceitável, uma vez que as mudanças no uso e ocupação da terra podem alterar os resultados das respostas dos alvos.

Além disso, quando se trabalha com dados de satélites ainda tem a questão da qualidade das imagens, a escolha da data de obtenção vai depender da ausência de nuvens na área de estudo.

Outra dificuldade encontrada em estudos urbanos, em que na maioria das vezes, se trabalha em uma escala local, a opção ou a necessidade de utilizar dados orbitais é

em relação à adequação das escalas trabalhadas. Ou seja, se lida com uma escala local em relação as informação de cada um dos lotes existentes nas regiões urbanas e por fim ainda trabalha-se com uma escala regional, existindo, portanto a necessidade de generalização dos intervalos de temperatura encontrados. Sendo assim é necessário fazer algumas ampliações dos dados locais, ou seja, extrapolar espacialmente as informações predominantes dos lotes para quadras a fim de se tentar adequar á escala do mapeamento termal.

Apesar das desvantagens já apontadas na utilização de dados orbitais nos estudos dos aspectos ambientais no espaço geográfico, os mapeamentos temporais termais e de uso e cobertura da terra foram facilitados com a grande disponibilidade de imagens de satélites, podendo ter o acesso a qualquer ponto do planeta terra. Nesse raciocínio, Santana Neto (2001) destaca o papel da cibernética, das técnicas computacionais e das observações através dos satélites artificiais, através do sensoriamento remoto, que possibilitou a visão da Terra em escala planetária. Uma vez que, a obtenção de dados climatológicos através do sensoriamento remoto permite uma análise abrangente e integrada da área de estudo em questão. Sobretudo em relação à escala, quando comparada aos dados pontuais disponibilizados pelas estações meteorológicas. E ainda almeja suprir a falta de dados em determinadas localidades, ou que até existem, mas não estão disponíveis para o uso da comunidade científica.

## CAPÍTULO 2 – ELEMENTOS URBANOS NA FORMAÇÃO/AMENIZAÇÃO DE ILHAS DE CALOR

### 2.1 - GEOMETRIA URBANA

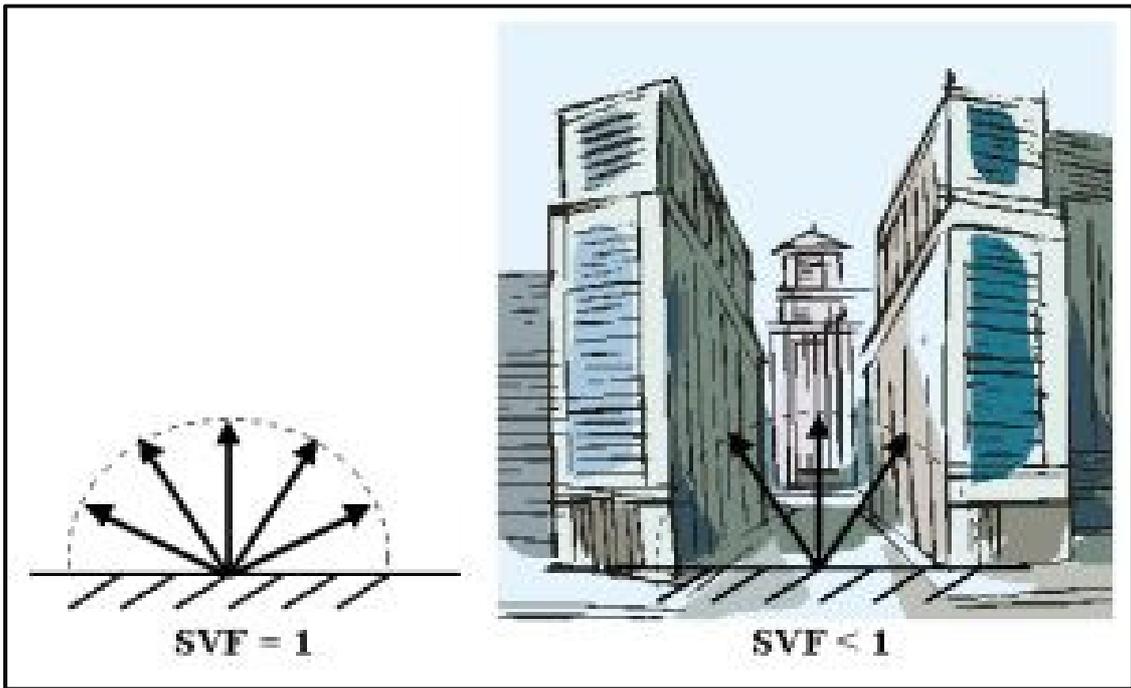
A geometria urbana é um dos fatores que irão influenciar na formação das ilhas de calor, pois vai estar associada às modificações do balanço térmico urbano. Nakata et al (2015, p.39) explica que “a geometria urbana, também chamada de *cânions* urbano é utilizada para caracterizar o conjunto de ruas que cortam blocos densos de edificações, especialmente arranha céus, em analogia ao *cânion* natural”.

Sendo assim a partir da formação desses cânions, os mesmos poderão atuar como aprisionadores de calor, uma vez que esses corredores formados pela verticalização diminuem o fator de visão do céu e conseqüentemente a possibilidade de entradas de ventos que venham contrário às edificações.

A geometria urbana vai ser estabelecida a partir da proporção entre as larguras das vias urbanas e a altura das edificações, o que vai interferir diretamente no fator de visão do céu (*Sky View Factor*). Ou seja, quanto maior a edificação, mais larga deveria ser a via para não reduzir o fator de visão do céu.

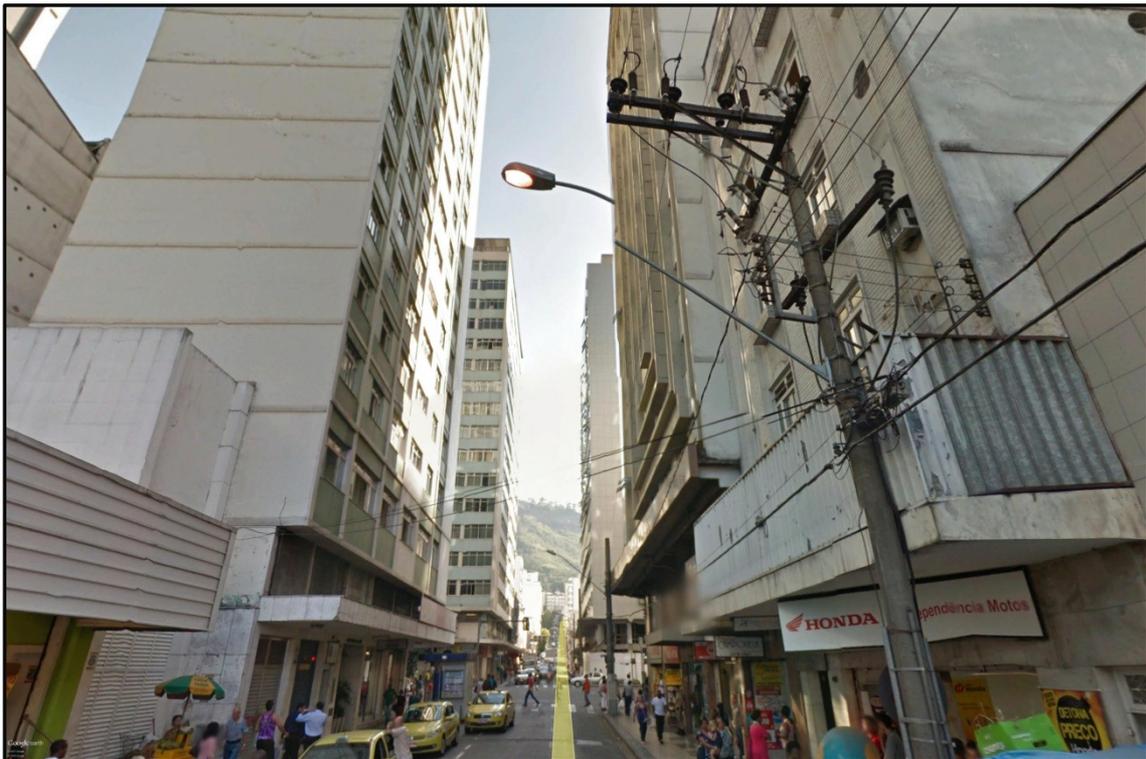
De acordo com Oke (1987) o *Sky View Factor* (SVF), uma variável adimensional, determinada pela razão entre a quantidade de céu visto a partir de um determinado ponto sobre uma superfície, em relação à superfície potencialmente disponível. O SVF terá valor 1 quando não há obstáculos que limitem a visão do céu para quem está observando e se aproxima de 0 à proporção que se apresenta obstáculos que ocultam parcialmente a visão do céu.

À medida que esse valor se aproxima de 0, vai se dificultando a perda da radiação, conseqüentemente aumento do calor. Entretanto, o SVF deve ser analisado mais profundamente, pois ele tanto pode ser responsável pelo aquecimento em determinado período do dia ou do ano, quanto pode ser responsável pelo sombreamento, diminuindo assim a temperatura de superfície, uma vez que a verticalização de áreas circunvizinhas pode atuar como uma barreira, e refletir a radiação solar para superfícies externas ao cânion urbano. Assim é interessante para fins de um estudo mais detalhado utilizar softwares que elaborem um modelo de sombreamento, a fim de responder possíveis lacunas. Além do sombreamento, dependendo do predomínio da direção dos ventos, os cânions urbanos podem ainda atuar como canalizadores, formando “corredores” aumentando a velocidade dos mesmos e amenizando a temperatura do ar.



**Figura 4: Representação do Fator de Visão do**

**Céu**Fonte:[http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/Urban\\_Climate.html](http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/Urban_Climate.html)



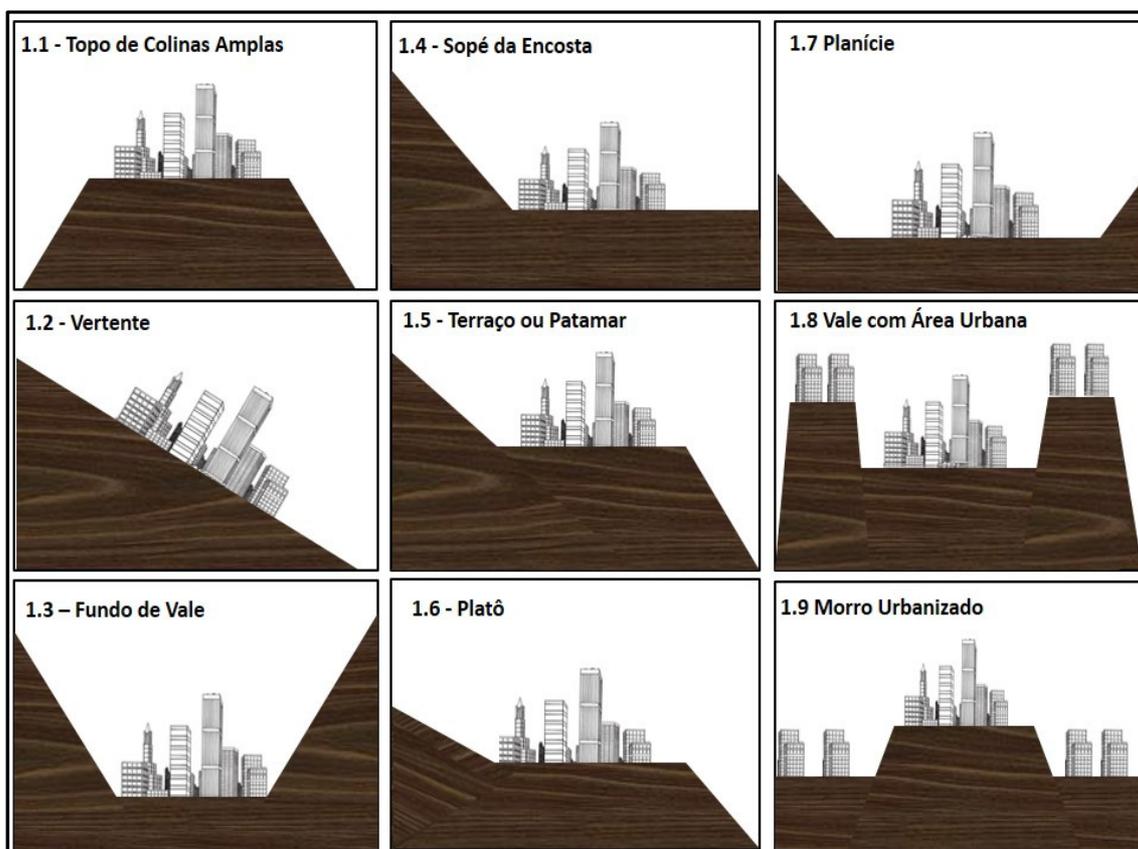
**Figura 5: Exemplo de “Cânion” urbano formado pelas edificações no cruzamento da Rua Floriano Peixoto com a Avenida Rio Branco em Juiz de Fora.**

Fonte: Google Street View, data: 16/10/2016.

## 2.2 - TOPOGRAFIA E SÍTIO URBANO

O reconhecimento do tipo de sítio urbano é fundamental para toda e qualquer investigação que se pretenda realizar acerca do clima urbano. A disposição do sítio urbano pode potencializar ou amenizar os efeitos das ilhas de calor, uma vez que a orientação das vertentes podem causar efeitos de sombreamento em determinados períodos do dia.

A topografia influenciará também o regime de ventos, podendo dificultar ou potencializar a sua dinâmica. Quando uma determinada cidade está localizada em um fundo de vale ou depressão como nas figuras 1.3 e 1.8, têm-se o que chamamos de brisa de montanha.



**Figura 6: Tipos de Sítio Urbano.**

Fonte: Adaptação de OKE(2006) para o relevo brasileiro.Organização: Pimentel (2016).

Ao longo da noite as áreas ao entorno mais elevadas, perdem temperatura, o ar frio mais denso se direciona para o fundo do vale, podendo levar a formação de um nevoeiro. Durante o dia a situação se inverte, chamada brisa de vale, o ar mais aquecido sob o vale se direciona para as áreas mais elevadas.

Nesse sentido, Landsberg (1956, p.97) afirma que “os tipos de topografias, sob as quais as cidades estão localizadas causam frequentemente condições micro e macroclimáticas que muito contribuem para a acumulação de poluentes e fumaça nos

baixos níveis da atmosfera. Ventos fracos e inversões de temperatura são usualmente coadjuvantes meteorológicos dos controles topográficos”.

Além disso, o fator altimetria, por si só, já é o responsável natural pela existência de microclimas/topoclimas presentes no meio urbano. Uma vez que, a cada 100 m de altitude estima-se que há uma queda de aproximadamente  $0,6^{\circ}\text{C}$  na temperatura.

Mendonça & Danni-Oliveira (2007) esclarecem que o relevo desempenha três atributos importantes em relação à temperatura: a posição (poderá favorecer ou dificultar os fluxos de calor e umidade), a declividade (modificará a relação superfície/radiação incidente) e a orientação de suas vertentes (no hemisfério Sul, as vertentes mais quentes serão aquelas voltadas para o norte, deixando á sombra as vertentes voltadas para o Sul).

Ferreira (2014 p.62) explica que “o sítio urbano da cidade de Juiz de Fora, seja pela diferença altimétrica, que em alguns pontos chega a 300 m, ou pela forma e estrutura urbana, apresenta a possibilidade de configurar condições microclimáticas distintas”.

Essa influência, em partes, desempenhada pela amplitude do relevo em Juiz de Fora foi demonstrada por Oliveira *et al.* (2010), quando realizou uma pesquisa comparativa entre duas estações meteorológicas fixas. Localizadas em pontos com amplitude altimétrica de aproximadamente 295 m, foi encontrando uma variação de  $2,5^{\circ}\text{C}$  a  $6,7^{\circ}\text{C}$  entre os dois pontos, em dias sob condições de atuação de uma frente fria.

A caracterização do sítio urbano local de Juiz de Fora, onde estão localizadas as 35 regiões urbanas escolhidas para a área de estudo, pode ser classificada como um vale com área urbana, como demonstra a Figura 1.8. Primeiro, têm-se a planície do Rio Paraibuna e nas adjacências temos alguns morros bordeando o vale.

### **2.3 - RUGOSIDADE**

A rugosidade é uma variável presente nos estudos de clima urbano, e vai ser definida por Oke (1987), pelas características aerodinâmicas da morfologia do meio urbano, sendo a verticalização o principal elemento da rugosidade urbana. A relação que a rugosidade vai desempenhar na formação de microclimas urbanos será sua atuação como obstáculos frente à circulação dos ventos. Os ventos são grandes dispersores de poluentes atmosféricos e quando a rugosidade reduz a frequência e a velocidade dos ventos, esses poluentes podem se acumular sobre as cidades, o que no decorrer do dia pode contribuir para a intensificação de ilhas de calor e inversões térmicas.

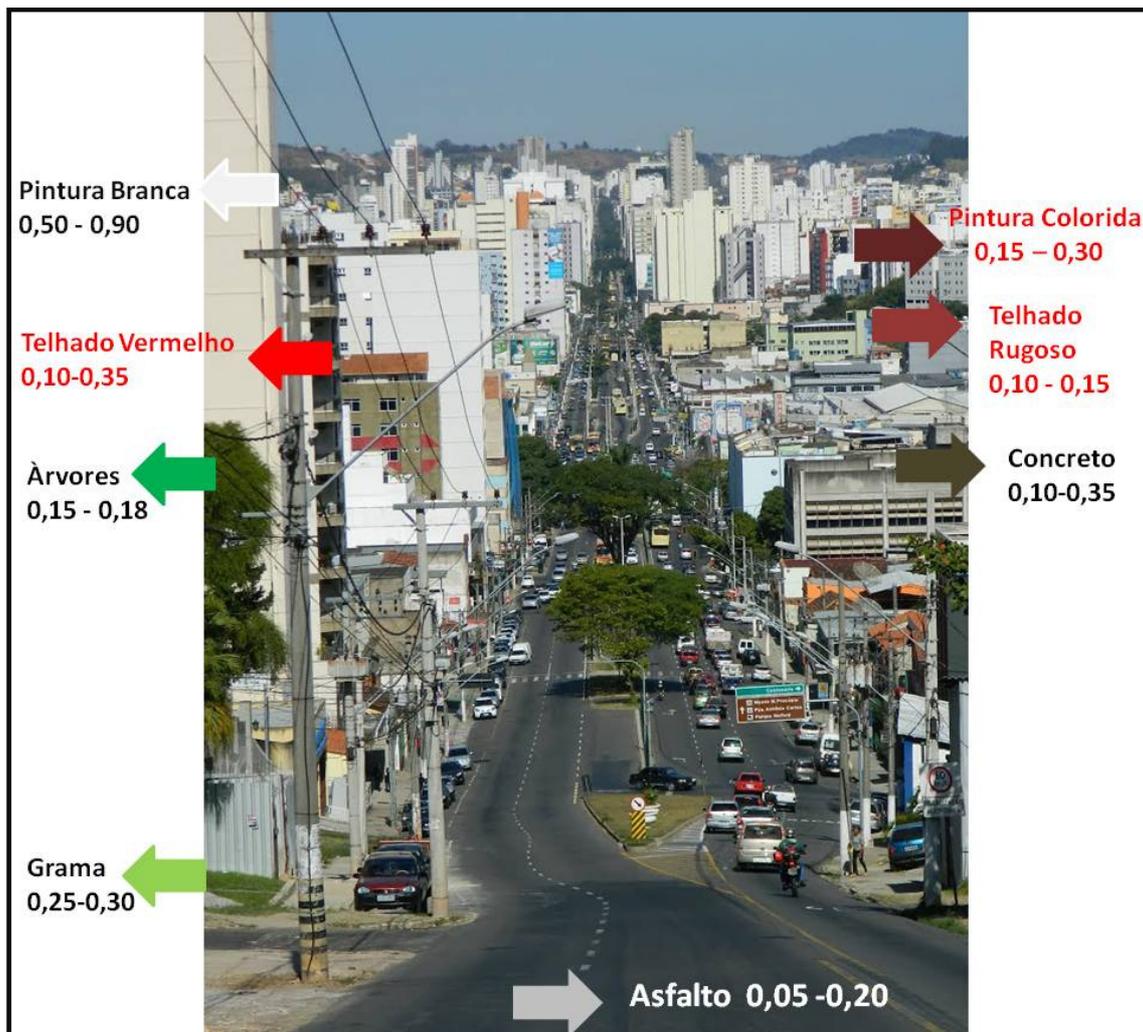
## **2.4 - ALBEDO E EMISSIVIDADE**

Albedo e emissividade irão variar em função dos tipos de materiais construtivos encontrados no meio urbano, como por exemplo, a impermeabilização do solo por asfalto, concreto, as cores e tipo de cobertura das edificações, presença de áreas verdes ou corpos d'água.

Sant'Anna Neto & Rampazzo (2016) explicam que em relação aos materiais construtivos, as cidades de porte médio apresentam alguns padrões típicos de ambientes urbanos quanto à forma, quanto ao adensamento, quanto ao tipo de material predominante.

Nesse raciocínio Ferreira & Assis (2014), explicam que as coberturas das edificações, os revestimentos e os pavimentos ao atingirem temperaturas mais elevadas iniciam a troca de calor com áreas adjacentes até que o equilíbrio térmico seja alcançado, fazendo com que parte do calor absorvido pelos materiais seja transferida para o ar por convecção, condução e irradiação em ondas longas.

De acordo com Mendonça & Danni-Oliveira (2007, p. 35), “o albedo se caracteriza pela capacidade que os corpos apresentam de refletirem a radiação solar que sobre eles incide. Variando de acordo com a cor e constituição que o corpo apresenta. Assim, será máximo nos corpos brancos e mínimo nos corpos pretos.”. A figura 7 ilustra os valores de albedo de alguns materiais mais comuns presentes no meio urbano.



**Figura 7: Albedo dos materiais presentes no meio urbano. Fonte: Oke (1978)**

**Fotografia da Avenida Rio Branco em Juiz de Fora.**

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=992911&page=49>

Organização: Pimentel (2016).

Oke (1987) define emissividade como a razão entre a energia radiante total emitida por unidade de tempo e por unidade de área de uma superfície de um determinado comprimento de onda e a temperatura para a de um corpo negro sob as mesmas condições. Sendo assim os corpos que não emitem radiação terão valor de 0 e os que emitem o máximo de radiação terão valor de 1.

O quadro 7, é resultado de uma pesquisa desenvolvida por Ferreira & Prado (2003). Utilizando um espectrofotômetro<sup>1</sup> no Laboratório de Sistemas Prediais da Universidade de São Paulo, as pesquisadoras selecionaram para a medição materiais populares muito utilizados na construção civil no Brasil: telhas cerâmicas,

<sup>1</sup> De acordo com o dicionário, espectrofotômetro é um instrumento de análise, capaz de medir e comparar a quantidade de luz (radiação eletromagnética) absorvida, transmitida ou refletida por uma determinada amostra, seja ela solução, sólido transparente ou sólido opaco.

fibrocimentos, metálicas e alguns tipos de cimentos utilizados na fabricação de lajes. Os resultados apresentados pela pesquisa enfatizaram que as telhas de cerâmica foram os materiais, dentre os medidos, que atingiram temperaturas superficiais mais baixas que as temperaturas do ar, quando submetidos às condições climáticas estabelecidas. Assim foi constatado que as cerâmicas apresentaram resultados de albedo similares aos materiais metálicos, porém os materiais metálicos atingem temperaturas superficiais muito mais altas FERREIRA & PRADO (2003).

Nesse sentido Gartland (2010), explica que telhas metálicas podem chegar a uma temperatura de até 57,9° C sob o sol, com um albedo de 0,57 e estas, mesmo apresentando um albedo mais alto, alcançam uma temperatura elevada em função da baixa emissividade.

Ferreira & Prado (2003) explicam que as superfícies com elevado albedo e emissividade permanecem mais frias mesmo quando expostas a radiação solar, pois além de absorverem menos radiação não emitem mais radiação térmica para o espaço, conseqüentemente transmitem menos calor para seu entorno. Sant'Anna Neto (2016, p.9) completa dizendo que “quanto mais radical a substituição dos elementos naturais de uma paisagem, por materiais construtivos artificiais de albedo mais baixo, maior será a inércia térmica e o calor acumulado nas áreas urbanas, potenciais geradores de zonas de desconforto e agravos á saúde da população”.

Material	Albedo Envelhecido	Emissividade do material	Temperatura Superficial	Temperatura Superficial	Diferença de temperatura entre o ar e o material	
	$a_{\text{envelhecido}}$	$e$	$T_s$ (K)	$T_s$ (°C)	(K) ou (°C)	
Cerâmica Vermelha	0,53	0,9	309,92	36,8	-0,1	
Cerâmica Branca	0,54	0,9	309,37	36,2	-0,6	
Fibrocimento	0,34	0,9	320,26	47,1	10,3	
Alumínio	Sem pintura	0,57	0,05	342,57	69,4	32,6
	Marfim	0,47	0,9	313,23	40,1	3,2
	Amarelo	0,45	0,9	314,32	41,2	4,3
	Bege	0,45	0,9	314,32	41,2	4,3
	Azul Claro	0,42	0,9	315,95	42,8	6,0
	Cinza Platina	0,41	0,9	316,49	43,3	6,5
	Vermelho	0,38	0,9	318,11	45,0	8,1
	Azul Santiago	0,31	0,9	321,86	48,7	11,9
	Verde Imperial	0,28	0,9	323,45	50,3	13,5
Aço Galvanizado	Cerâmica Asteca	0,26	0,9	324,50	51,4	14,5
	Sem pintura	0,57	0,25	331,06	57,9	21,1
	Branco	0,49	0,9	312,34	39,2	2,3
	Amarelo	0,37	0,9	318,65	45,5	8,7
	Cinza Claro	0,33	0,9	320,79	47,6	10,8
	Vermelho	0,32	0,9	321,33	48,2	11,3
	Azul Escuro	0,28	0,9	323,45	50,3	13,5
	Cinza Escuro	0,27	0,9	323,98	50,8	14,0
	Verde	0,21	0,9	327,13	54,0	17,1
Metal (Al + Z)	Cerâmica	0,20	0,9	327,65	54,5	17,7
	Sem pintura	0,54	0,25	333,21	60,1	23,2
	Cinza escuro	0,26	0,9	323,98	50,8	14,0
	Cinza Escuro c/ resina	0,13	0,9	331,28	58,1	21,3
	Cinza claro	0,49	0,9	322,92	49,8	12,9
	Cinza Claro c/ resina	0,27	0,9	323,98	50,8	14,0
	Vermelha	0,37	0,9	326,60	53,5	16,6
	Vermelho c/ resina	0,28	0,9	323,45	50,3	13,5
	Ocre	0,33	0,9	323,98	50,8	14,0
Cimento colorido	Ocre com resina	0,23	0,9	326,08	52,9	16,1
	Branca	0,32	0,66	319,26	46,1	9,3
	Alumínio	0,28	0,25	332,50	59,4	22,5
	Verde	0,27	0,4	329,41	56,3	19,4
	Cerâmica	0,43	0,66	323,39	50,2	13,4

**Quadro 7: Temperatura superficial dos materiais de cobertura em função da sua emissividade.** Fonte: Ferreira & Prado (2003, p.10).

Entretanto quando se é analisado as regiões urbanas mais periféricas em Juiz de Fora, nota-se que há um predomínio na utilização de telhas metálicas, o que claramente está relacionado com o preço das mesmas. Isso é reforçado também nos estudos de Sant’Anna Neto & Rampazzo (2016, p.24):

“ A utilização de materiais construtivos inadequados nas edificações, principalmente em habitações populares reafirma o maior comprometimento da população menos favorecida socioeconomicamente, que opta por dispensar o uso de infraestrutura adequada a clima e ao ambiente local”.

Na Figura 7, têm-se a demonstração da ampla utilização das coberturas metálicas em uma região urbana periférica de Juiz de Fora aliado a pouca ou nenhuma presença de indivíduos arbóreos. As coberturas de telha metálica apesar de possuir

elevado albedo, apresentam baixa emissividade podendo chegar a uma temperatura de até 60 C, de acordo com a tabela 7, comprometendo o conforto térmico das edificações.



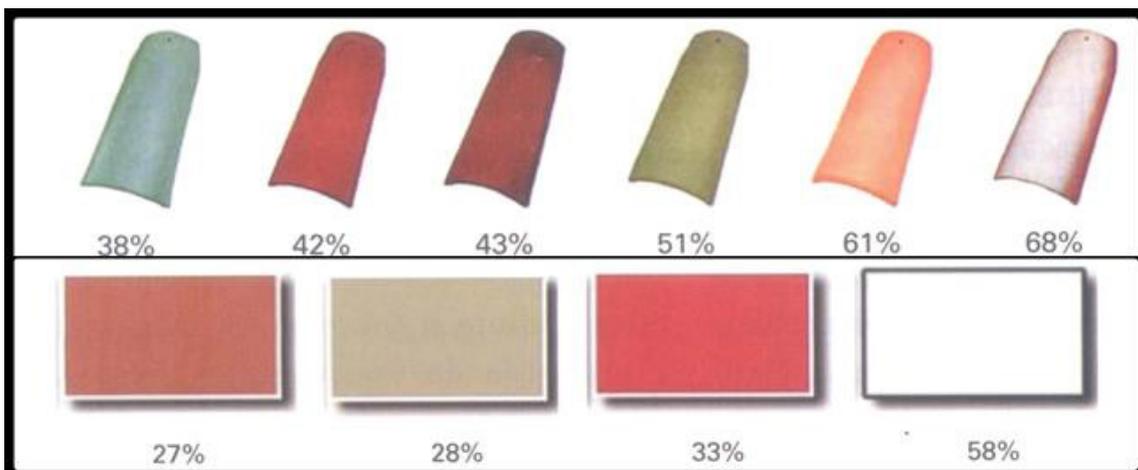
**Figura 8 - Rua com elevada concentração de coberturas metálicas em Juiz de Fora.  
Fonte: Google Street View. Data: 08/2011.**

Em contrapartida, bairros de classe média e alta vão apresentar materiais construtivos mais adequados em relação ao albedo e emissividade, na figura 9, podemos observar o predomínio de cobertura de telhas cerâmicas e também a presença de indivíduos arbóreos, capazes de condicionar um maior conforto térmico em seu interior.



**Figura 9 - Bairro de classe média alta utilizando coberturas cerâmicas em Juiz de Fora. Fonte: Google Street View. Data :11/2011.**

Dessa forma Gartland (2010, p.88) recomenda e aponta os benefícios da utilização das chamadas coberturas frescas, que incluem as telhas cerâmicas e revestimentos metálicos frescos como pode ser observado na figura 10. De acordo com a pesquisadora “os benefícios incluem maior conforto dentro do edifício, economia de água e luz, redução dos picos de demanda de energia, a utilização de coberturas frescas tendem a diminuir os efeitos das ilhas de calor nas cidades e subúrbios”.



**Figura 10: Telhas Cerâmicas de cores frescas e revestimentos metálicos e seus valores de refletância solar. Fonte: Gartland (2010, p.86).**

## 2.5 - MASSA CONSTRUÍDA

A massa construída é um dos fatores indispensáveis nos estudos de investigação do clima urbano, será protagonista no desequilíbrio do balanço de energia, uma vez que é responsável pela estocagem de grande parte da radiação solar incidente, isso em função dos tipos materiais que compõem as construções. Contudo, essa variável ainda é muito pouco explorada em pesquisas desenvolvidas por geógrafos sobre ilhas de calor.

Nessa pesquisa adotaremos essa variável de forma quantitativa, baseando-se na proposta desenvolvida por Tso (1989). Essa variável é obtida por uma equação que calcula em kg a massa de construção de cada edificação existente na área urbana. Esse modelo foi aplicado por ele na cidade de Kuala Lumpur, na Malásia, e apontou uma correlação entre o aumento da massa construída e o aumento da temperatura do ar nas áreas centrais da cidade.

Assis (2016) aplicando a equação em um estudo sobre conforto térmico em Juiz de Fora identificou que a região central da cidade é a que apresenta os maiores valores de massa em kg, isso pode ser explicado em função da intensa verticalização encontrada nessa parte da cidade.

A massa construída pode ser calculada através das seguintes equações proposta Tso (1989):

$$(1) \quad MC = V_{ct} \times \gamma_c / A_f$$

Em que:

$V_{ct}$ : Volume do concreto ( $m^3$ )

$\gamma_c$ : Densidade do concreto = 2400 Kg/ $m^3$

$A_f$ : Área total da fração urbana

O volume do concreto deve ser calculado pela seguinte equação:

$$(2) \quad V_{ct} = (Per \times H \times Ec1) + (Apr \times NL \times Ec2)$$

Em que:

$Per$ : perímetro da edificação (m)

$H$ : altura da edificação (m)

$Ec1$ : Espessura média do concreto nas construções, adotado como 0,20 m. para as paredes externas.

$Apr$ : projeção da edificação ( $m^2$ )

$NL$ : Número de lajes +1

Ec2: Espessura média do concreto nas construções, adotado como 0,10 m. para as lajes.

Para fins de simplificação Tso (1989) admitiu que a massa construída se constitua unicamente de concreto para homogeneizar e facilitar os cálculos.

## 2.6 – COBERTURA VEGETAL <sup>2</sup>

“A vegetação urbana é aquela que permite que o espaço construído se integre com o jardim e o parque, principalmente nas regiões de climas tropicais e subtropicais úmidos, para constituir a paisagem da cidade”. (MASCARÓ & MASCARÓ, 2001, p.1).

A vegetação intraurbana vem sendo bastante estudada em relação a sua capacidade de amenizar os efeitos do clima urbano. Ela pode ser encontrada em praças, rotatórias, parques, jardins, canteiros e acompanhando as vias. A tendência dos grandes e médios centros é a diminuição da cobertura vegetal na medida em que as áreas urbanas vão se expandindo. Muito além da função estética, a vegetação urbana nos estudos de clima urbano é considerada um relevante indicador de qualidade ambiental, uma vez que, é sabido que a vegetação tem grande capacidade de atenuação das características do clima urbano, criando microclimas diferenciados, elas geram as chamadas ilhas de frescor. No entanto é um fator pouco levado em consideração pelos agentes do planejamento urbano como é destacado por Nucci (2008, p.23):

Um atributo muito importante, porém negligenciado, no desenvolvimento das cidades é o da cobertura vegetal. A vegetação, diferentemente da terra, do ar e da água, não é uma necessidade óbvia na cena urbana. A cobertura vegetal, ao contrário de muitos outros recursos físicos da cidade, é relacionada pela maioria dos cidadãos mais como uma função de satisfação psicológica e cultural do que com funções físicas.

Mascaró & Mascaró (2001, p.31) ressaltam que a mais relevante contribuição da arborização nos espaços urbanos se dá em função do sombreamento, notadamente em cidades localizadas em médias e baixas latitudes, “cuja finalidade é amenizar o rigor térmico da estação quente no clima subtropical e durante o ano na região tropical, além disso, diminuir as temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas das edificações”.

---

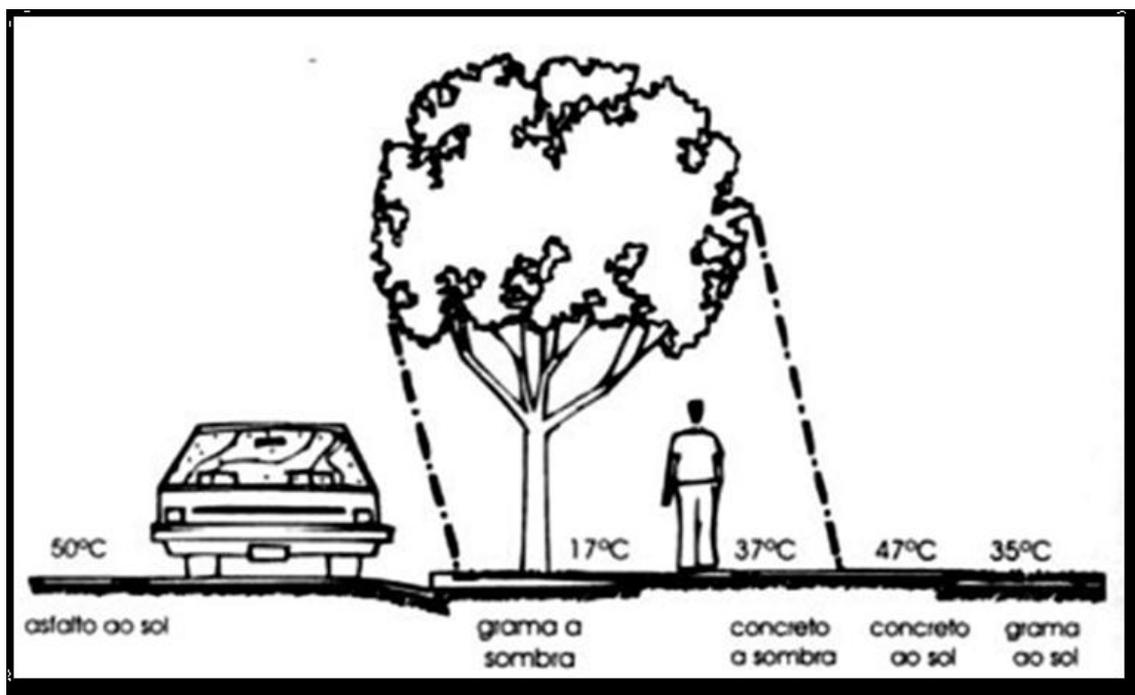
<sup>2</sup>Para essa pesquisa, será adotado o termo “cobertura vegetal”, ao invés do termo “áreas verdes”, uma vez que o termo “áreas verdes” se refere às áreas com vegetação destinadas ao uso público. Como o foco da pesquisa é identificar o potencial de aquecimento, o fato dos fragmentos de vegetação estarem localizados em áreas públicas ou privadas será irrelevante, pois a capacidade de atenuação da temperatura é desempenhada por todas elas, independentemente da destinação das mesmas.

Gartland (2010 p.136) também ressalta a importância da vegetação explicando que “árvores e vegetações moderam as ilhas de calor, melhorando as situações de conforto, proporcionada pelo sombreamento, pela evapotranspiração e proteção contra os ventos, desempenhado pelas mesmas”.

Lima (2016) aponta como principal causa das elevadas temperaturas de superfície e intensas erosões nas proximidades das malha urbana de Nova Andradina/MS, além do tipo de solo, a retirada indiscriminada da cobertura vegetal.

Amorim (2016) também ressaltou a influência e a importância da presença da vegetação na diminuição das temperaturas de superfície em um estudo comparativo em bairros de Presidente Prudente/SP. Bairros de habitações populares, com pouquíssima quantidade de vegetação arbórea e terrenos totalmente impermeabilizados apresentaram as mais elevadas temperaturas de superfície.

O esquema da figura 11 representa a influência da vegetação na amenização da temperatura através do sombreamento e a utilização de temperaturas elevadas na produção de vapor d'água refrescando o ar circundante, além de contribuir para o aumento da umidade relativa do ar.



**Figura 11: Temperaturas superficiais de diferentes superfícies urbanas.** Fonte: Mascaró & Mascaró (2001, p.40).

Assis (2016) ressalta que através de suas atividades fisiológicas, as áreas verdes são capazes de atenuar a poluição atmosférica e as temperaturas, propiciando conforto acústico e luminoso, além de gerar bem estar físico e psíquico da população citadina. A

ausência de áreas vegetadas atrelada a esta alteração da paisagem natural traz consigo mudanças nas condições do clima local.

No quadro abaixo está organizado sucintamente as diversas funções desempenhadas pela vegetação nas áreas urbanas, conforme foram apontadas no livro: “*Vegetação Urbana*” por Mascaró & Mascaró (2001).

<b>Controle da Poluição Atmosférica</b>
Remoção de partículas e gases poluentes da atmosfera, através das folhas que podem absorver gases poluentes originados pela queima incompleta de veículos automotores, e ainda possuem capacidade de “prenderem” partículas tóxicas ou de poeiras sobre sua superfície foliar (espécies, pilosas, cerosas, espinhosas).
Ação purificadora por reciclagem de gases através de mecanismos fotossintéticos
<b>Controle da Temperatura e Umidade do ar</b>
A vegetação funciona como um termorregulador microclimático, modificando o albedo das superfícies, filtrando a radiação solar recebida, provocando quedas nas variações de temperaturas;
Proporciona ambiência agradável através do aumento da umidade relativa do ar , em função da evapotranspiração e ainda contribui para conservar a umidade nos solos, diminuindo a temperatura superficial;
Controle na velocidade e direção dos ventos, podendo ser utilizada tanto para amenizá-lo quanto para reforçá-lo;
<b>Controle Acústico</b>
A vegetação pode ajudar a reduzir os ruídos emitidos pelos grandes e médios centros através de 5 maneiras: <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Absorção do som;</li> <li>2- Desvio (altera a direção);</li> <li>3- Reflexão (o som volta a sua origem);</li> <li>4- Refração (as ondas sonoras mudam a direção);</li> <li>5- Dissimula os sons (se escuta seletivamente os sons da natureza em detrimento dos ruídos da cidade).</li> </ul>
<b>Controle Estético</b>
Determinadas espécies fornecem flores e perfumam o ambiente, quebrando a monotonia da paisagem das grandes cidades.
<b>Complemento Alimentar e Medicinal</b>

A utilização de espécies frutíferas poderá fornecer frutas á população de baixos recursos;
Algumas espécies como o alecrim e a alfavaca podem ser utilizados em tratamentos de determinadas moléstias pela medicina alternativa.
<b>Proteção de Encostas</b>
A utilização de vegetação herbácea e arbustiva auxilia na proteção de encostas uma vez que diminui ou impede a erosão dos solos;

**Quadro 8: Funções da Vegetação no Espaço Urbano.**

Fonte: Mascaró & Mascaró (2001). Organização Pimentel (2016).

Na área de estudo, temos importantes fragmentos de cobertura vegetal, como o Parque Halfeld, que apesar da utilização do nome de parque é considerado uma praça, pelas dimensões, o Museu Mariano Procópio, uma área extensa de 90.000 m<sup>2</sup> de extensão e a Mata do Krambeck

De acordo com as pesquisas de Araújo & Ferreira (2016), Costa & Ferreira (2010), o percentual de áreas verdes públicas na cidade de Juiz de Fora ainda são inferiores ao desejado, não atendendo os valores que são determinados pela Organização Mundial da Saúde, além de serem más distribuídas, uma vez que determinadas regiões urbanas não possuem nenhuma área verde pública ou particular e nem conta com arborização viária. Costa & Ferreira (2016, p.13) ainda destacaram que “o baixo índice de vegetação na área urbana de Juiz de Fora contribui de maneira decisivana concentração de material particulado em especial o dióxido de carbono presente na atmosfera urbana”, não sendo ideal para manter as condições indicadas de qualidade de vida da população local.

**2.7- OS CORPOS HÍDRICOS**

Os corpos hídricos juntamente com a vegetação ciliar (mesmo que bastante alterada no meio urbano) vão contribuir para a diminuição das temperaturas, condicionando um microclima mais ameno. Além disso, a distribuição dos ventos vai ser mais intensa nos fundos de vales, utilizando as calhas dos rios para se dispersarem com maior facilidade.

Masiero & Souza (2013) ressaltam queum corpo d’água urbano promove resfriamento evaporativo, juntamente com a redução da temperatura do ar, criando zonas de ventilação mais favoráveis à dispersão dos poluentes da atmosfera. Por ocupar grandes áreas abertas, situar-se nas cotas inferiores e possuir poucos obstáculos e pouca

rugosidade nas superfícies, esta região contribui para aumentar a pressão atmosférica local e renovar mais frequentemente o ar urbano.

Oliveira *et al*(2010) pesquisando a influência dos corpos hídricos na incidência dos microclimas urbanos em Juiz de Fora, encontrou-se temperaturas de superfície bem mais amenas coincidindo com a existência dos mesmos, além disso os autores ressaltaram a interferência térmica nas áreas adjacentes.

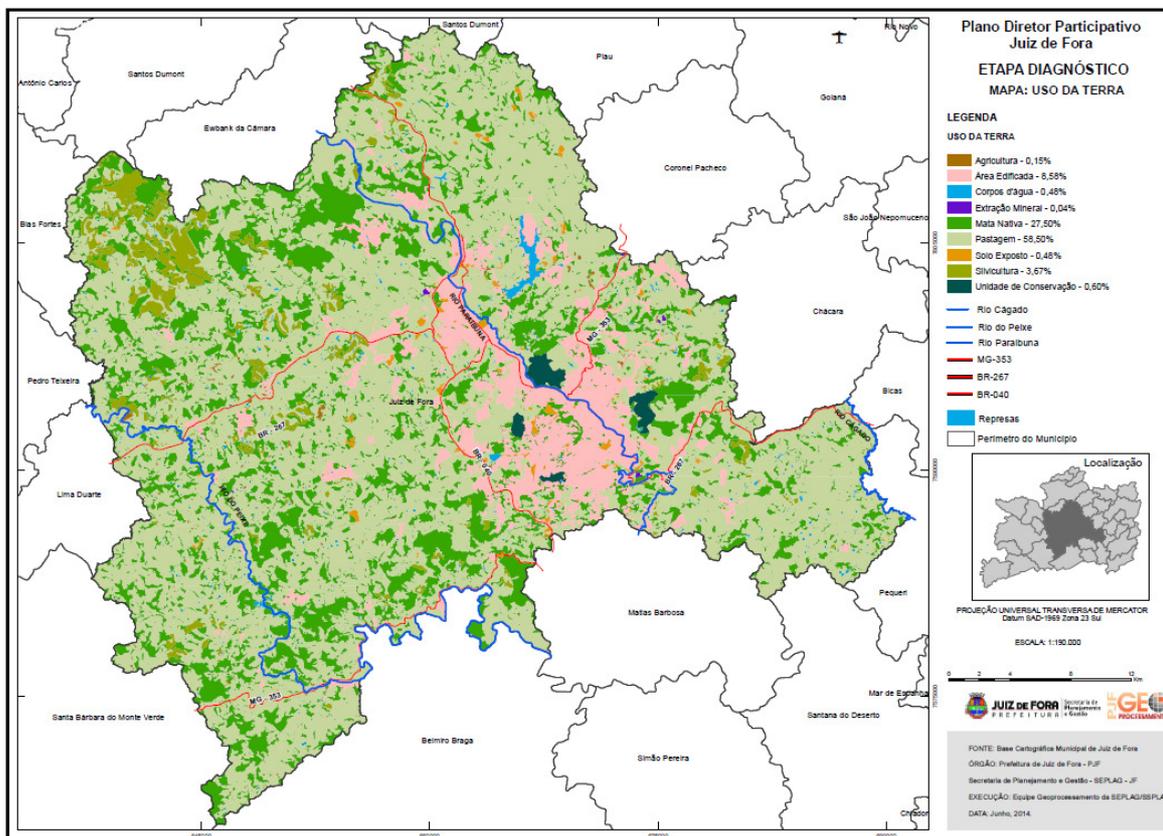
Na área de estudo, a hidrografia mais significativa vai ser o Rio Paraibuna, já que o recorte espacial se deu em função do menor desnível altimétrico. Os outros corpos hídricos, distribuídos na área de estudo, encontram-se em grande parte encobertos por obras de canalização.

Martins (1996) ressaltou a influência do leito do rio Paraibuna na formação de corredores de vento. Fato esse que foi identificado por Pimentel *et al* (2016), em um estudo comparativo entre o Colégio Militar, localizado em fundo de vale, próximo ao leito do rio Paraibuna e a Universidade Federal de Juiz de Fora. A pesquisa mostrou que após o por do sol a temperatura do ar no colégio sofria uma queda brusca que pôde ser explicada através do aumento da velocidade do vento que utiliza a calha do rio para se deslocar com mais facilidade.

A influência da calha do Paraibuna pôde ser destacada também na dissertação de Assis (2016) que apontou o ponto de medição, localizado próximo a margem direita do rio, o de maior velocidade média do vento.



De acordo com o mapeamento de Uso e Cobertura da Terra (Mapa 2) desenvolvido pelo plano Diretor do município (PPDU, 2014), podemos observar que 58,50 % das terras do município estão destinadas a pastagens, restando 27,50 % em vegetação nativa. A área edificada representa um percentual de 8,58, inserida na área urbana temos 0,60 % de fragmentos florestais inseridos em Unidades de Conservação (Uc's), como é o caso da Mata do Krambeck inserida na área de estudo.



**Mapa 2 : Uso e Cobertura da Terra no Município de Juiz de Fora.**Fonte: PPDU,2014.

Machado (2012 p. 21) esclarece que a cidade vem ocupando uma posição de destaque no que se refere a sua localização geográfica, pois o município se encontra no eixo São Paulo-Rio de Janeiro-Belo Horizonte:

“Apesar do fácil acesso, mas de considerável distância fez com que ela se tornasse pólo para inúmeras cidades menores localizadas em meio a esse triângulo, extrapolando sua influência para além da Zona da Mata, atingindo diversas cidades do Estado do Rio de Janeiro.Sua maior e mais diversificada oferta de produtos, bens e serviços resultou em igual e significativa concentração econômica e demográfica, diferenciando-a da maior parte das cidades.”

O desenvolvimento da sua industrialização e conseqüentemente da urbanização deu-se, portanto, em grande parte por sua localização privilegiada, a qual lhe foi confiada, estando associado à construção da estrada União-Indústria.

De acordo com Amaral & Costa (2013, p.7):

“A cidade de Juiz de Fora passou por um intenso processo de industrialização no final do século XIX, sendo denominada nesta época de “Manchester Mineira”. E, a partir do início do século XX passou a se caracterizar como um pólo que concentra atividades ligadas ao comércio e à prestação de serviços.”.

Ainda segundo o IBGE (2010), Juiz de Fora é considerada uma cidade de porte médio e também desempenha função de centro regional, fazendo parte de um grupo constituído por 20 cidades com população superior a 400.000 habitantes.

Geraldo (2014) em seus estudos destaca que a cidade passou a exercer grande influência na região da Zona da Mata, Sul de Minas e Campos das Vertentes, principalmente quando se considera o setor terciário, comércio, saúde e educação, o que ocasionou considerável crescimento demográfico nas últimas décadas.

A configuração existente no sítio urbano de Juiz de Fora, condicionou uma concentração populacional ao longo dos vales, destacadamente ao longo do vale do Rio Paraibuna, tornando-se o vetor de crescimento e adensamento populacional, ressaltada na dissertação de Martins (1996, p.42):

“Constituem o Rio Paraibuna e seus afluentes, elementos naturais dos mais importantes no ordenamento da ocupação do sítio, uma vez que, ao longo de seus terraços, se desenvolveram terrenos de declividades menos acidentadas, como às únicas áreas favoráveis à ocupação em meio a uma topografia agressiva. Deste modo o Rio Paraibuna é elemento de convergência, orientador da ocupação, condicionando a forma quase linear da textura urbana global. Por este papel que ocupa, como traço marcante na conformação do espaço, rio passa a ser elemento importante na legibilidade da imagem urbana. A presença de grande número de encostas íngremes, que tomam o aspecto de “mar de morro”, condicionou o surgimento ilhado da ocupação, não permitindo ao observador, uma percepção de conjunto do sítio urbano, exceto na direção dos vales com terraços mais amplos, ou dos pontos estratégicos de algumas elevações”.

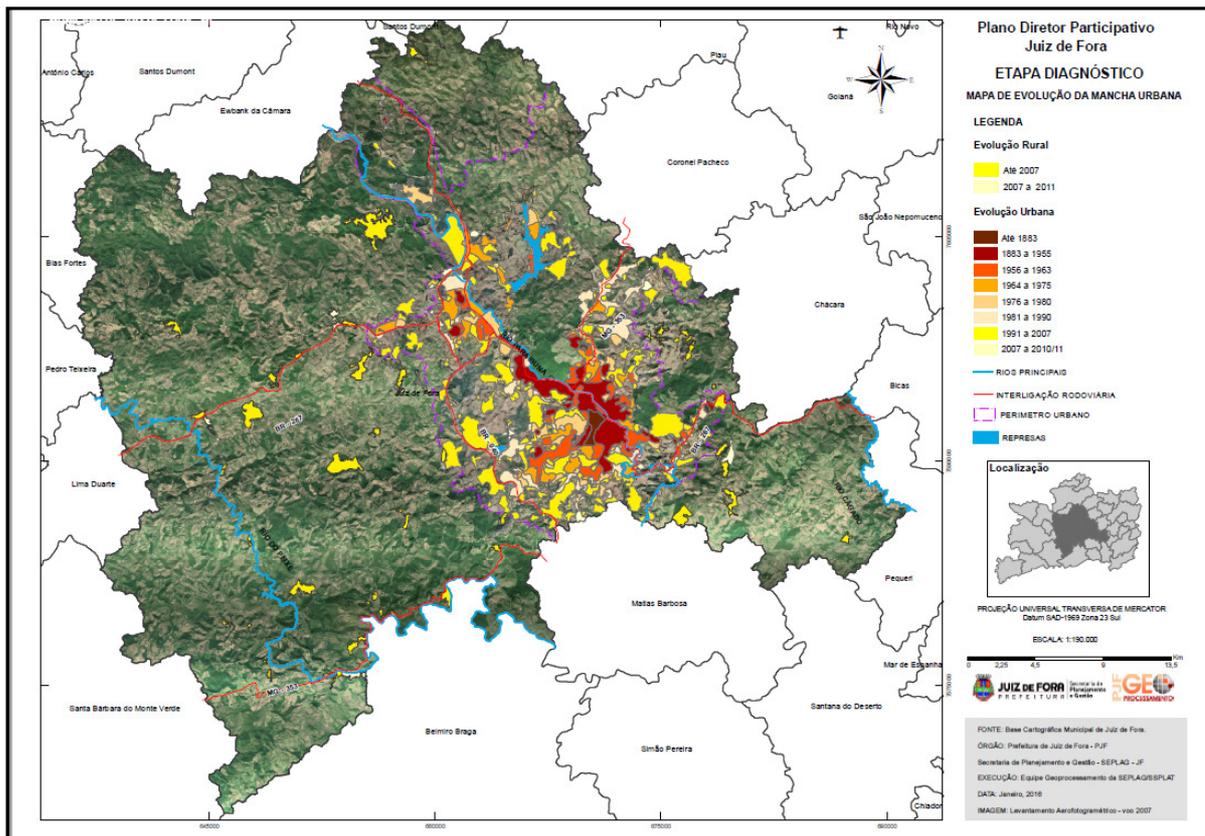
Esse tipo de ocupação é também contemplada lucidamente por Ab’Saber (2007, pg. 94), dando ênfase aos obstáculos á ocupação do sítio urbano juizforano:

“O sítio urbano do município de Juiz de Fora ilustra bem o tipo geográfico de espaço urbano passível de ser encontrado em

raros pontos do Planalto Atlântico. Quem demanda aquela cidade de Minas Gerais, vindo de sul ou de sudeste, percebe logo a grande dificuldade existente para a localização de núcleos no meio da morraria arredondada que caracteriza a Zona da Mata mineira. Bruscamente, entretanto, entra-se em contato com uma larga planície situada a montante de uma resistente soleira rochosa, que faz parte de um pequeno maciço residual a sudeste da cidade. Trata-se do único compartimento de relevo relativamente plano, que se pode encontrar, desde as raias de Minas Gerais com o estado do Rio de Janeiro, passível de asilar uma aglomeração urbana da importância de Juiz de Fora. Inegavelmente, trata-se de um pequeno quadro geográfico de exceção, no conjunto do relevo serrano regional.”

Martins (1996) ainda ressalta que na década de 1970 novas indústrias foram implantadas na cidade, o que ocasionou crescimento demográfico e conseqüentemente um adensamento populacional nos vales, em especial o vale central do Paraibuna. Dessa forma, gradativamente a população passou também a ocupar as áreas mais elevadas. No mapa 3, podemos visualizar a evolução da mancha urbana no município ao longo dos anos, mostrando que a ocupação inicial se concentrou fortemente na região central

O autor, ainda ressalta que o centro de Juiz de Fora sempre apresentou múltiplos usos da terra, combinando funções de residencial, comercial e industrial. Nesse sentido, o modo em que se organizam os equipamentos urbanos irá contribuir para a formação de microclimas diferenciados.

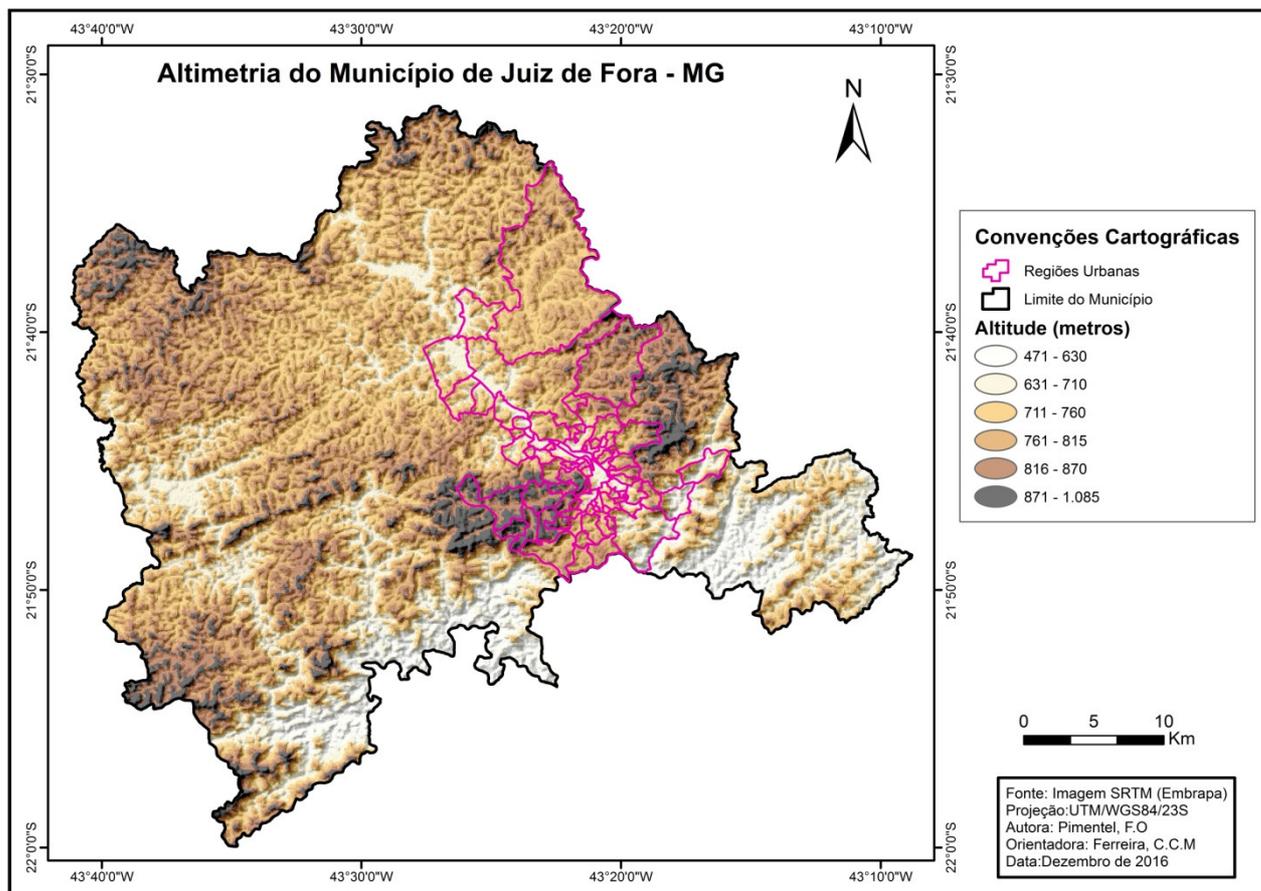


**Mapa 3: Evolução da mancha urbana de Juiz de Fora.**Fonte: PPDU,2014.

Costa & Ferreira (2010) destacam que o surgimento e desenvolvimento da cidade de Juiz de Fora, não difere do contexto geral de devastação da vegetação no sítio urbano, onde o modelo de ocupação comum promovia devastação de grande parte do potencial florestal, a partir de então, muitos desses espaços verdes, obedecendo a evolução do processo de urbanização, foram sendo fragmentados e incorporados à malha urbana.

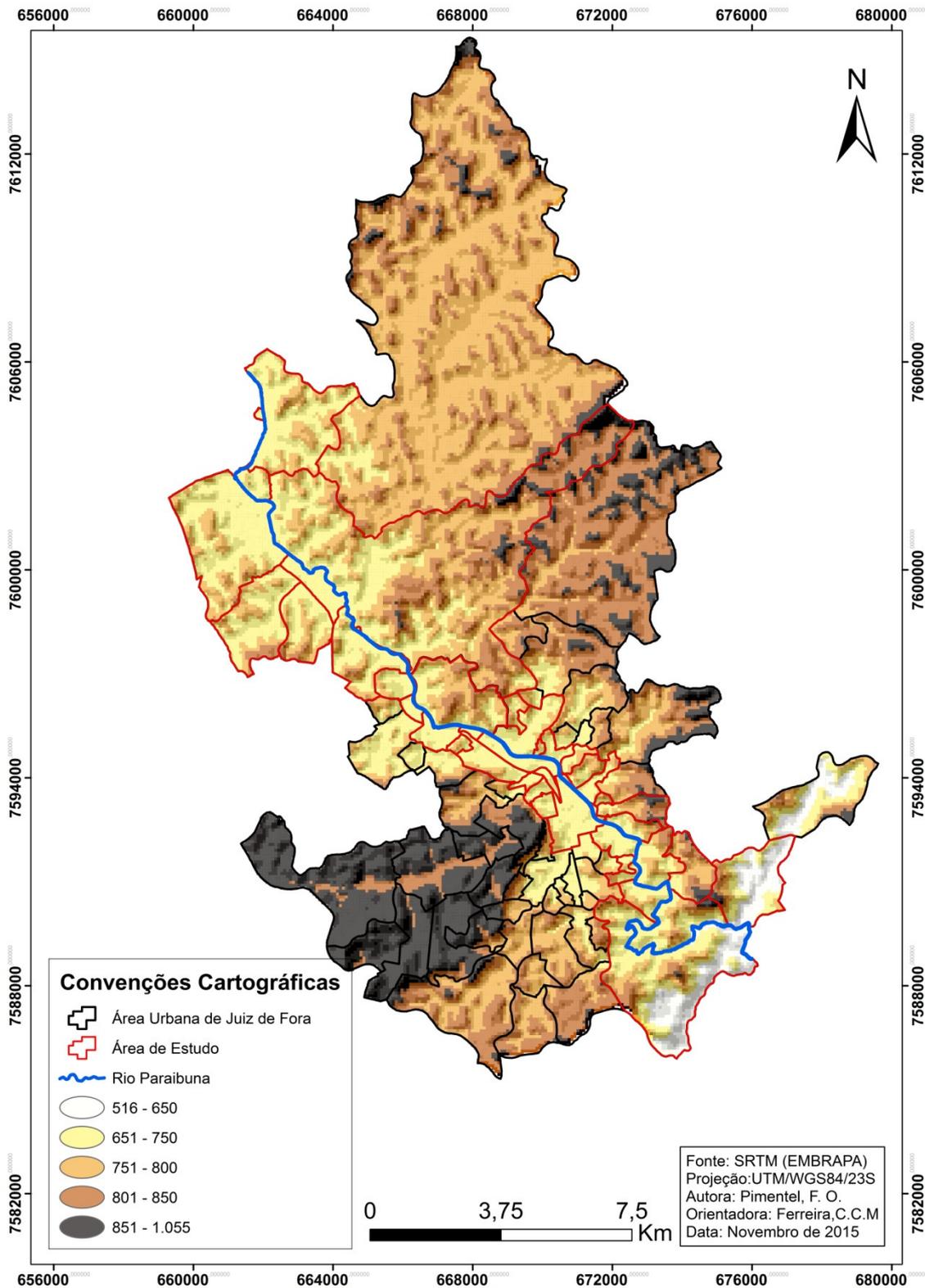
Como pode ser observado no mapa 4, e com mais precisão no mapa 5, a área urbana de Juiz de Fora está inserida em um relevo que varia entre 516 a 1.055 metros de altitude, sendo a área compreendida o vale de escoamento do Rio Paraibuna a de menor variação altimétrica.

O que também é destacado por Assis (2016, p.67) “Juiz de Fora se caracteriza por apresentar grandes variações de altitudes, formação de inúmeros anfiteatros e planícies intermontanas”.



**Mapa 4: Altimetria do município de Juiz de Fora.**

Podemos visualizar mais nitidamente no mapa 5, que algumas regiões urbanas de Juiz de Fora se localizam em áreas bem elevadas. Em contrapartida as regiões urbanas encaixadas no eixo de escoamento do Rio Paraibuna são as de menores amplitude altimétricas, motivo que levou a escolha das mesmas para serem as regiões de investigação para esta pesquisa



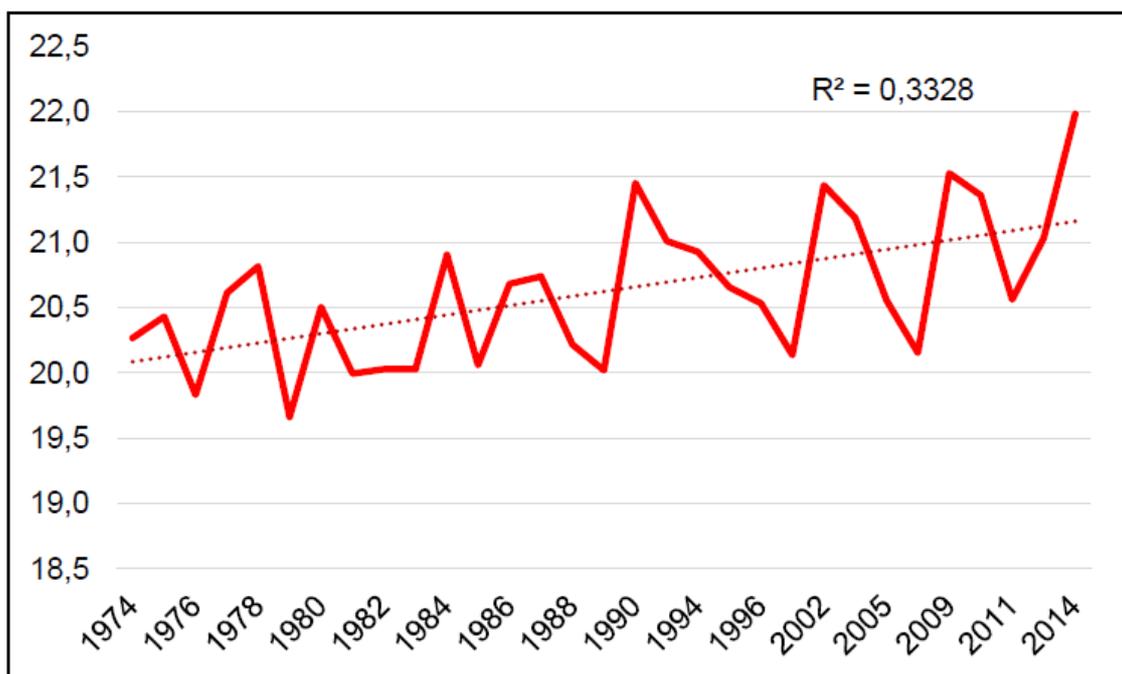
**Mapa 5: Altimetria das 81 regiões urbanas de Juiz de Fora.**

### 3.1 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA REGIONAL

O clima urbano local vai manter estreitas relações com a dinâmica climática regional, no qual ele se encontra inserido, pois “a sucessão de tipos de tempos que perpassam pela cidade é um importante significador dos fluxos de energia.” MONTEIRO (1976, p.34).

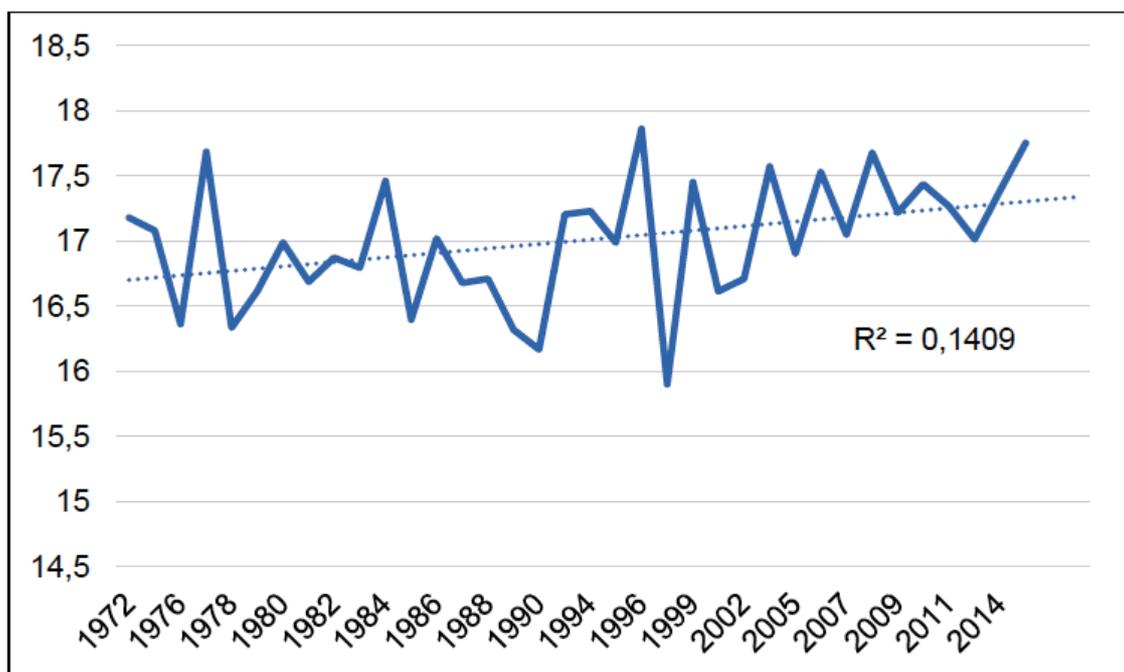
O tipo climático da região onde se localiza o município de Juiz de Fora é denominado Tropical de Altitude, o mesmo é destacado por Torres (2006, pg.162), “o clima de Juiz de Fora apresenta duas estações bem definidas: uma que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de maio a setembro, mais fria e com menor presença de chuvas”.

O gráfico 1, traz uma representação da série de dados de temperatura média, para os meses de verão, desde ano de 1974 até 2014. Esses dados mostram que a maior temperatura média já encontrada foi no ano de 2014, atingindo os 22° C e a menor média de 19,7° C foi encontrada no ano de 1979.

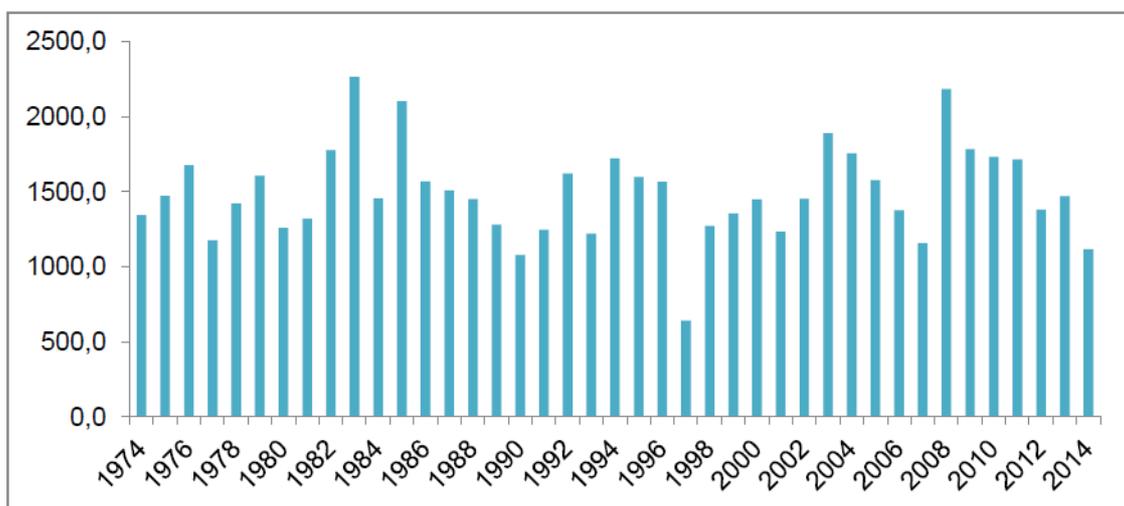


**Gráfico 1 - Temperatura média para os meses de verão (1974 -2014).** Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental – UFJF.

Já para o meses de inverno (gráfico 2 ) a menor temperatura média já registrada foi de 15,8°C no ano de 1999 e a maior média de 17,8°C em 1995. Em relação a precipitação podemos observar pelo gráfico 3 que o ano mais seco da série foi o 1997, e os anos de 1983 e 2009 se apresentaram como os mais chuvosos da série.



**Gráfico 2 - Temperatura média para os meses de inverno (1974 -2014).** Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental – UFJF.



**Gráfico 3 - Precipitação Total Anual (1974-2014).** Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental – UFJF.

A cidade de Juiz de Fora está localizada a 200 quilômetros do Oceano Atlântico, sendo assim essa proximidade com o litoral poderia conferir a Juiz de Fora volumes pluviométricos maiores do que se tem normalmente, porém, a região sofre os efeitos da barreira orográfica desempenhada principalmente pela Serra do Mar. Dessa forma as vertentes localizadas a sotavento da serra recebem menos umidade do que as vertentes que estão a barlavento.

Sant'Anna Neto (2005, p. 47) destaca que a altitude abranda o caráter tropical do clima na região influenciando a temperatura do ar e a pluviosidade. A disposição das Serras da Mantiqueira e do Mar é capaz de interferir nas sazonalidades das precipitações e nos volumes anuais, uma vez que, “é capaz de exercer um papel fundamental na distribuição das chuvas, gerando as “ilhas úmidas” na vertente leste e “ilhas secas” na vertente oeste”.

Martins (1996, p.53) também vai ressaltar o efeito orográfico desempenhado pelas frentes polares que tentam adentrar a região:

“No caso da frente polar, a massa de ar frio vem, muitas vezes, tão baixa que não consegue atingir a crista da Serra do Mar. A maior pluviosidade é interceptada pela Serra do Mar e de Paranapiacaba. A serra da Mantiqueira, só recebe a precipitação quando a frente polar está com altura superior a 1,5 km, mais comum no período do verão, mesmo quando o maior número de incursões das frentes frias sejam registradas no período do inverno, porém esta quando atua, provoca normalmente queda de temperatura, mas em um número menor de vezes precipitações.

Os principais sistemas atmosféricos que irão atuar sobre Juiz de Fora são:

- ✓ Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS);
- ✓ Massa Tropical Atlântica (mTa);
- ✓ Massa Equatorial Continental (mEc);
- ✓ Massa Polar Atlântica (mPa)
- ✓ Frentes

A ZCAS alimentada pela umidade da mEc, vai atuar principalmente no período da primavera e verão, fornecendo intensa umidade propiciando um aumento considerável nos níveis de nebulosidade e precipitação na região. A mEc destacada por Martins (1996) são bem mais frequentes durante o verão, sendo responsável pelo aumento da temperatura e da umidade relativa do ar, desencadeando acentuada precipitação com a presença de fortes trovoadas.

Ferreira (2012) vai destacar que a região é muito influenciada pela atuação frequente da Massa Tropical Atlântica (mTa) e também pela Massa Polar Atlântica (mPa).

Cavalcanti *et al* (2009), explica que a mTa atua na região principalmente na estação do inverno. Induzindo o fenômeno de subsidência, responsável pelo céu azul, condicionando estabilidade atmosférica. Durante o predomínio de uma mTa, a alta pressão se instala, ocasionando baixa velocidade do vento, baixa umidade relativa do ar, conseqüentemente têm-se uma maior concentração de materiais particulados na

atmosfera, o que cria as condições ideais para a investigação do fenômeno ilhas de calor. Martins (1998) ainda destaca que a direção predominante do vento na cidade é norte.

A mPa vai atuar na região mais frequentemente no inverno, ocasionando quedas bruscas nas temperaturas e ainda uma diminuição das amplitudes térmicas nas diferentes localidades, conseqüentemente em razão da homogeneidade que esse sistema de alta pressão condicionam no ambiente urbano.

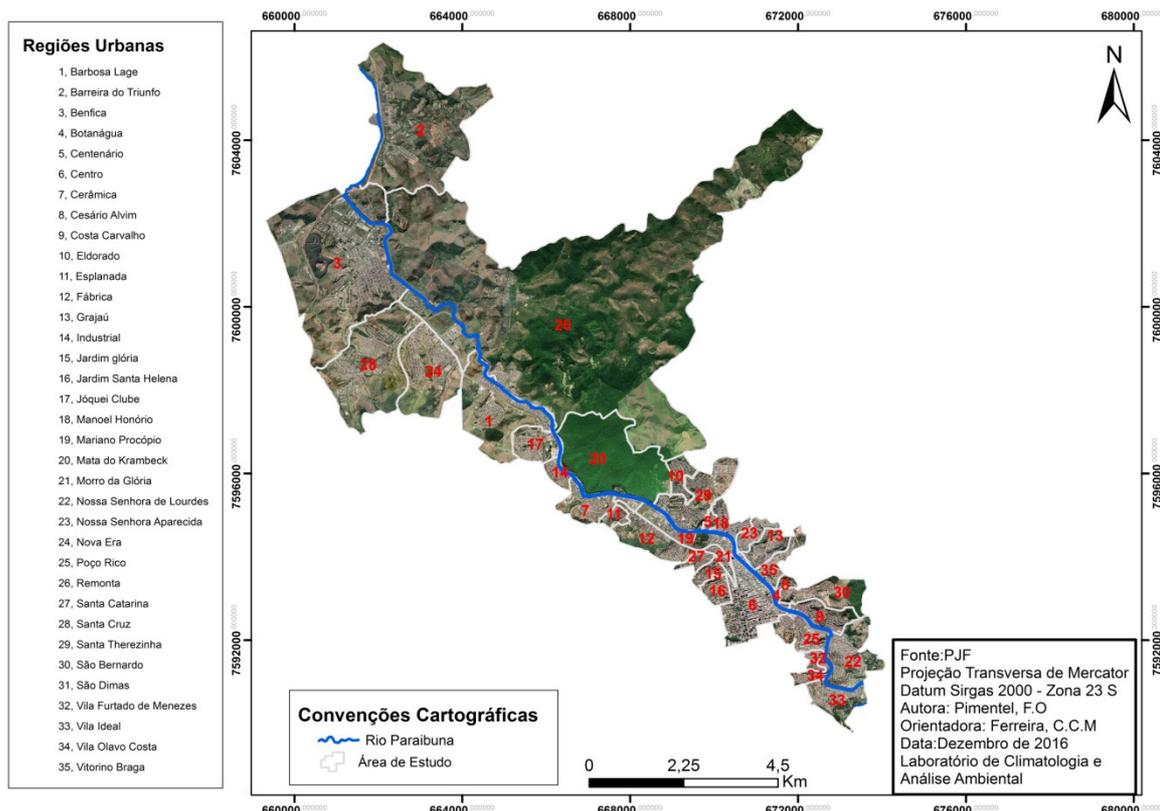
As frentes frias são bastante comuns na região, principalmente nos meses de inverno, geram áreas de instabilidade atmosférica influenciando na diminuição das temperaturas.

### **3.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS 35 REGIÕES URBANAS**

A definição de Regiões Urbanas em Juiz de Fora se deu pela implementação da Lei 6910/86, Cap. III, Art. 5º que divide a Área Urbana do Distrito-sede em Unidades Territoriais (UT's), além disso, o desdobramento dessa lei instituiu a criação das 81 Regiões Urbanas (RU's), caracterizadas por unidades menores e mais coesas, quanto às suas características, do que as unidades territoriais (UT's). De acordo com o IPLAN (2000) estas regiões subdividem a porção mais contínua e densamente ocupada da cidade, não abrangendo, porém, toda a extensão do perímetro urbano.

Tasca (2010) discorre que as 81 Regiões Urbanas acabaram se tornando as principais células de estudos urbanos. Além disso, sua compatibilidade com os Setores Censitários favorece o uso das informações geradas, agregadas de vários níveis, especialmente nas atividades de planejamento. Uma vez que o IBGE adotou as regiões urbanas como unidade de levantamento para o recenseamento demográfico.

A área a qual foi escolhida para o desenvolvimento dessa pesquisa, compreende 35 regiões urbanas (Mapa 6), que estão localizadas ao longo do percurso do Rio Paraibuna, no sentido noroeste-sudeste. Essa escolha se deu em função da menor amplitude altimétrica encontrada nessas regiões, pois o fator altimetria poderia vir a contribuir para aumentar as diferenças térmicas.



**Mapa 6 – Localização das 35 regiões urbanas escolhidas para a área de estudo.**

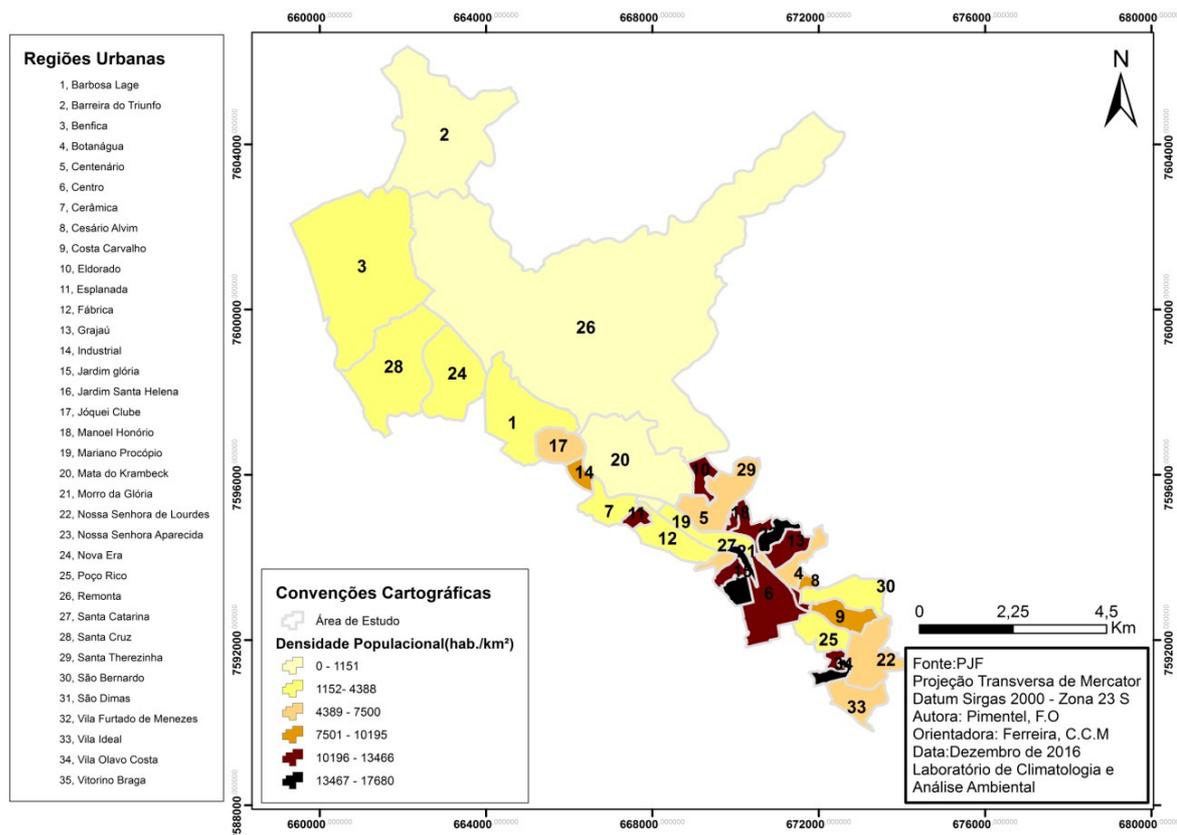
A área de estudo é cortada também pelas principais avenidas da cidade, classificadas como vias artérias, vias de tráfego mais intenso, porém, geralmente apresentam pistas mais largas, como a Avenida Juscelino Kubitschek, Avenida Brasil, Avenida Rio Branco, Avenida Itamar Franco, Avenida Getúlio Vargas. A Avenida Juscelino Kubitschek vai ser a principal ligação entre o centro e a zona norte e ao longo da sua via estão localizadas indústrias, comércios, e o trânsito na mesma são intensos tanto de veículos leves como pesados, pois também é saída para a BR 040 e BR 267. A avenida Rio Branco e alguns pontos da Avenida Itamar Franco, possuem uma tímida vegetação viária com canteiro central arborizado.

O quadro 9 foi organizado em função das regiões urbanas e suas respectivas populações nos censos de 1991, 1996, 2000 e 2010, mostrando quais as regiões sofreram maior crescimento nos últimos anos.

	REGIÕES URBANAS DE JUIZ DE FORA (Área de Estudo)	POPULAÇÃO				Área ( m²)
		CENSO 1991	CONTAGEM1996	CENSO 2000	CENSO 2010	
1	Barbosa Lage	10854	11595	12277	12704	2894559,3
2	Barreira do Triunfo	1643	1645	2273	2737	6598762,4
3	Benfica	11038	16026	18111	23045	8811560,3
4	Botanágua	1401	1290	1347	1353	108581,6
5	Centenário	1350	1242	1220	1195	103706,2
6	Centro	24317	24085	21426	20752	1803597,1
7	Cerâmica	1303	3191	3216	3195	861407,9
8	Cesário Alvim	1067	1154	1091	1228	130410,1
9	Costa Carvalho	6705	7034	7525	7669	752207,6
10	Eldorado	6165	6139	6343	6106	464315,8
11	Esplanada	2926	3102	3073	3055	240916,7
12	Fábrica	4147	4308	4405	4964	1174890,1
13	Grajaú	6539	6679	6420	6789	593278,2
14	Industrial	2987	3098	3107	3017	316976,3
15	Jardim Glória	3314	3218	3233	3471	300041,6
16	Jardim Santa Helena	5907	5766	5831	6012	386174,7
17	Joquei Clube	4116	4505	4807	4763	847302,8
18	Manoel Honório	6777	6431	6374	6483	498693,1
19	Mariano Procópio	2692	2445	2169	2180	869549,6
20	Mata do Krambeck	0	0	0	0	3994481,9
21	Morro da Glória	3114	2764	3328	3643	206044,5
22	Nossa Senhora Aparecida	6010	6520	6612	6390	396025,8
23	Nossa Senhora de Lourdes	5717	6405	7104	7762	1557676,6
24	Nova Era	4815	6396	7781	10631	2482087,6
25	Poço Rico	3760	3595	3336	3261	850284,8
26	Remonta	362	330	396	469	32730280,4
27	Santa Catarina	1854	1811	1801	1810	241329,4
28	Santa Cruz	10847	13387	15514	16864	4091414,9
29	Santa Therezinha	9655	10204	10134	11242	1719170,2
30	São Bernardo	3182	3497	3541	3649	1139333,2
31	São Dimas	212	238	200	159	138128,9
32	Vila Furtado de Menezes	2443	3103	2653	2562	190252,9
33	Vila Ideal	4957	4918	5827	6161	933297,8
34	Vila Olavo Costa	4283	4484	4453	4391	293765,2
35	Vitorino Braga	4097	3955	4263	4205	644782,4

**Quadro 9: Distribuição da população na área de estudo.**Fonte: IBGE. Organização: Pimentel (2016).

No mapa 7, apresentado abaixo, esses dados foram espacializados para se compreender melhor a distribuição relativa da população por cada área urbana escolhida para a investigação, levando-se em consideração apenas o último censo de 2010.



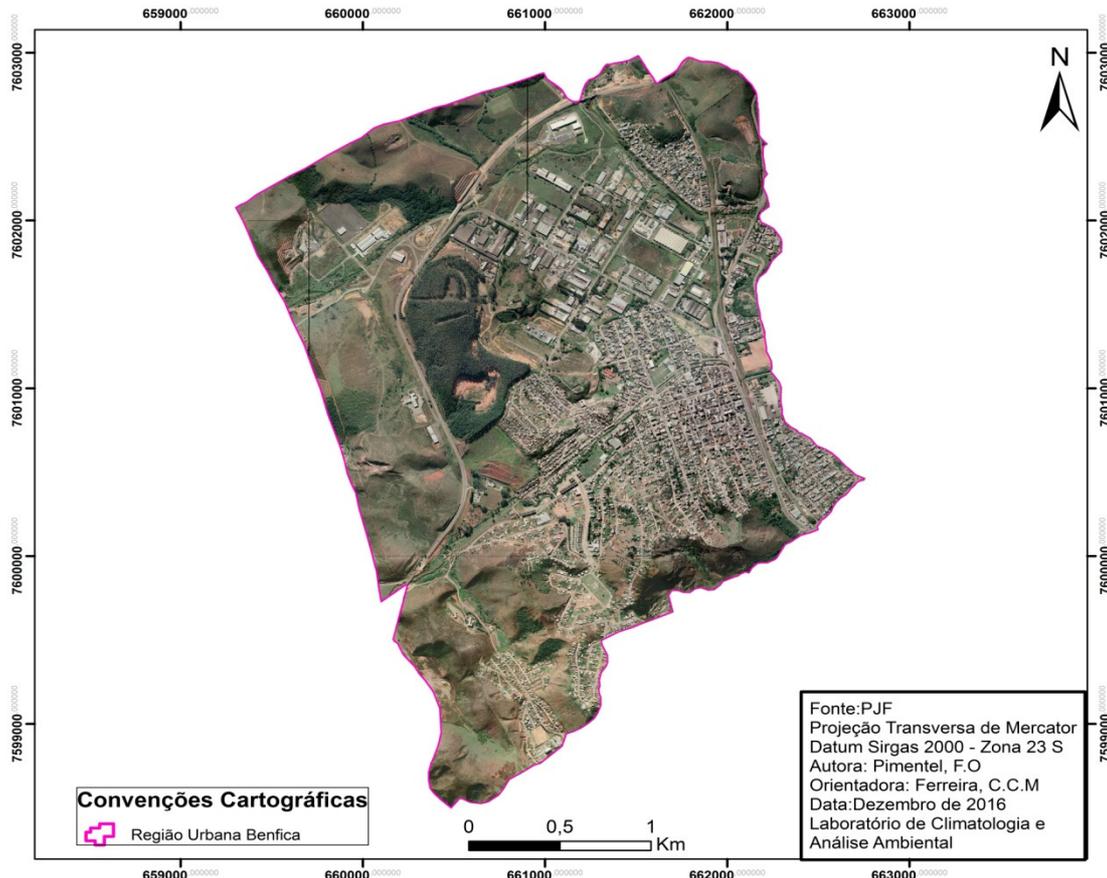
**Mapa 7 – Densidade Populacional das 35 regiões urbanas**

A região urbana Benfica ( mapa 8), merece destaque, pois se configura como o principal sub-centro de Juiz de Fora, sendo a região urbana com o maior número populacional da cidade, que vem crescendo significativamente nos últimos anos, a população mais que dobrou do ano de 1991 para 2010. Isso pode ser observado no quadro 9 e no Mapa 7. Localizada cerca de 18 km do região urbana Centro apresenta uma estrutura comercial e de serviços bem desenvolvida, além de abrigar o Distrito Industrial de Juiz de Fora.

Geraldo (2014) destaca que o morador de Benfica possui um grau de independência em relação ao Centro, que morador de nenhum outro bairro da cidade possui, já que ali estão localizados serviços capazes de atender grande parte das pessoas. Um pequeno trecho do Plano Diretor (2000) destaca o caráter de independência da região urbana Benfica do restante da cidade:

“O nucleamento de Benfica evoluiu de forma quase independente da malha urbana expandida a partir do Centro. A sua integração ao conjunto da cidade se deu progressivamente, pressionada pela implantação de novos empreendimentos na região, e do adensamento acompanhado de esgotamento da capacidade da infra-estrutura ao longo do vale do Rio Paraibuna, na Área Central. Por outro lado, ao longo dos anos, esta região vem recebendo continuamente uma série de

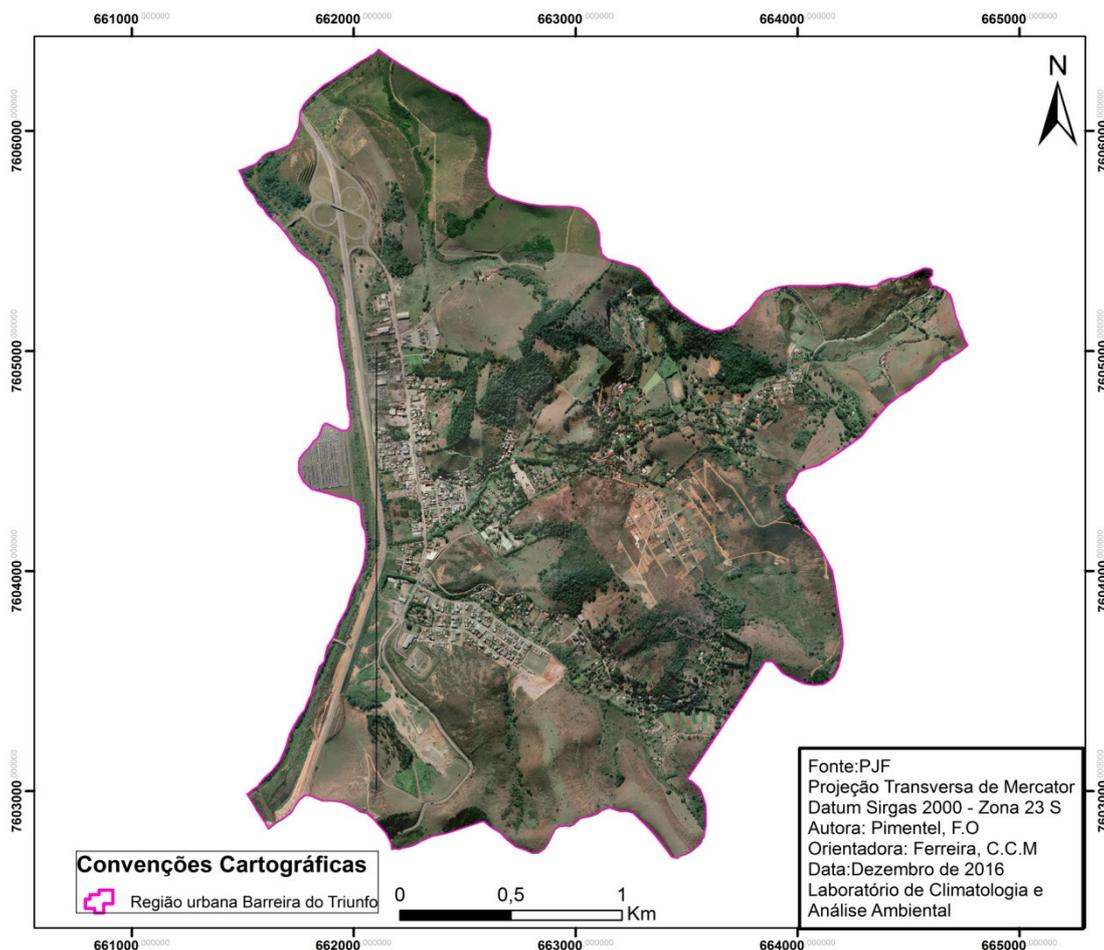
benefícios por parte dos Poderes Públicos Municipal, Estadual e mesmo Federal, visando consolidá-lo como Zona Industrial. A duplicação da Av. Juscelino Kubitschek, principal via que o atravessa, e também a localização do terminal Rodoviário, que deslocaram o trânsito de pessoas e veículos para a direção noroeste, compõem a série de iniciativas voltadas à sua valorização.”



### Mapa 8 – Recorte da Região Urbana Benfica.

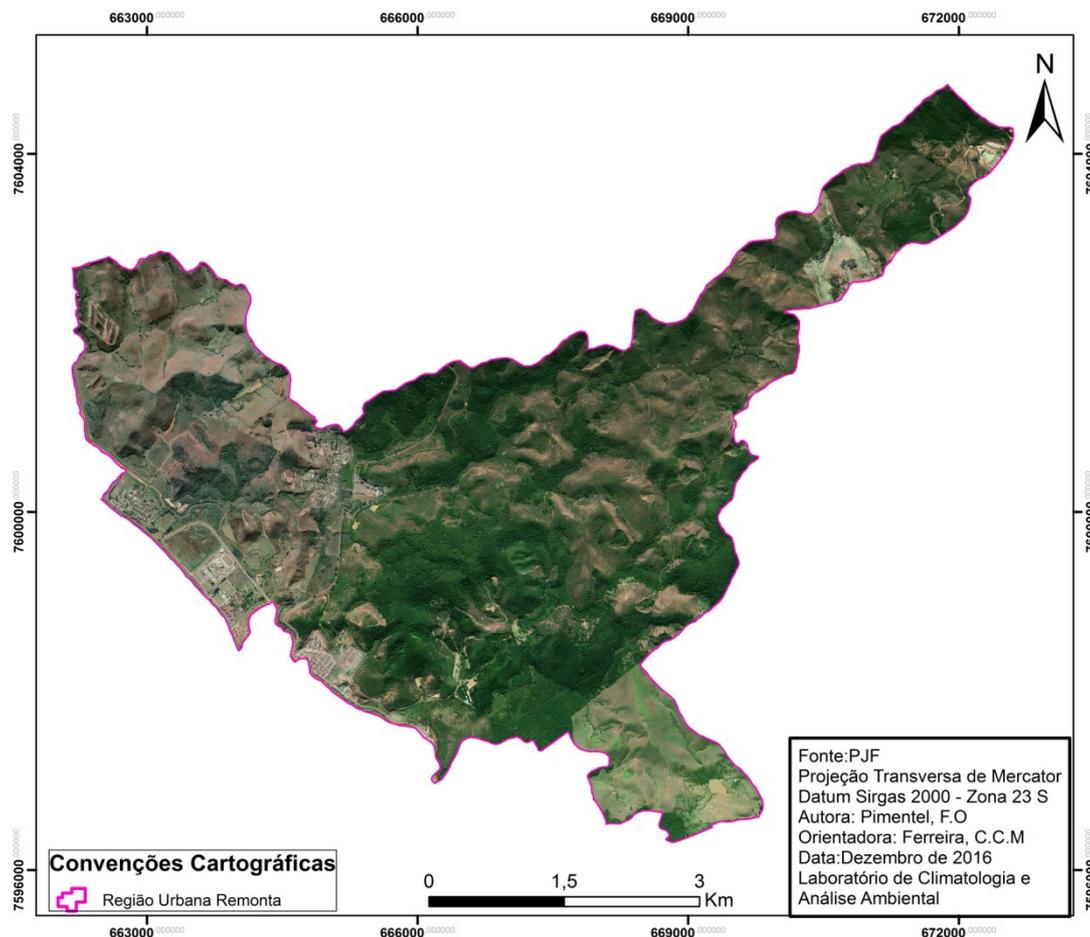
Tasca (2010) faz menção sobre a intensificação da ocupação ocorrida nessa região urbana nos últimos anos, principalmente quando se refere ao crescimento industrial, que tem ocasionado significativa alteração na antiga paisagem.

A Região Urbana Barreira do Triunfo (mapa 9), é considerada a mais periférica, quando se analisa o mapa de localização, Tasca (2010) afirma que essa ru, possui no seu interior uma área de ocupação subnormal denominada Vila São Cristovão, com infraestrutura urbana parcial, formas de habitação precárias e titularidade irregular da terra urbana, onde as condições socioeconômicas são baixas, e a densidade de ocupação é mediana. Nessa região, temos ainda instalação recente de conjuntos habitacionais pertencente ao programa do governo federal Minha Casa Minha Vida, que vem aumentando significativamente a área construída.



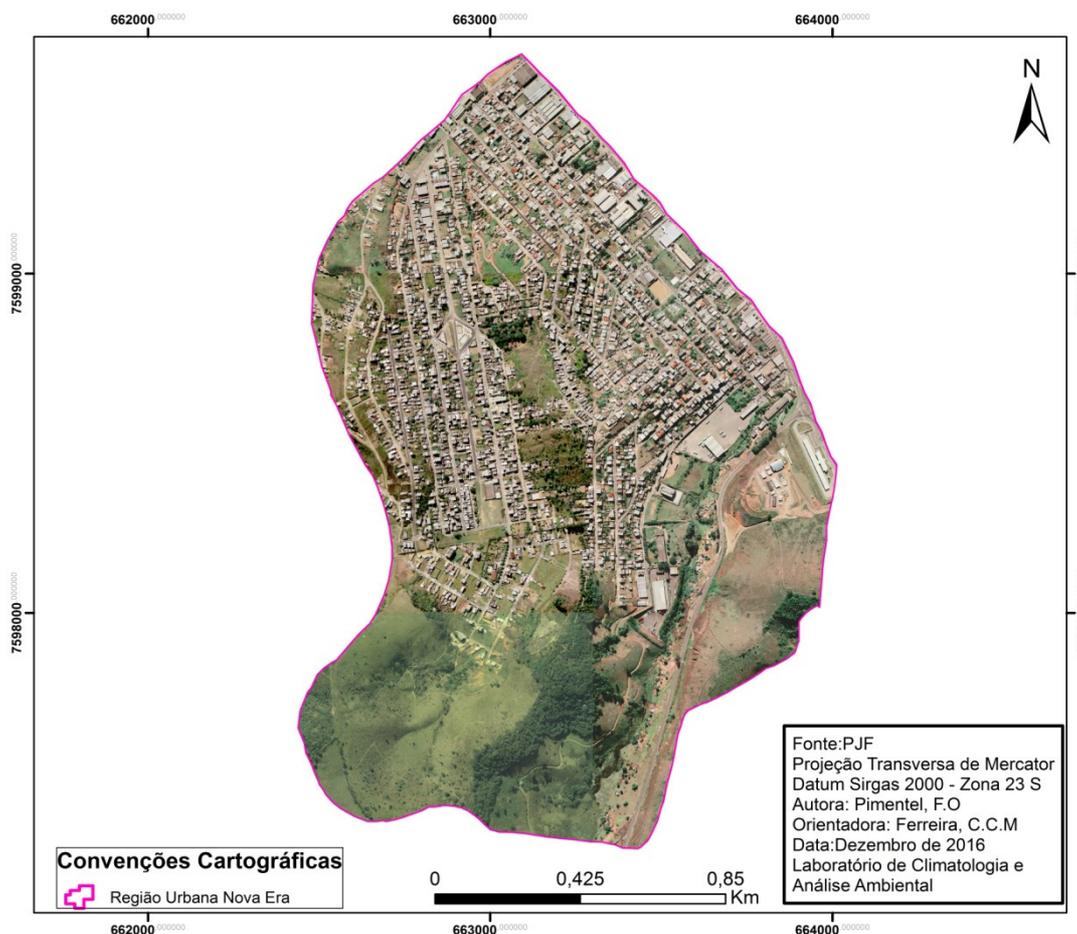
**Mapa 9 –Recorte da Região Urbana Barreira do Triunfo.**

A Região Urbana Remonta (mapa 10), também considerada periférica, apresenta a maior área territorial de todas as regiões urbanas escolhidas para a área de estudo. É a segunda menor quando se considera a densidade demográfica, contando com apenas 469 residentes de acordo com o último censo, se destacando por apresentar uma infraestrutura insuficiente. Essa região urbana abriga ainda o colégio Militar de Juiz de Fora, na altura da ru Nova Era. As atividades econômicas desenvolvidas em Remonta são de baixa expressividade, a ocupação caracteriza-se, em sua maioria, por granjas e habitações irregulares, lotes de pequenas dimensões e vilas militares. TASCA (2010). Vale destacar que essa região urbana possui uma expressiva quantidade de fragmentos de cobertura vegetal, o que vai contribuir para a amenização da temperatura de superfície.



**Mapa 10 – Recorte da Região Urbana Remonta.**

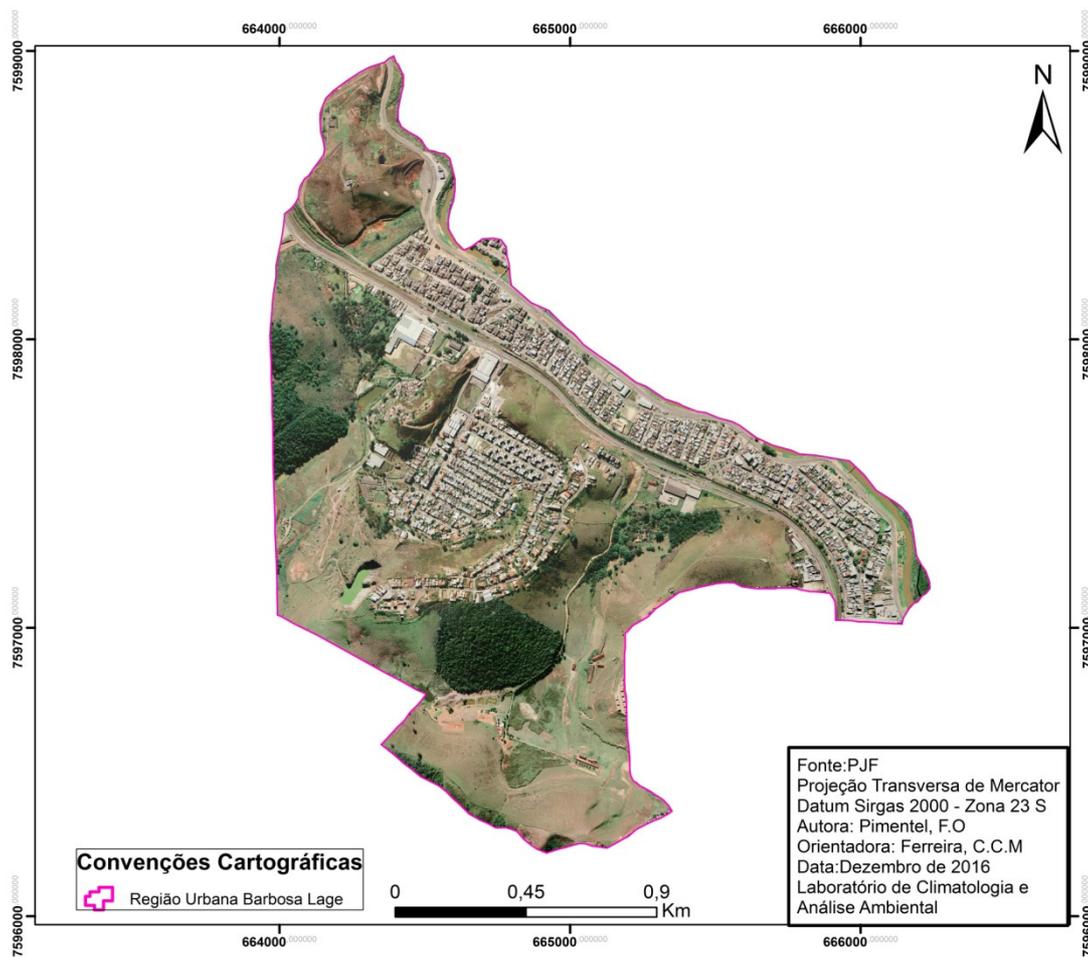
A Região Urbana Nova Era ( mapa 11) conta com atividades industriais e comerciais, principalmente ao longo da Avenida Juscelino Kubistchek, mas a maior parte das edificações é de uso residencial, com presença de lotes de pequenas dimensões. Também vai apresentar grande quantidade de coberturas do tipo laje e metálica.



**Mapa 11 – Recorte da Região Urbana Nova Era.**

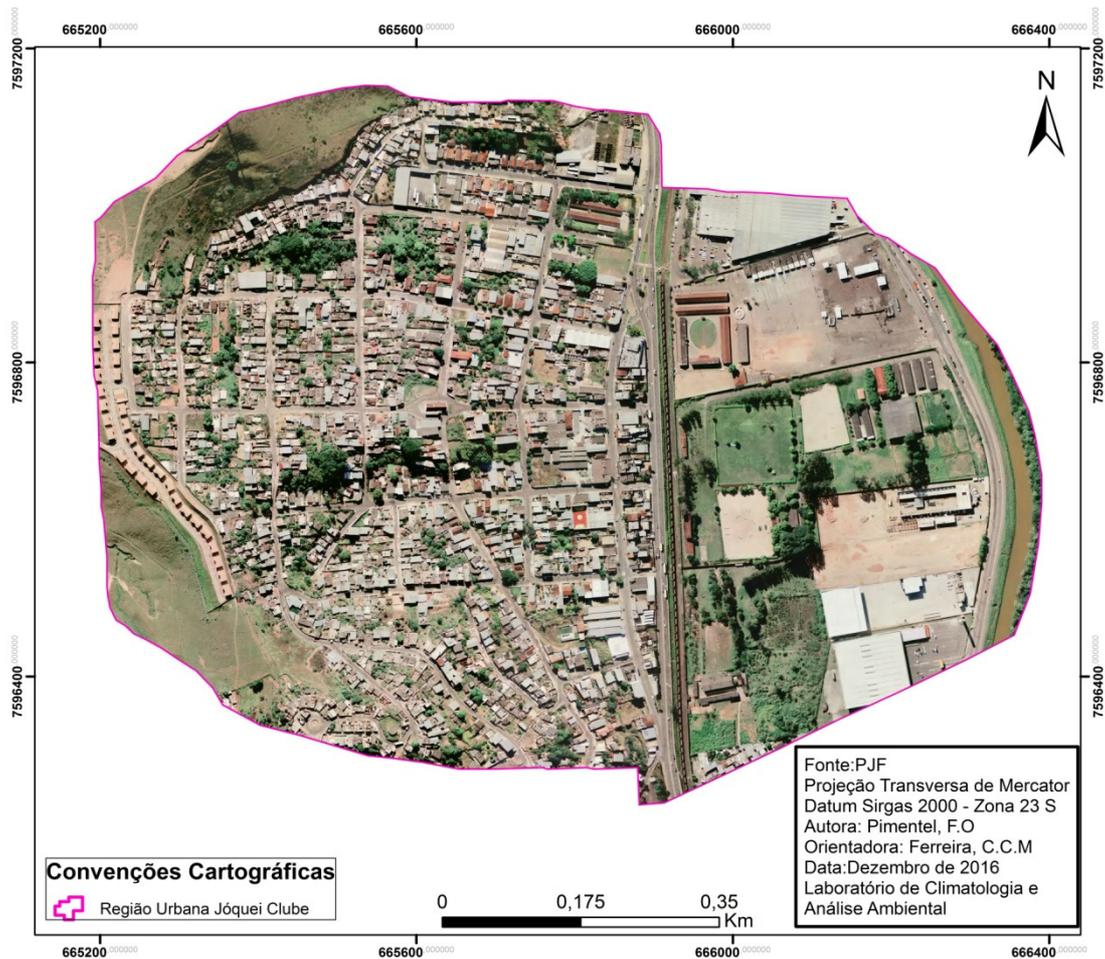
A Região Urbana Barbosa Lage (mapa 12), predominantemente de uso residencial, está situada na zona norte da cidade, é considerada a 4<sup>o</sup> região mais populosa dentre as contidas na área de estudo. De acordo com Tasca (2010) essa região urbana, ao longo do desenvolvimento histórico da cidade, vem abrigando inúmeros loteamentos populares. O próprio surgimento do bairro Cidade do Sol, inserido nessa ru, está condicionado a construção de moradias populares destinadas aos trabalhadores das indústrias localizadas nos arredores.

Silva (2014) destaca que o bairro surge nos anos 80, a partir de recursos financiados pelo extinto Banco Nacional da Habitação (BNH), com prédios em sua maioria compostos por dois pavimentos com cobertura metálica ou fibrocimento, nitidamente de qualidades duvidosas. Além dos loteamentos populares a região urbana abriga um recente loteamento de padrão de renda média/alta conhecido como “Recanto da Mata”, bordado por áreas verdes, constituído por residências com padrão de construção mais elevados, em sua maioria com cobertura de telha cerâmica.



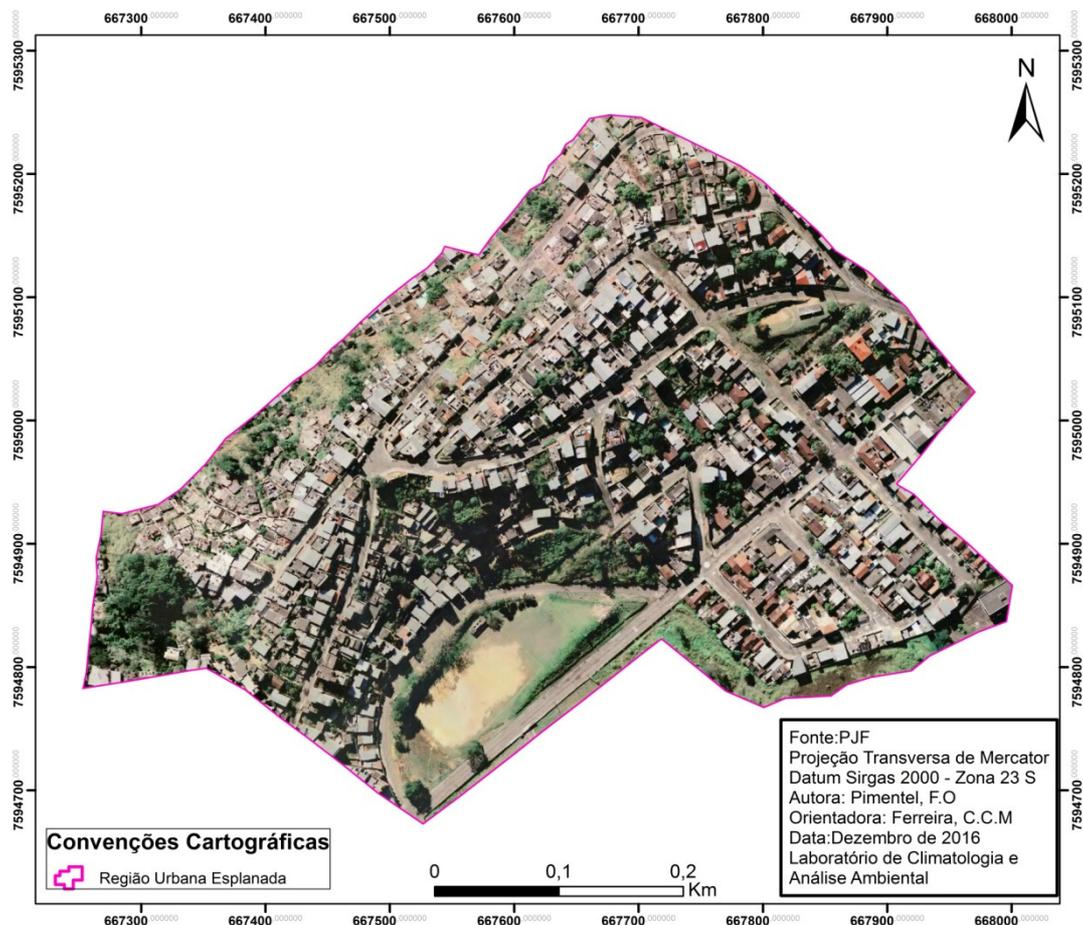
**Mapa 12 – Recorte da Região Urbana Barbosa Lage.**

A Região Urbana Jóquei Clube (mapa 12) também abriga loteamentos populares do antigo BNH e também do Programa de Arrendamento Residencial, um programa de habitação popular desenvolvido pela PJF, a ru apresenta lotes de pequenas dimensões de construções inacabadas, maioria com apenas um pavimento e com predomínio de cobertura metálicas e lajes.



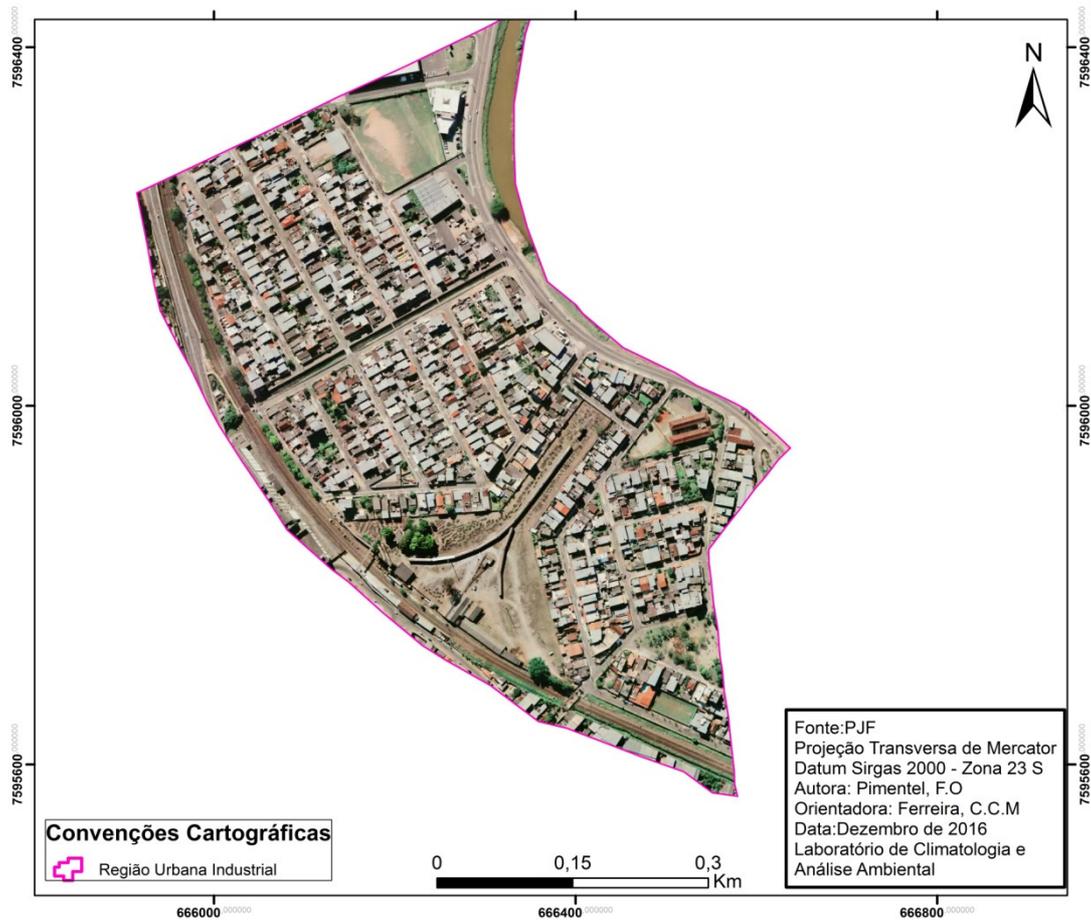
**Mapa 12 – Recorte da Região Urbana Jockey Clube.**

A Região Urbana Esplanada (mapa 13), também localizada na zona norte de Juiz de Fora, possui uso predominantemente residencial, com edificações de no máximo até três pavimentos, apresenta ruas estreitas e alguns becos com residências adensadas.



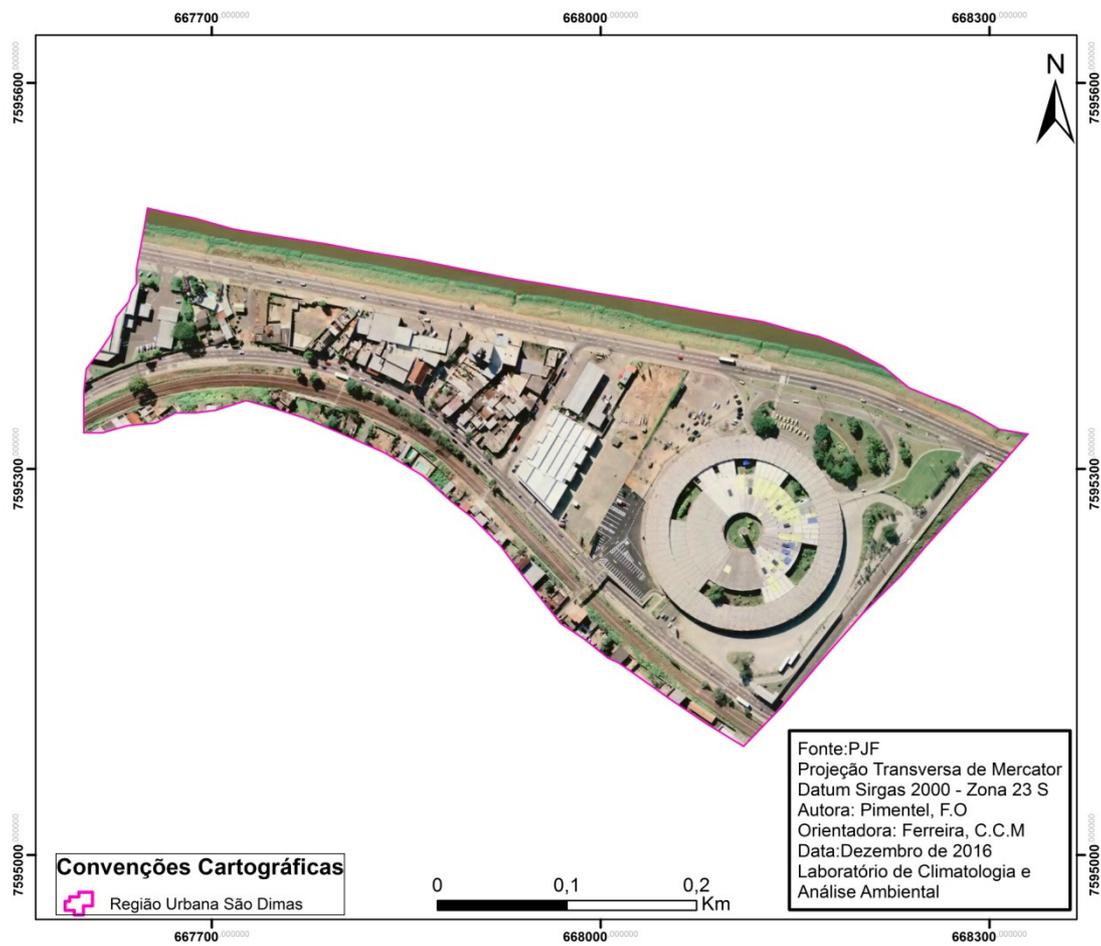
**Mapa 13 – Recorte da Região Urbana Esplanada.**

A Região Urbana Industrial (mapa 14) localizada á margem direita do Rio Paraibuna, portanto em uma área plana, se destaca por não possuir nenhum fragmento de cobertura vegetal, apresentando a maior parte de suas residências com coberturas metálicas.



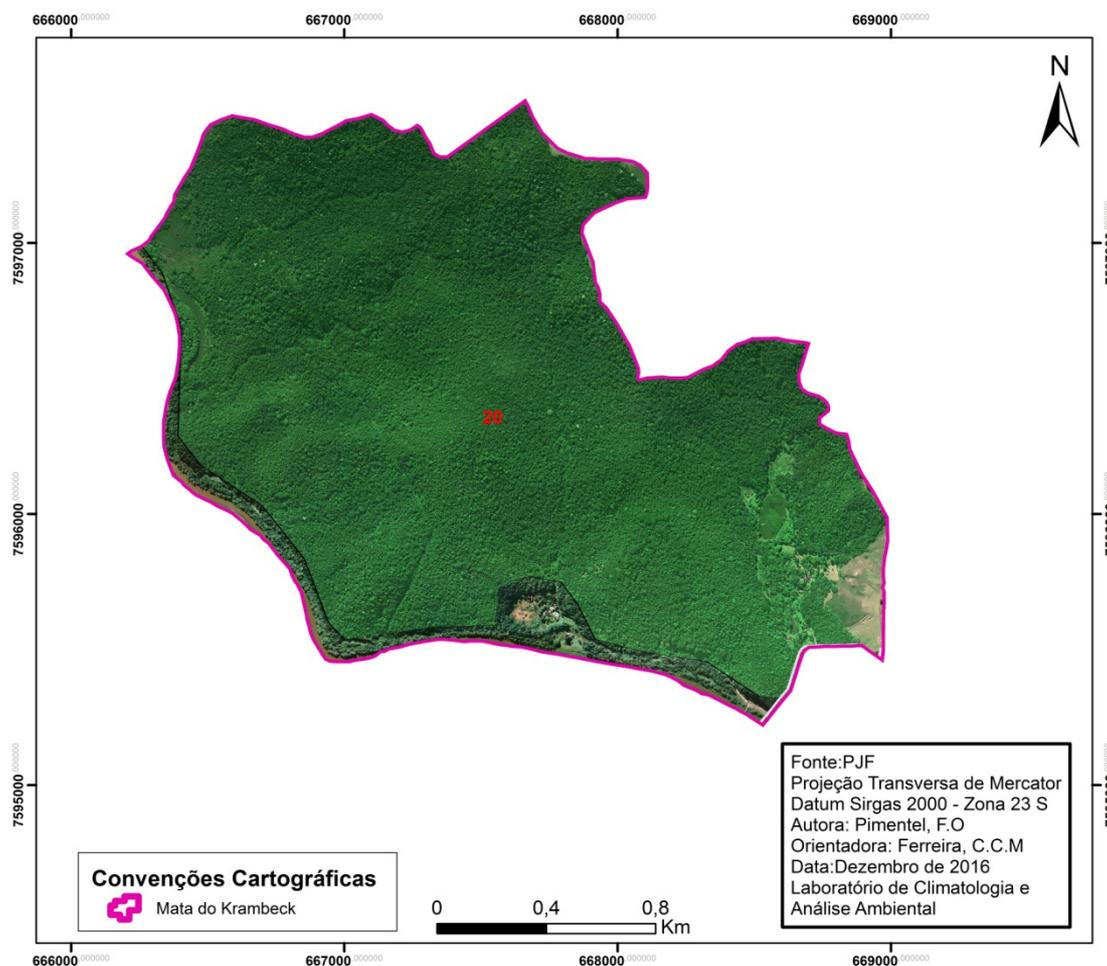
**Mapa 14 – Recorte da Região Urbana Industrial.**

A Região Urbana São Dimas (mapa 15), localizada a margem direita do Rio Paraibuna, fazendo divisa com a ru Mata do Krambeck se caracteriza por ser a menor em contingente populacional, apenas 159 residentes, segundo o censo de 2010. O tipo de cobertura predominante também vai ser o de telhas metálicas, grande parte dessa ru se destina a abrigar a rodoviária da cidade.



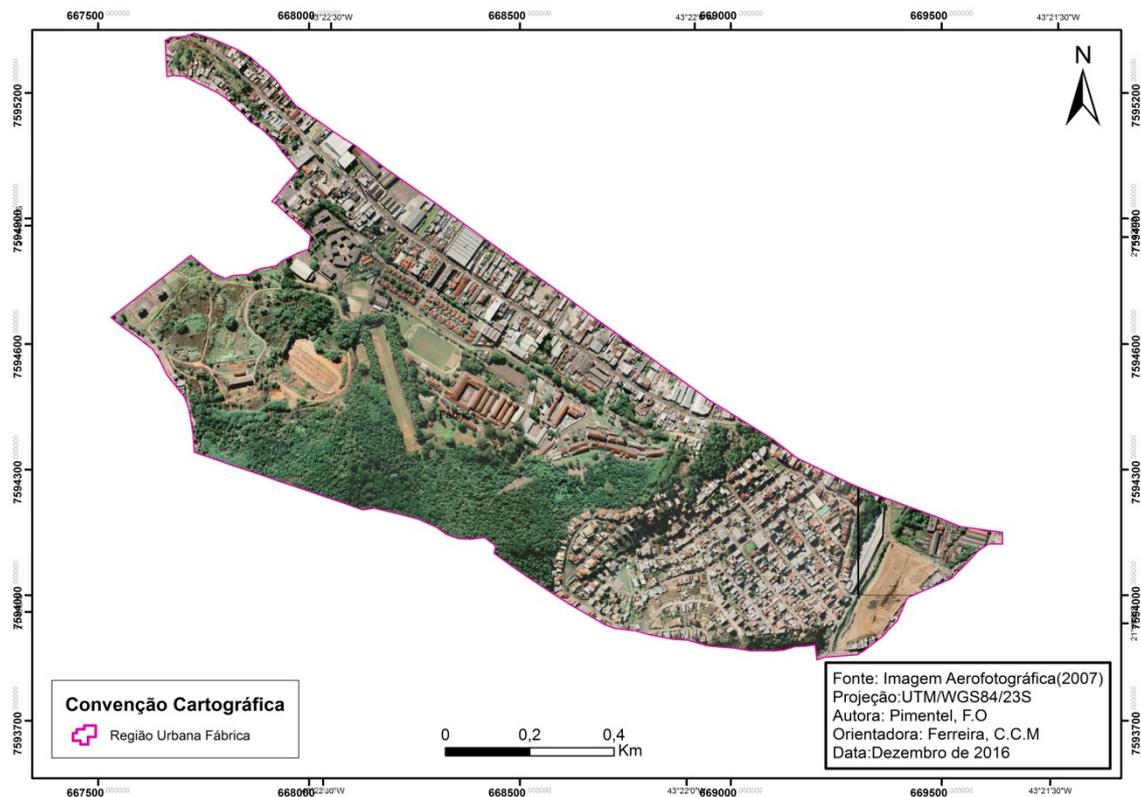
**Mapa 15 – Recorte da Região Urbana São Dimas.**

A Mata do Krambeck (mapa 16) inserida no perímetro urbano de Juiz de Fora, apesar de não ser considerada uma região urbana, não possuindo área construída no seu interior, faz parte da subdivisão proposta pela prefeitura de Juiz de Fora. Parte da Mata é uma Apa (Área de Proteção Ambiental), onde a Universidade Federal de Juiz de Fora encabeça um projeto de criação de um Jardim Botânico. Porém pelo tamanho da área de mata nativa secundária esta vem desempenhar grande influência nas regiões circunvizinhas.



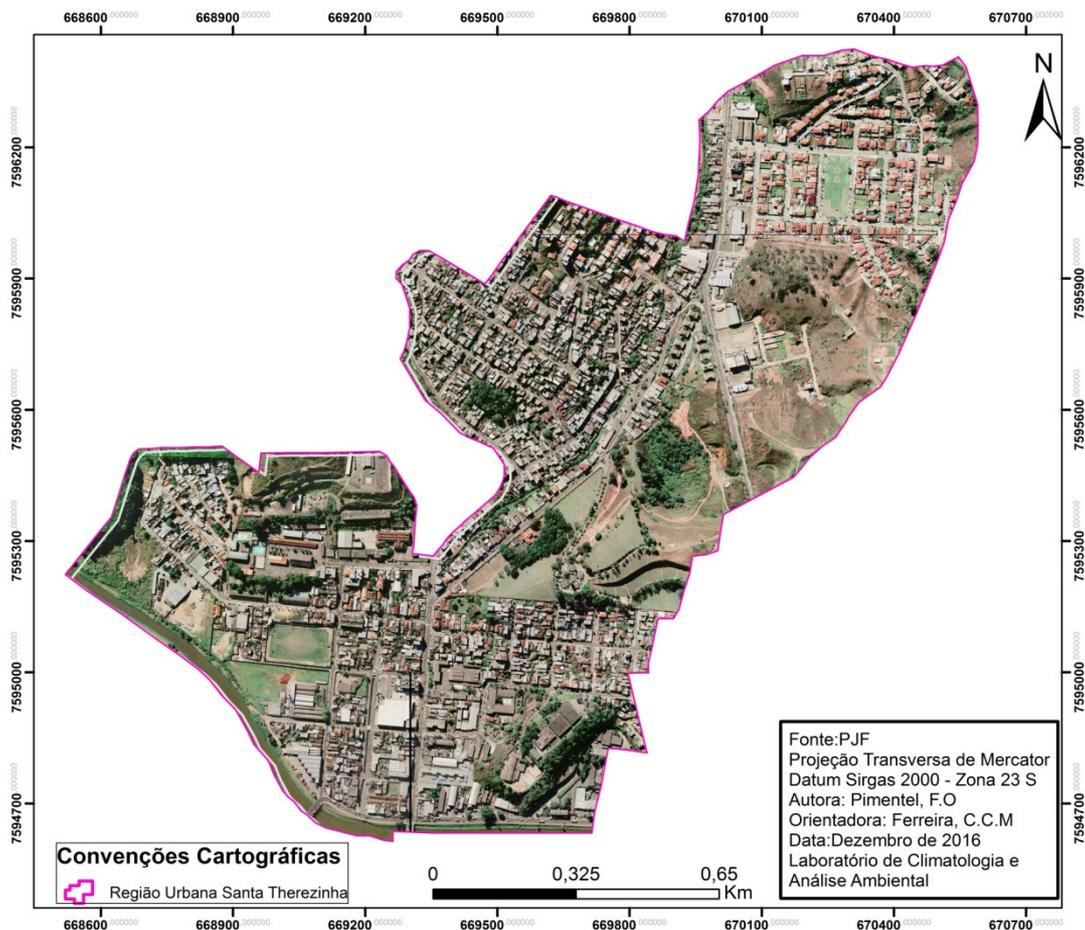
**Mapa 16 – Recorte da Mata do Krambeck.**

A Região Urbana Fábrica (mapa 17), apresenta um contingente elevado de cobertura vegetal rasteira e arbórea em função de uma grande área pertencente ao Exército Brasileiro, a região ainda abriga o antigo Colégio Técnico Universitário transformado recentemente transformado em Instituto Federal de Educação Tecnológica, dessa forma a principal avenida denominada Bernardo Mascarenhas se destaca por apresentar intensos fluxos de veículos e nas suas imediações abrigar a maior parte dos comércios existentes na ru.



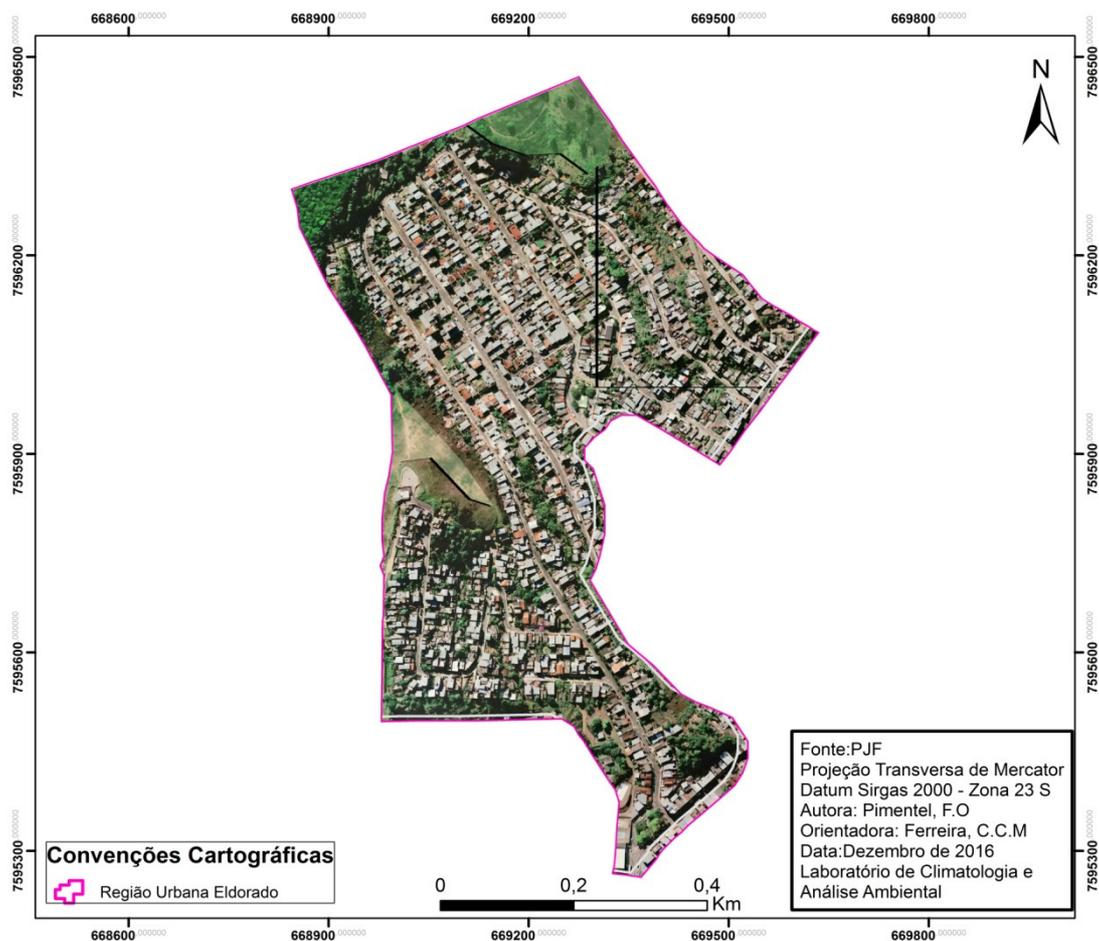
**Mapa 17 – Recorte da Região Urbana Fábrica.**

A Região Urbana Santa Terezinha (mapa 18), localizada a margem esquerda do Rio Paraíba, é uma área de ocupação mais antiga, se destacando pela presença mista de residencial e comercial e vai se destacar como sub-centro em função da considerável presença de núcleos comerciais e de prestação de serviços. Nela está localizado o cemitério Parque da Saudade, que possui significativa cobertura vegetal rasteira. Essa região urbana ainda abriga o bairro Bom Clima, considerado de elevado padrão socioeconômico, apresentando residências em sua maioria caracterizadas por um elevado padrão construtivo.



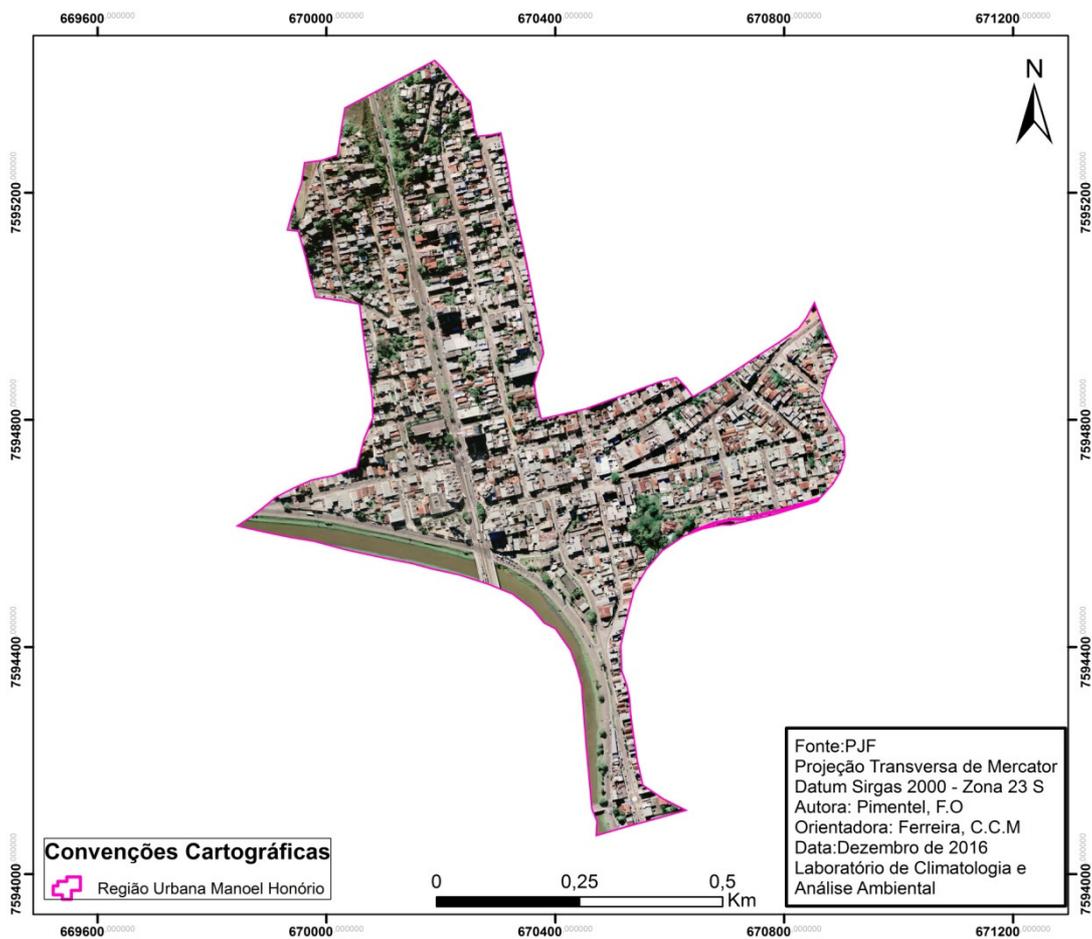
**Mapa 18 – Recorte da Região Urbana Santa Therezinha.**

A Região Urbana Eldorado (mapa 19), localizada entre a ru Santa Therezinha e a Mata do Krambeck, vai ser predominantemente residencial, com predomínio de edificações de até quatro pavimentos.



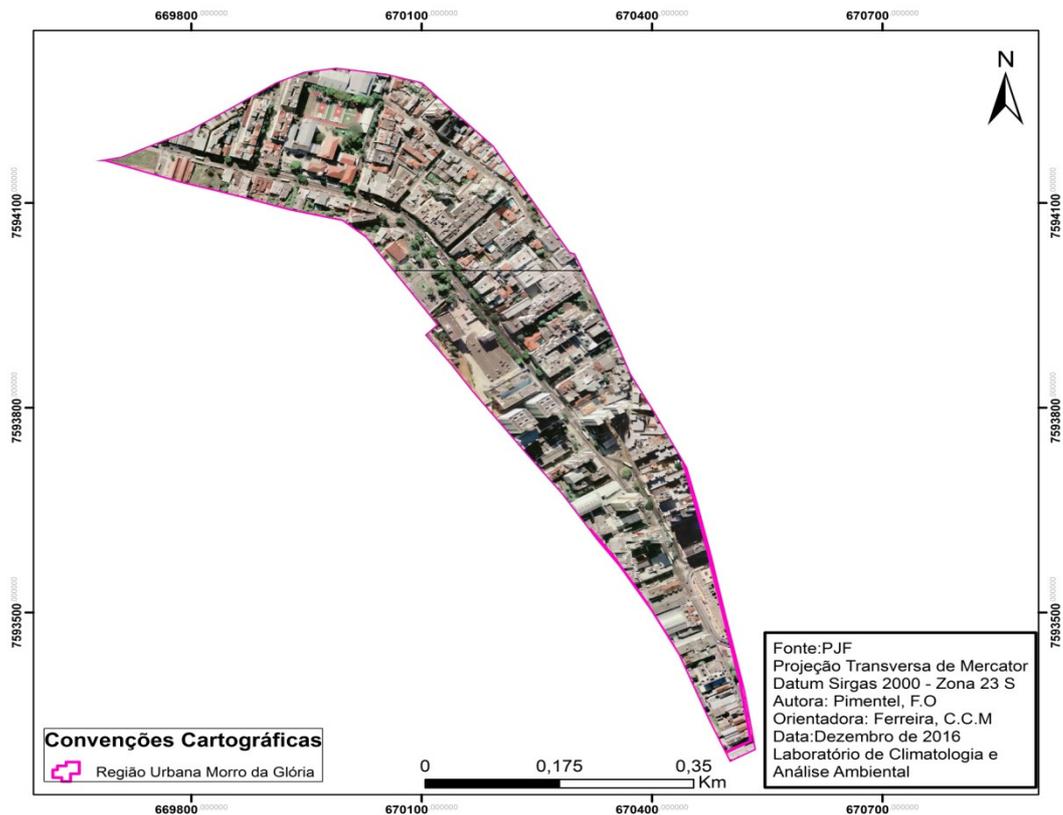
**Mapa 19 – Recorte da Região Eldorado.**

A Região Urbana Manoel Honório (mapa 20), localizada bem próxima ao centro, na margem direita do Rio Paraibuna, se destaca por ser uma ru de ocupação bem antiga, visível nas características de algumas edificações, também se destaca pelo misto de funções residencial e comercial, apresentando edificações com mais de dez pavimentos. essa ru é também cortada pela avenida Rio Branco e Brasil, portanto uma região de intensa circulação de veículos leves e pesados, já que é elo para outras regiões urbanas.

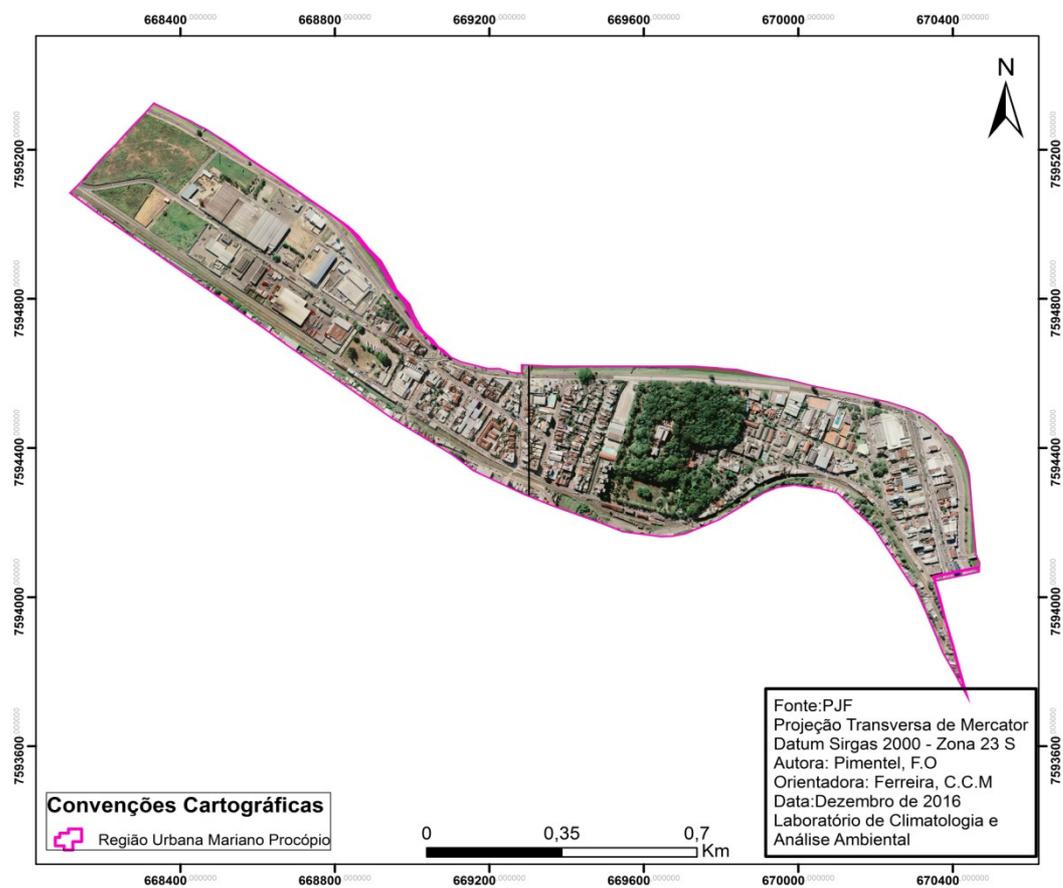


**Mapa 20 – Recorte da Região Urbana Manoel Honório.**

As Regiões Urbanas Morro da Glória (mapa 21) e Mariano Procópio (mapa22), se destacam pela proximidade do centro, e se apresentando como bairros residenciais. A ru Mariano Procópio merece destaque por abrigar a Fundação Museu Mariano Procópio, uma área extensa e representativa de vegetação arbórea de cerca de 90 mil metros quadrados de extensão. De acordo com os estudos de Costa (2011), essa área urbana apresenta o 4º maior índice de área verde (IAV) da cidade. O que poderá a vir a influenciar nos campos térmicos, sendo umdos maiores fragmentos de áreas verdes encontrados na área de estudo.

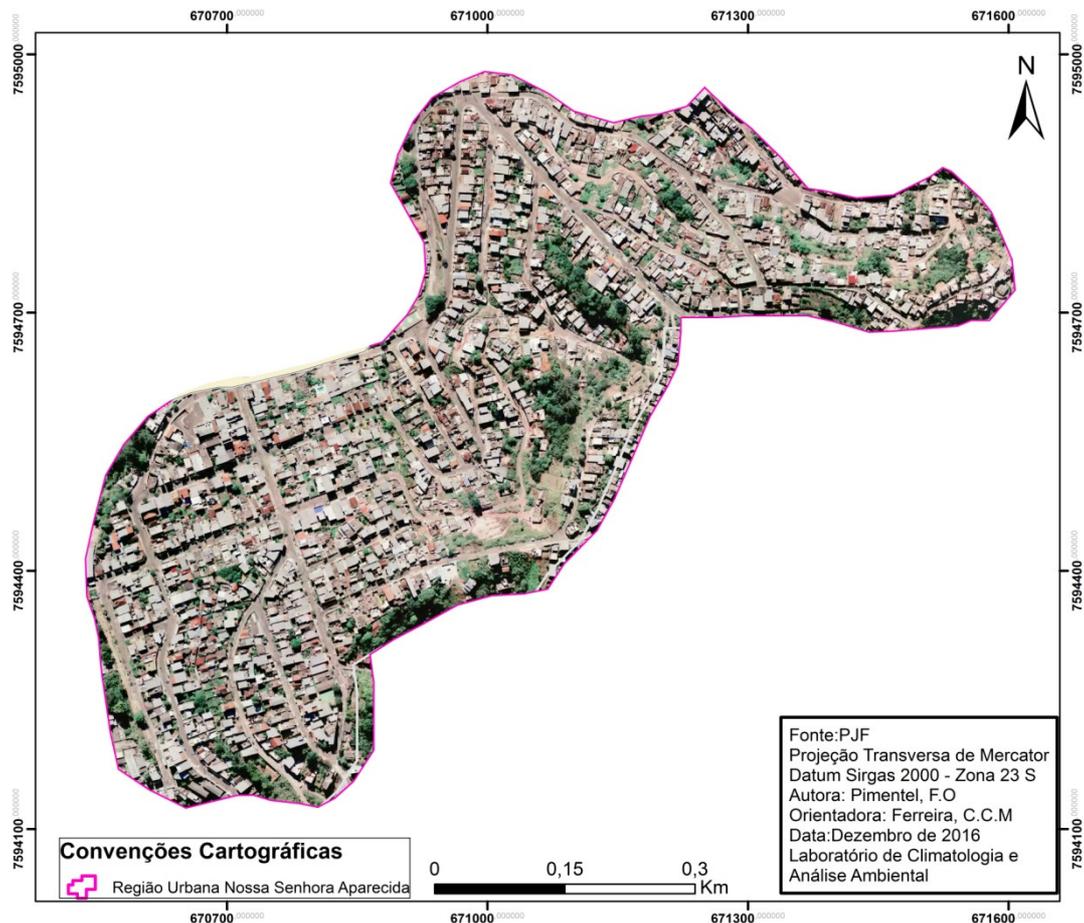


**Mapa 21 – Recorte da Região Urbana Morro da Glória.**



**Mapa 22 – Recorte da Região Urbana Mariano Procópio.**

A Região Urbana Nossa Senhora Aparecida (mapa 23), se destaca por ser uma região com caráter predominantemente residencial com uma população com menor poder aquisitivo notadamente pela presença de habitações de modestas à precárias.



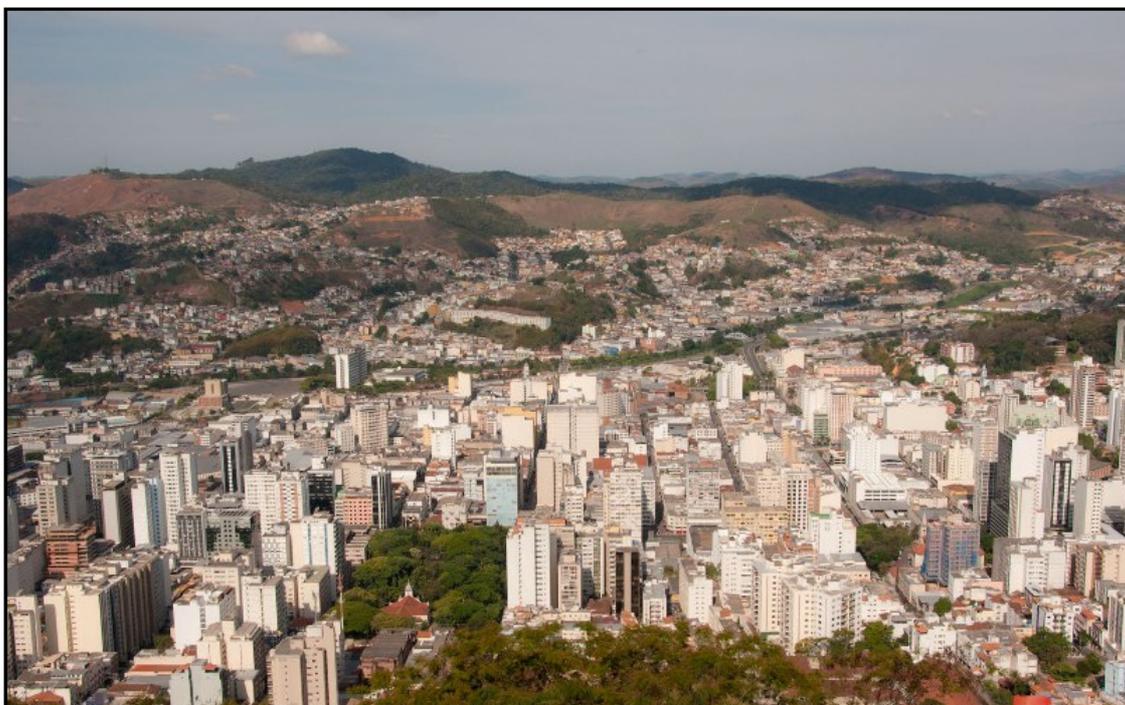
**Mapa 23 – Recorte da Região Nossa Senhora Aparecida.**

A Região Urbana Centro (mapa 24), localizada a margem direita do Rio Paraíba, foi onde de acordo com o Plano Diretor (2000) historicamente ocorreu as primeiras ocupações da cidade. Marcadamente notada pela heterogeneidade de funções e atividades, é a segunda região no ranking de número de habitantes, sem dúvidas vai ser a região urbana de melhor adequação em relação infraestrutura urbana, apresentando uma alta densidade de ocupação, verticalização, com elevado grau de circulação de pessoas e veículos. (Figura 10). Principalmente quando se considera as principais avenidas: Rio Branco, Getúlio Vargas e Itamar Franco, se configurando o que é denominado Triângulo Central. Britto (2013, p.101) ainda completa que:

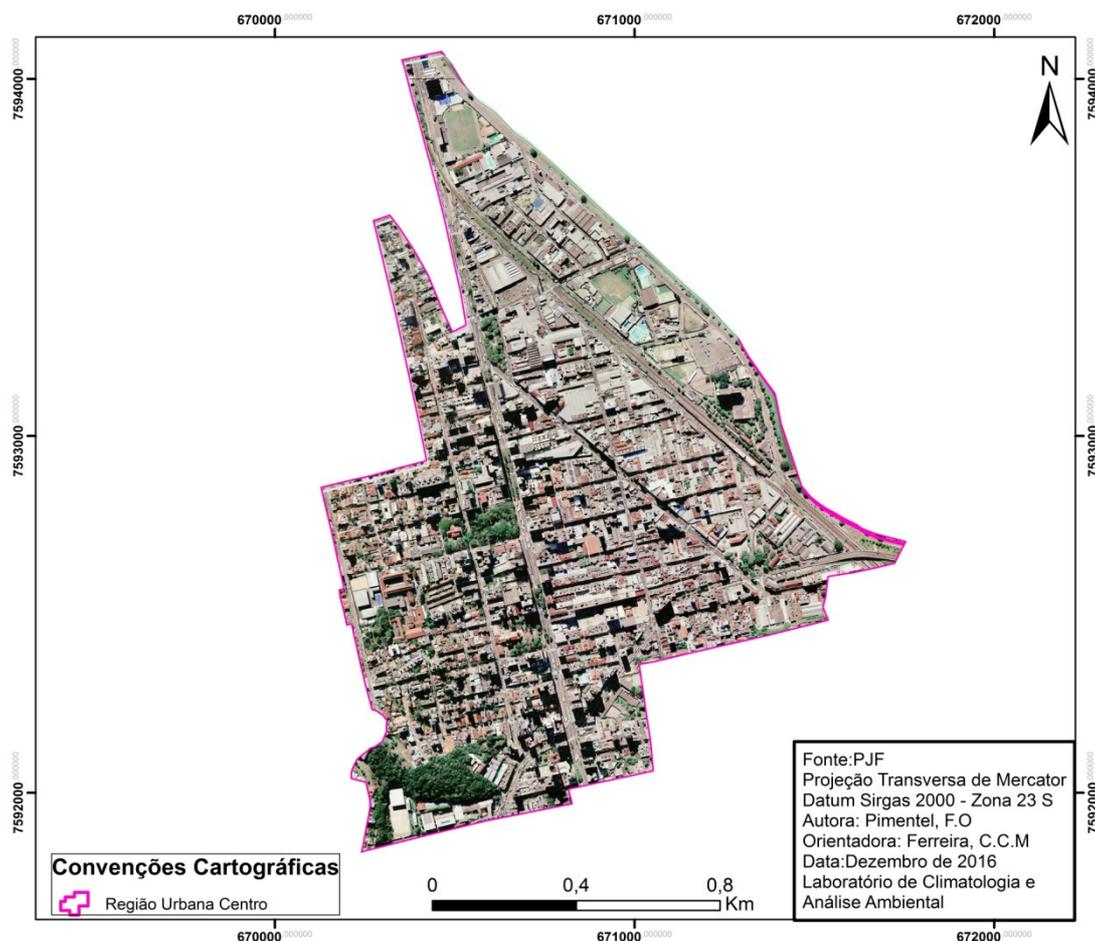
“Esse triângulo tem sua origem em um desenho técnico que privilegiou o traçado ortogonal desenvolvido em 1860, que adaptado ao relevo montanhoso da cidade, permitiu a estruturação de um centro relativamente plano, entre as margens

do rio Paraibuna e o morro do Cristo, com múltiplas funções: residenciais, comerciais, recreativas e culturais”.

De acordo com Tasca (2010), em termos urbanísticos, nas décadas de 80 e 90houve um processo de verticalização do Centro e de seu entorno, emcontraposição a um crescimento horizontalizado na periferia mais distante. Martins (1996 p.51) completa dizendo que “o centro de Juiz de Fora é configurado por área densamente ocupada por edifícios de altura média de 30 metros, sem afastamento entre as construções, em sua maior parte”, no entanto atualmente, encontramos edificações na área central variando de 34 a 60 metros de altura, revelando que a verticalização na área central vem aumentando nos últimos anos. Todas essas características irão contribuir para a configuração de microclimas distintos.

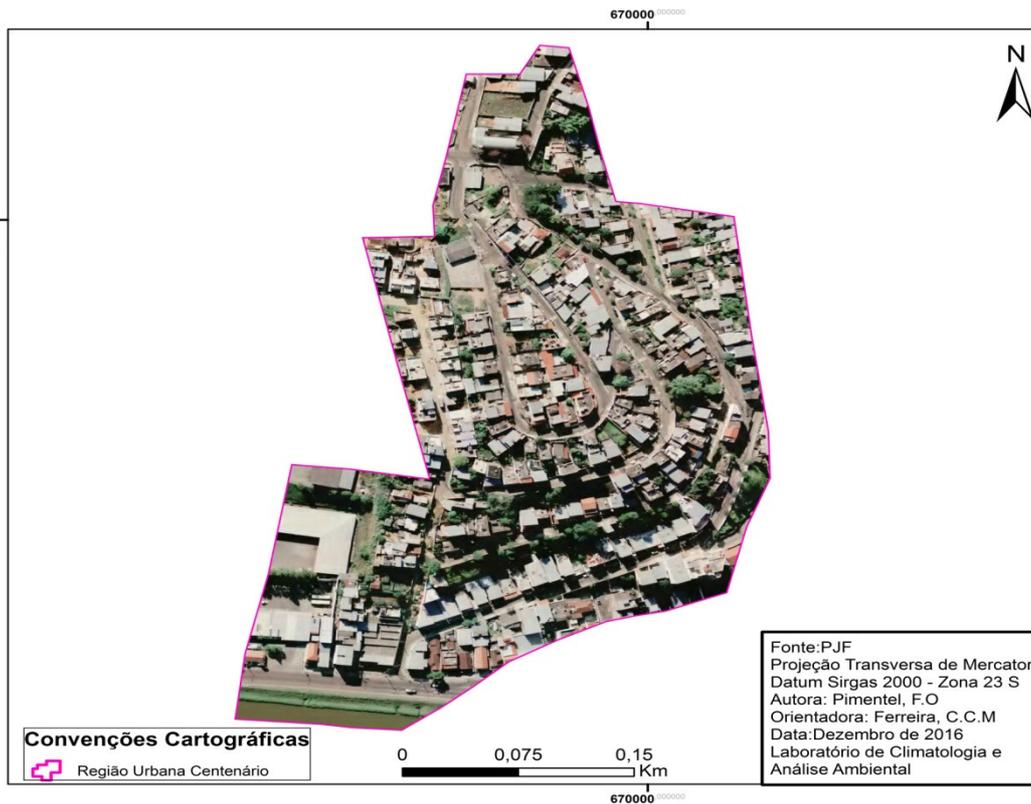


**Figura 12: Vista parcial da região central de Juiz de Fora e Parque Halfeld.** Foto: Pimentel.

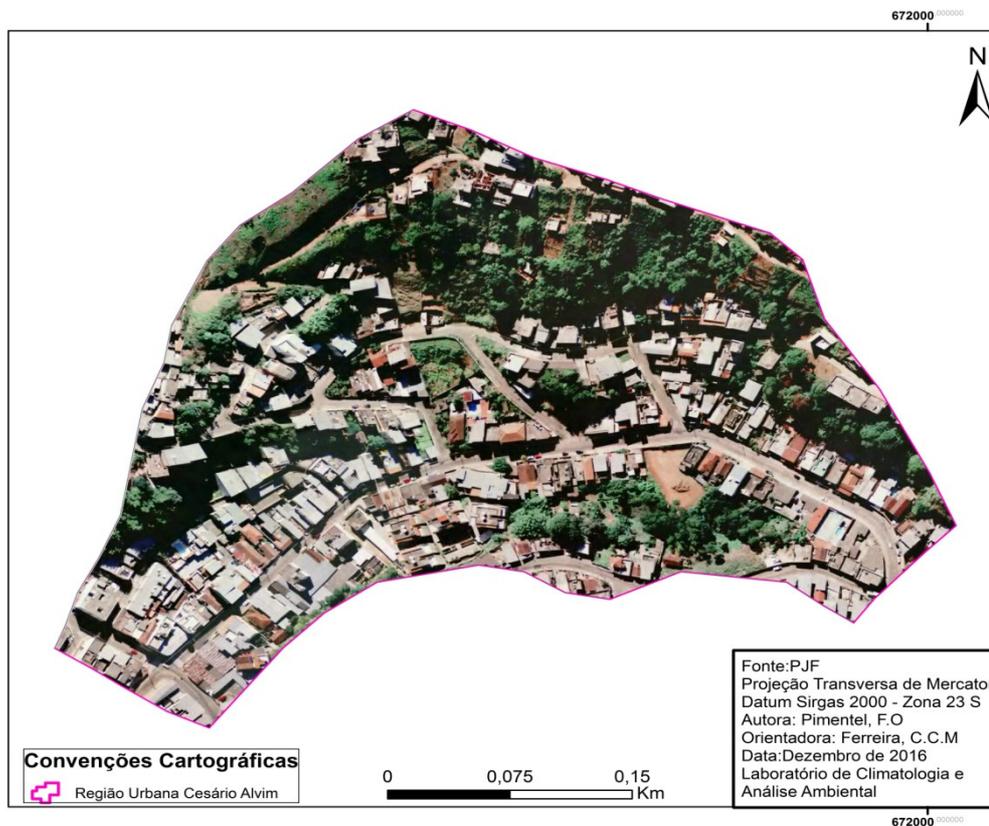


**Mapa 24 – Recorte da Região Urbana Centro.**

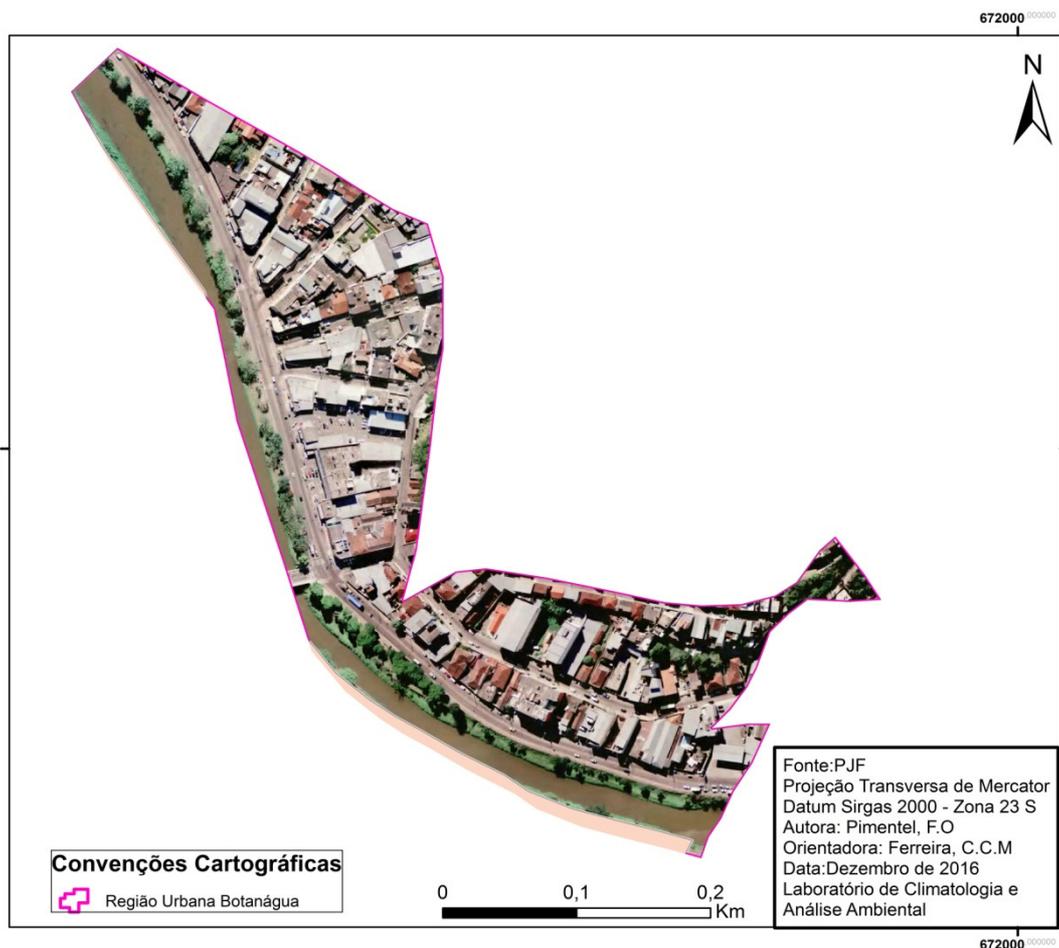
As Regiões Urbanas Centenário (mapa 25), Cesário Alvim (mapa 26) e Botanáguas (mapa 27), localizadas a leste, à margem direita do Rio Paraibuna, se destacam por serem as menores em extensão territorial e abrigando pouco mais de 1000 habitantes cada uma. Essas três regiões se encontram relativamente próximas à região central. Tanto Cesário Alvim quanto Centenário, apresentam obstáculos à ocupação já que estão em áreas bem íngremes como pode ser observado no mapa de altimetria (mapa 5) já a ru Botanáguas se localiza praticamente na área de inundação do rio Paraibuna, dessa forma está em uma parte do relevo plana.



**Mapa 25 – Recorte da Região Urbana Centenário.**

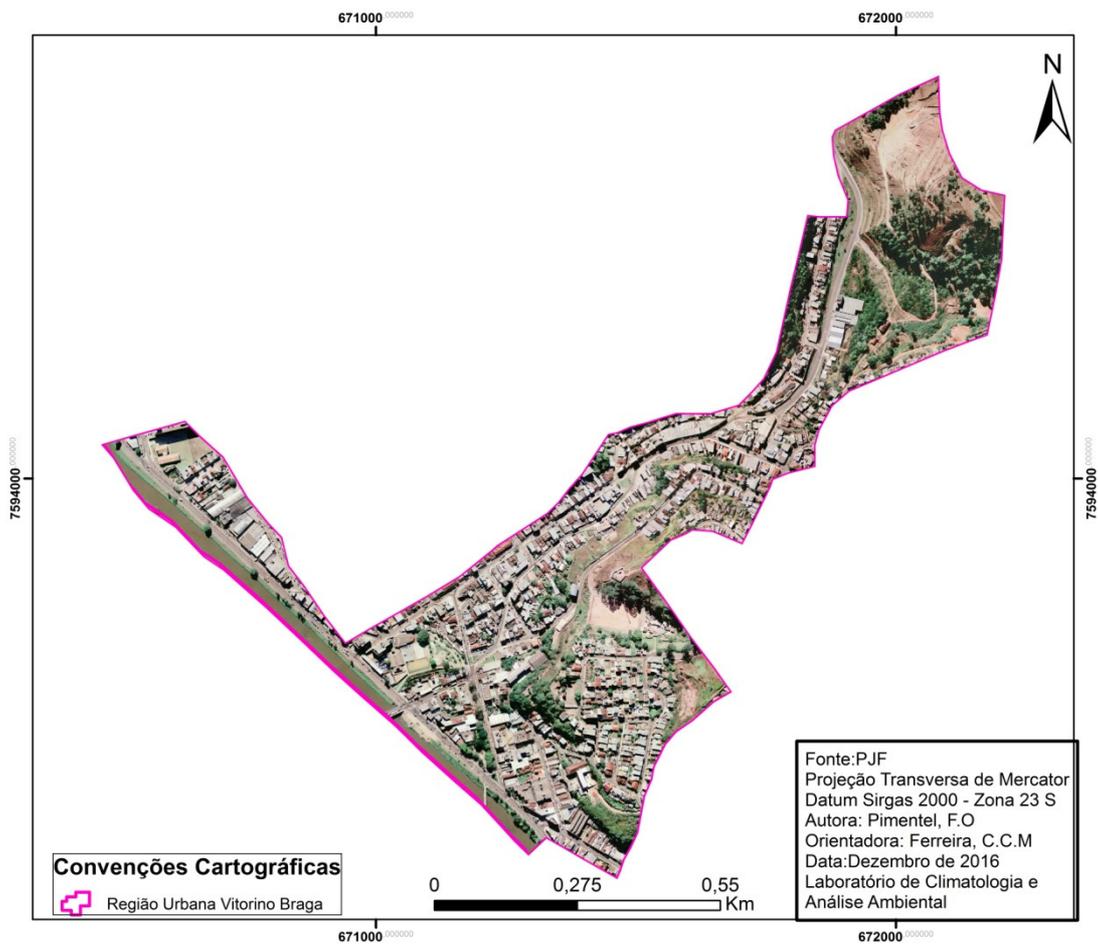


**Mapa 26 – Recorte da Região Urbana Cesário Alvim.**



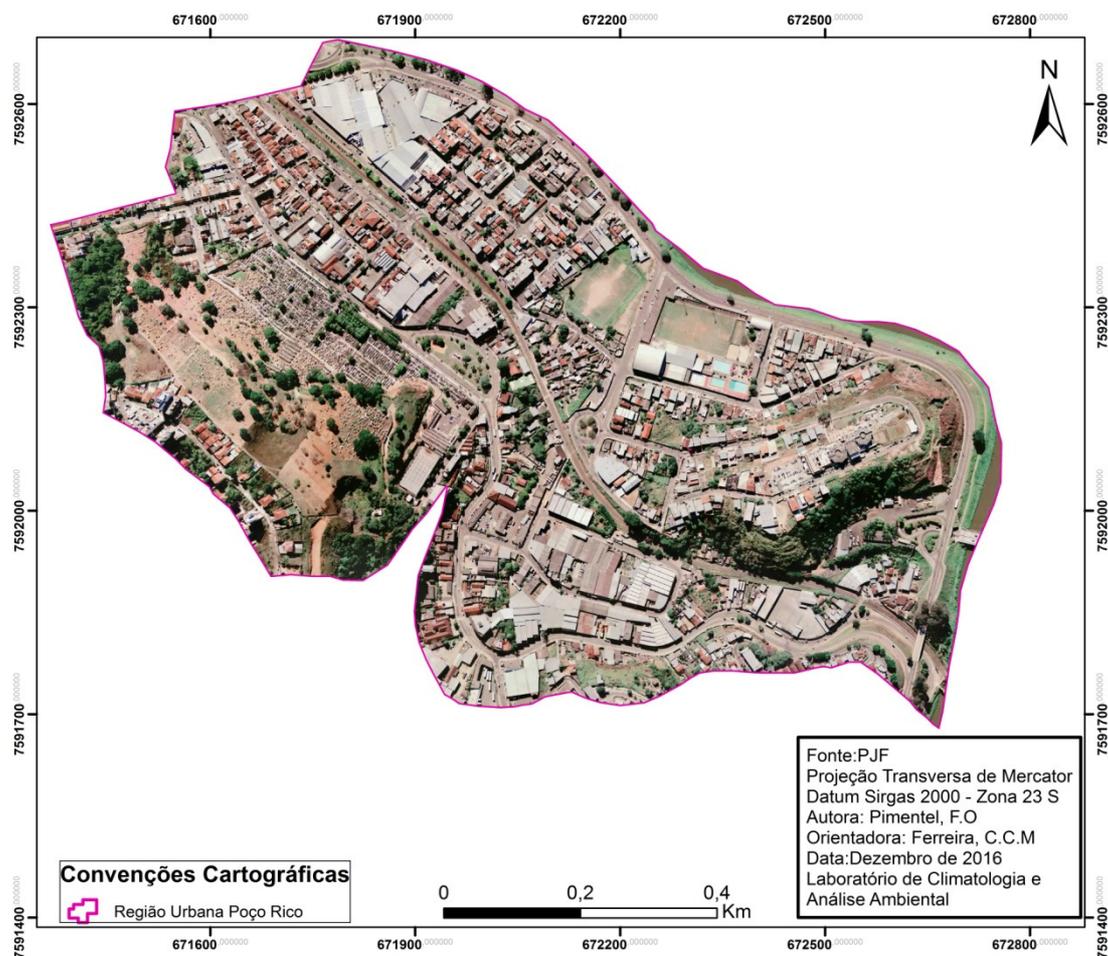
**Mapa 27– Recorte da Região Urbana Botanágua.**

A Região Urbana Vitorino Braga ( mapa 28), situada na zona leste de Juiz de Fora, á direita da margem do Rio Paraibuna, é bem próxima ao centro da cidade e se caracteriza por ser uma ru predominantemente residencial, residências em sua maior parte de até três pavimentos embora na avenida principal tenha uma significativa presença de atividades voltadas a prestação de serviços.



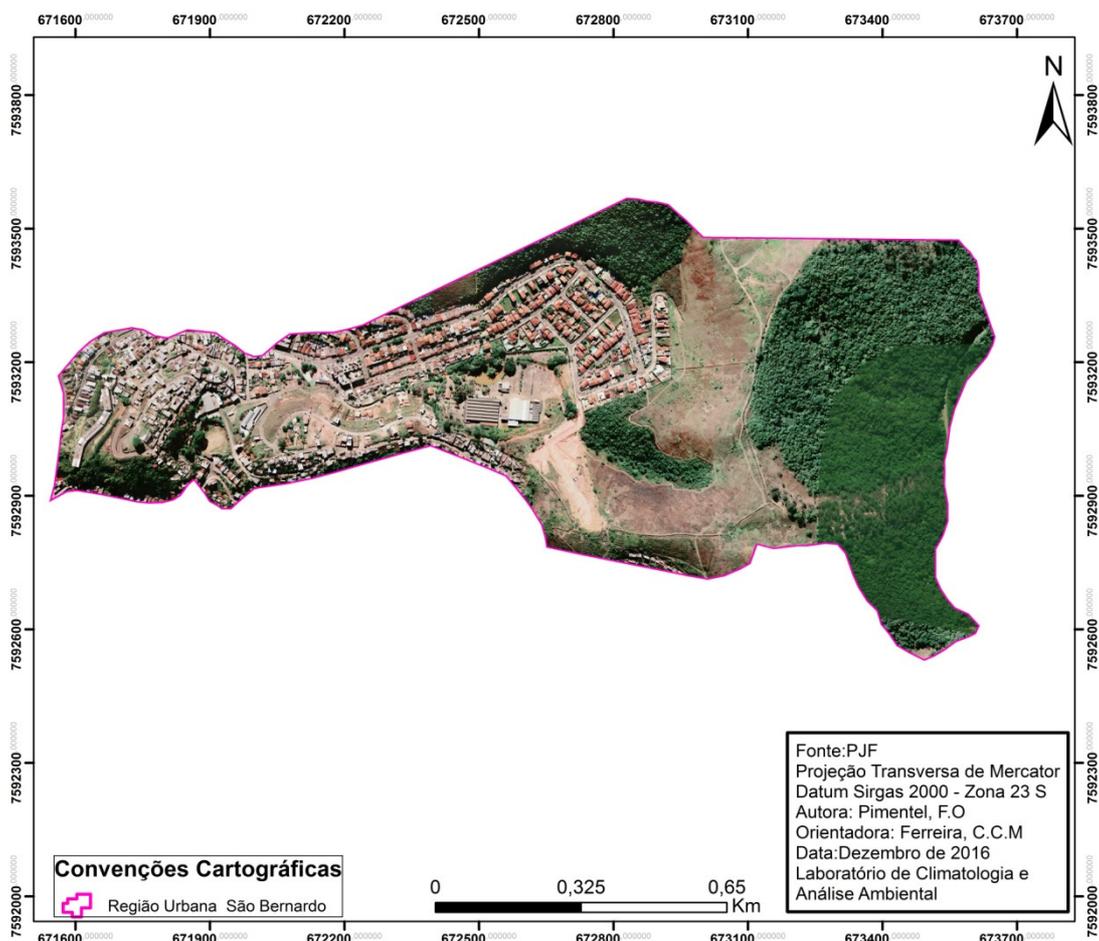
**Mapa 28 – Recorte da Região Urbana Vitorino Braga.**

A Região Urbana Poço Rico ( mapa 29), como já foi destacada por Assis (2016) vai apresentar lotes com maiores dimensões que vão abrigar inúmeros galpões, geralmente com a presença de coberturas metálicas, esse região urbana abriga ainda o Cemitério Municipal.



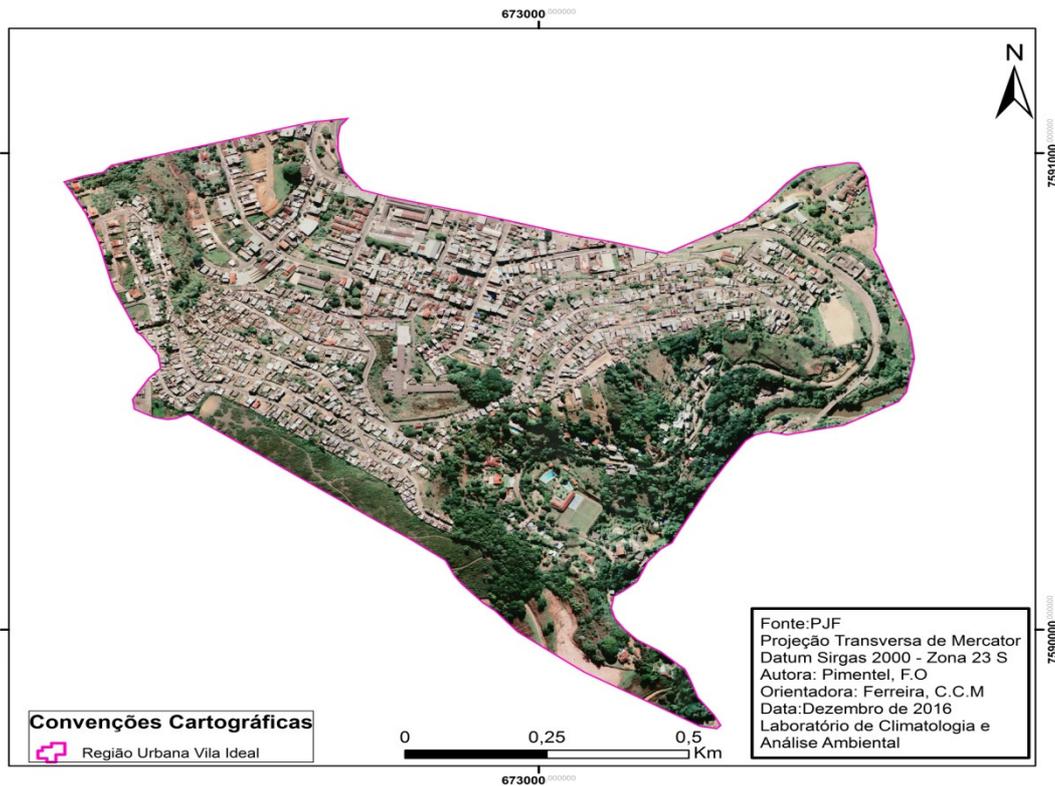
**Mapa 29 – Recorte da Região Urbana Poço Rico.**

A Região Urbana São Bernardo (mapa 30), localizada na parte sudeste de Juiz de Fora, predominantemente de uso residencial, é uma das regiões urbanas localizadas nos pontos mais elevados da área de estudo, variando do entre 740 a 923 metros de altitude, dessa forma as áreas mais elevadas dessa região urbana tem uma área significativa de cobertura vegetal. Além disso, a região urbana abriga o Bairro Bosque dos Pinheiros com residências de padrão elevado, em sua maioria com dois pavimentos e cobertura de telha cerâmica.

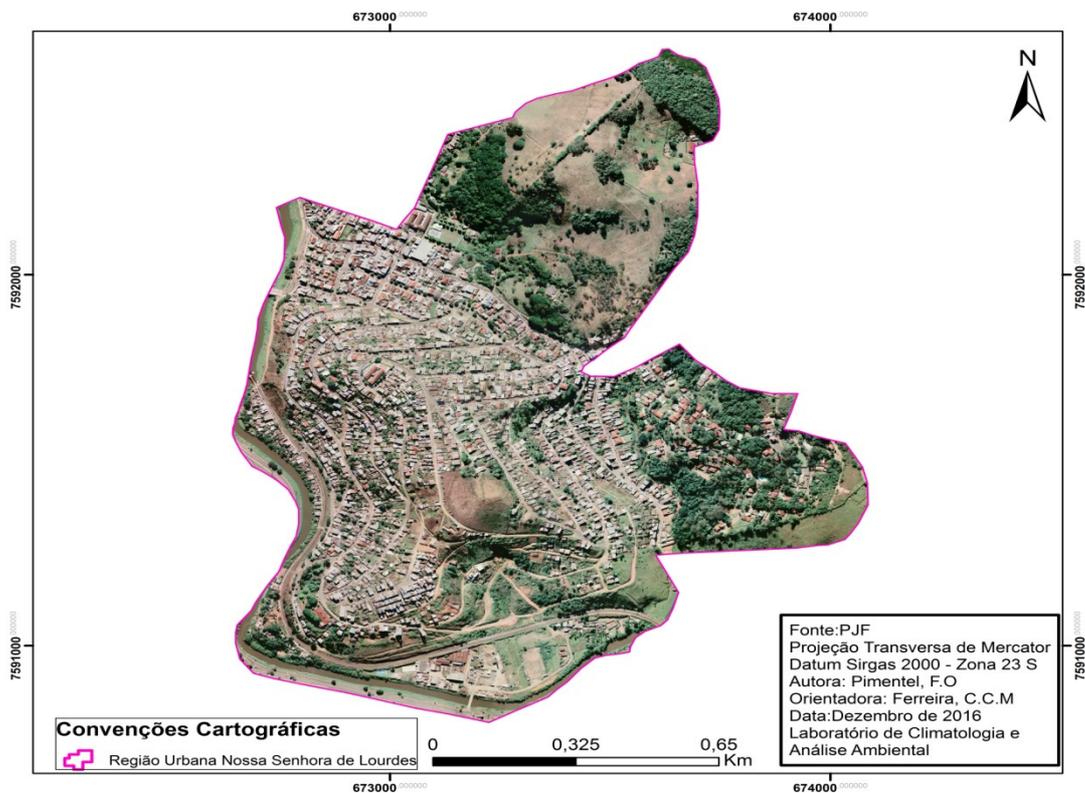


**Mapa 30 –Recorte da Região Urbana São Bernardo.**

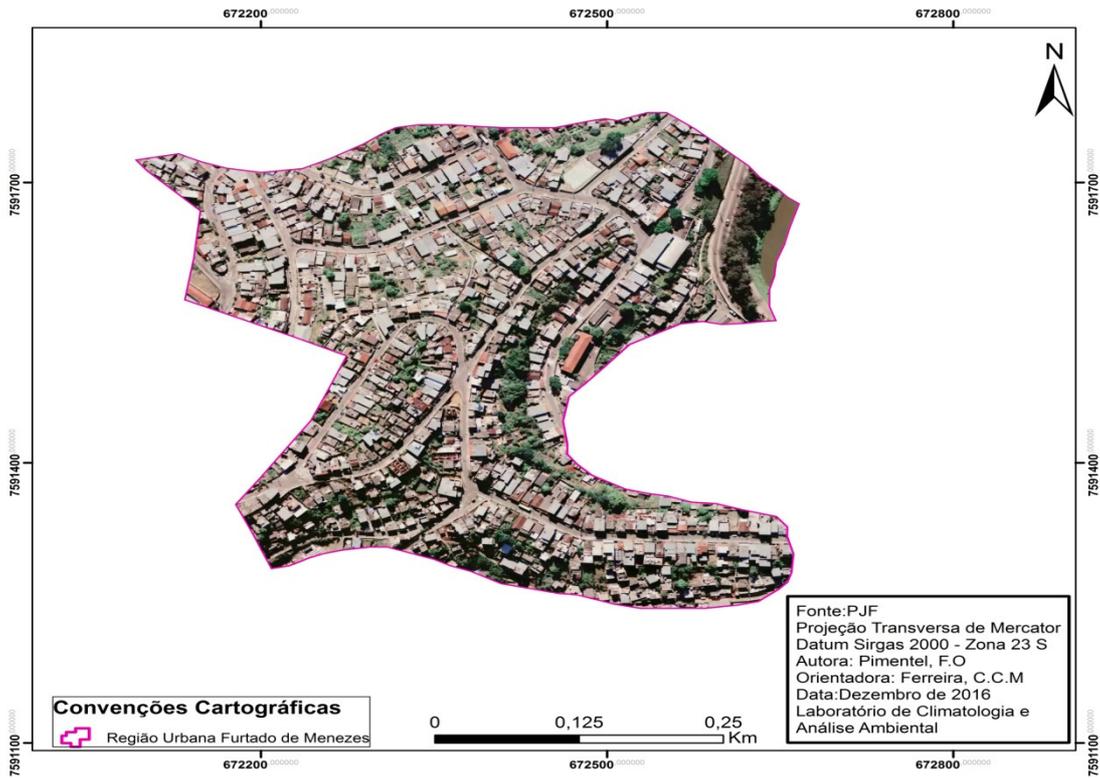
As Regiões Urbanas localizadas no sudeste, como Vila Ideal (mapa 31), Nossa Senhora de Lourdes (mapa 32), Furtado de Menezes (mapa 33) e Vila Olavo Costa (mapa 34), são consideradas as regiões urbanas mais vulneráveis socioeconomicamente, apresentando inúmeras habitações subnormais. A região urbana Vila Olavo Costa, localizada a margem esquerda do Rio Paraíba, é bem marcada pela sua vulnerabilidade habitacional, decorrente de invasões e ocupações irregulares, notadamente de baixo padrão construtivo, composta por residências precárias, em sua maioria com coberturas metálicas, com presença de paredes sem nenhum tipo de acabamentos, ruas estreitas e sem calçamento. De acordo com estudos de Ângelo (2008), Vila Olavo Costa é uma área historicamentecaracterizada por ser de periferia social, constitui-se numa das primeiras sub-ocupações de Juiz de Fora, e desde sua origem é marcado pela faltade infra-estrutura urbana e por abrigar populações de baixa renda.



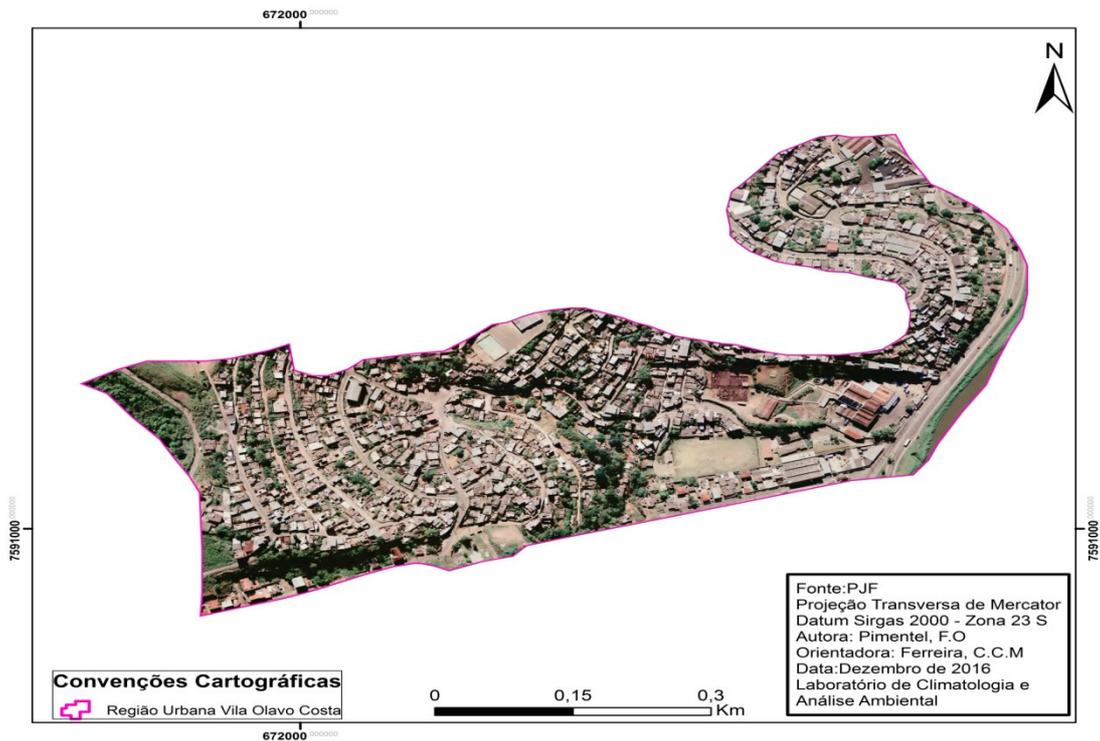
**Mapa 31 – Recorte da Região Urbana Vila Ideal**



**Mapa 32 – Recorte da Região Urbana Nossa Senhora de Lourdes.**



**Mapa 33 – Recorte da Região Urbana Furtado de Menezes.**



**Mapa 34 – Recorte da Região Urbana Vila Olavo Costa.**

## **CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A organização para o desenvolvimento metodológico dessa pesquisa se baseou em 4 etapas principais. A primeira parte se constituiu em um levantamento bibliográfico acerca do tema, procurando esclarecer conceitos e teorias sobre o clima urbano, enfocando o subsistema termodinâmico, e o fenômeno de ilhas de calor, além das técnicas e metodologias mais utilizadas para extração de temperatura de superfície da imagem de satélite.

### **4.1 ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS E LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO**

A segunda parte se consistiu na organização de um amplo banco de dados geocodificados (disponibilizado em partes pela Prefeitura Municipal de Juiz de Fora) sobre as 35 regiões urbanas escolhidas para a investigação, além da elaboração do material cartográfico-temático. Foram gerados os seguintes mapas:

- ✓ Localização do Município de Juiz de Fora
- ✓ Localização da Área de Estudo
- ✓ Altimetria do Município de Juiz de Fora
- ✓ Altimetria das regiões urbanas
- ✓ Altimetria da Área de Estudo
- ✓ Orientação das Vertentes
- ✓ Densidade Populacional
- ✓ Albedo
- ✓ Emissividade
- ✓ Altura das Edificações
- ✓ Massa Construída Absoluta
- ✓ Massa Construída Relativa
- ✓ Potencial de Aquecimento
- ✓ Temperatura de Superfície
- ✓ Ilha de Calor

Todo o processo de mapeamento das variáveis para confecção dos mapas básicos, que deram origem aos mapas temáticos e que posteriormente deram origem ao mapa síntese e as demais etapas cartográficas que foi desenvolvido ao longo desse trabalho utilizou o software ArcGis 10.2. No quadro 10, têm-se uma organização por etapa de cada variável que foi sendo utilizada e reclassificada para chegar ao mapa síntese.

Mapas Básicos	Mapas Temáticos	Mapa Final
Altura das Edificações	Massa Construída Absoluta	Potencial de Aquecimento
Número de Pavimentos	Massa Construída Relativa Altura das Edificações	
Revestimento das Edificações	Albedo	
Cobertura das Edificações	Emissividade	
Tamanho das Áreas Verdes e Corpos Hídricos	Áreas Verdes e Corpos Hídricos	

**Quadro 10: Orientação para confecção de mapas básicos e temáticos.**

Fonte: Adaptado de Ferreira (2014)

Sendo assim cada informação de cada edificação foi espacializada, posteriormente foram utilizadas na confecção dos mapas básicos, que deram origem aos mapas temáticos. Em seguida foram associados a um modelo proposto por Ferreira (2014), no qual foram atribuídos pesos a cada variável conforme seu grau de influência no aquecimento ou resfriamento, com o objetivo espacializar e identificar áreas potencialmente formadoras de ilhas de calor.

#### **4.1.1. Mapa de Localização do Município**

Para elaboração dos mapas de localização do município de Juiz de Fora- MG foram adicionados no ambiente Arcmap as camadas de limites territoriais do Brasil, do Estado de Minas Gerais, Município de Juiz de Fora, estabelecendo-se como Datum padrão, o SIRGAS2000, zona 23 S, essa projeção foi adotada como padrão em todos os outros mapas, em seguida todos os layouts foram exportados em formato .jpg. Para o mapa de localização da área de estudo, além do shape das 35 regiões urbanas, foi utilizado também o levantamento aéreo fotográfico realizado pela Prefeitura de Juiz de Fora no ano de 2007, na escala de 1:2000.

Para a execução do mapa de altimetria do município de Juiz de fora, utilizado na caracterização da área de estudos, foi utilizada a imagem de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) em formato *GEOTIFF*, com resolução de 90 metros disponibilizada gratuitamente no site da Embrapa Monitoramento por Satélite. Depois de adicionada em ambiente Arcmap, foi gerado o relevo sombreado com fator de exagero (Z) de 10 m, através da ferramenta denominada *Hillshade*, hospedada no Spatial Analyst Tools presente no menu ArcToolbox. O relevo sombreado quando adicionado

por baixo da camada de altimetria gera um efeito 3D, o que dá impressão de profundidade, mostrando claramente as áreas mais elevadas e as mais rebaixadas. Para mostrar somente o mapa de altimetria das 81 regiões, o raster foi recortado através da ferramenta *Extract by Mask*, também localizada no *Spatial Analyst Tools*, utilizando como molde para recorte o *shapefile* das 81 regiões urbanas.

#### **4.1.2. Mapa de Altimetria**

O procedimento utilizado para a construção do mapa de altimetria das 35 regiões urbanas, para fins de resolução melhor e informações menos generalizadas optou-se pela utilização das curvas de nível realizada pela Defesa Civil de Juiz de Fora. Esta etapa consistiu na adição do *shapefile* de curvas de nível, com equidistância média de 5 metros, no ambiente *Arcmap*, onde foi aplicado a ferramenta *tincreate*, contida no pacote de ferramentas *3D Analyst*, gerando as feições altimétricas através de modelagem por rede de triângulos irregulares.

#### **4.1.3. Mapa de Orientação de Vertentes**

Para a confecção do mapa de orientação das vertentes também foi gerado a partir das curvas de nível utilizadas anteriormente, no menu propriedades da camada, a ferramenta simbologia contém as opções para transformar o *raster* altimetria em orientação de vertentes na opção *aspect*.

#### **4.1.4. Mapa de Densidade Populacional**

Para o mapa de densidade populacional relativa foi utilizado o último recenseamento do IBGE, do ano de 2010, que foi feito por região urbana, dessa forma esses valores foram adicionados na tabela de atributos de cada região urbana adotada. Foi criado um novo campo para se calcular a área de cada ru em m<sup>2</sup> através da ferramenta *calcular geometria*. Assim foi criado outro campo onde através da ferramenta *field calculator* foi feita a divisão da população de cada ru pela área de cada ru, obtendo assim o valor de população relativa.

#### **4.1.5. Mapa de Potencial de Aquecimento**

Para o processo de confecção do mapa de potencial de aquecimento, o primeiro passo foi a aquisição das informações das camadas de lotes das 35 regiões urbanas escolhidas para área de estudo. Na tabela de atributos do *shapefile* camada de lotes, foi criado campos para armazenamento das informações de cada lote. O primeiro campo se referiu ao tipo de cobertura de cada edificação, o segundo campo se referiu ao número de pavimentos dessas construções. Foi criada uma codificação, para cada tipo de

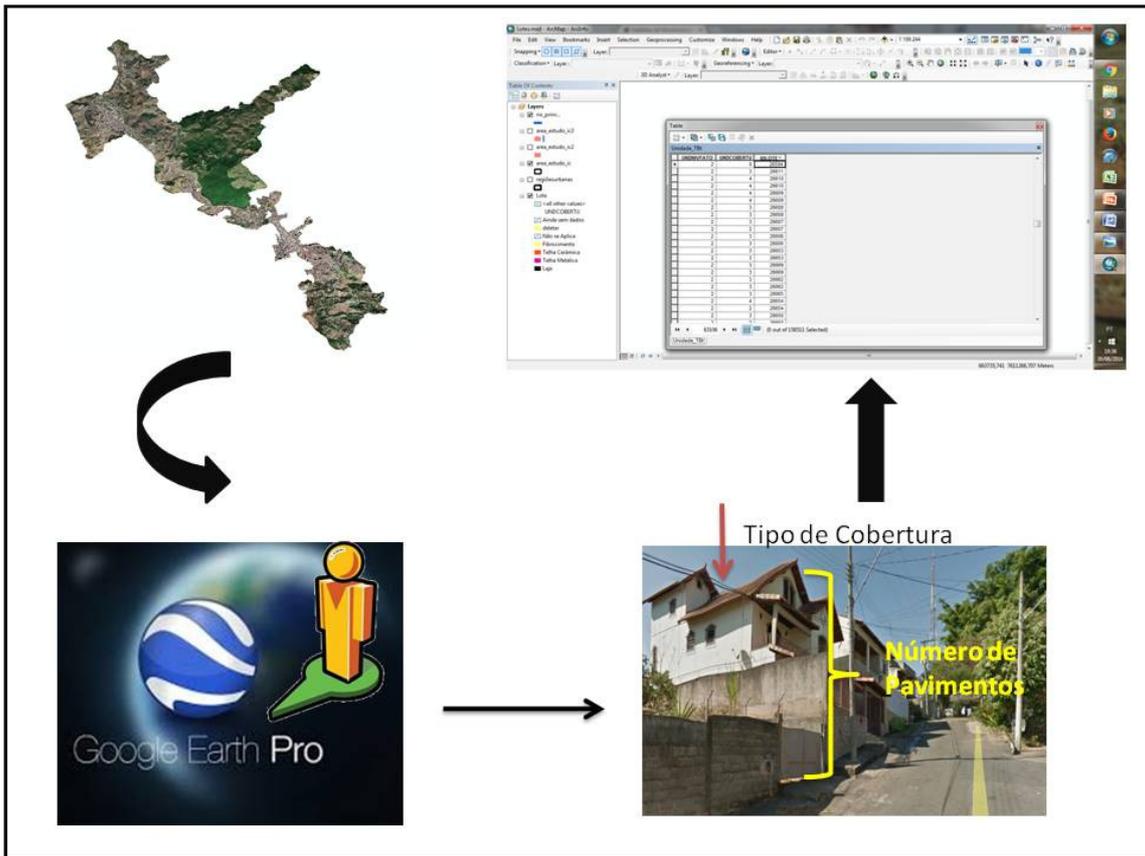
cobertura, sendo esta atribuída a uma numeração, como pode ser visualizada na tabela abaixo:

Tipo de Cobertura	Código Atribuído
Não se aplica	0
Fibrocimento	1
Telha Cerâmica	2
Telha Metálica	3
Laje	4

**Quadro 11: Codificação para cada tipo de cobertura**

Para o campo pavimentos foi atribuído um número exato de andares de acordo com cada edificação, não sendo contabilizado como pavimento sobreloja e nem terraços cobertos, pois na maior parte das ocorrências não possuem paredes ou colunas de concretos em suas laterais, ou são subterrâneos.

Algumas regiões urbanas, principalmente as de ocupação irregular, ou construções posteriores a 2007, época em que foi realizado o levantamento aerofotogramétrico, não foram cadastradas pela Prefeitura de Juiz de Fora. Desse modo para completar o banco de dados e não ter falhas nas informações das variáveis foi feita a identificação das mesmas e criado polígonos delimitando esses lotes e inserindo as informações nos campos. Assim cada região urbana teve cada edificação identificada na imagem aérea e com o auxílio *Software Street View*, contido no *Google Earth Pro*, foi visualizada cada variável, como pode ser observado na figura abaixo.



**Figura 13: Esquema da organização do banco de dados.**

#### 4.1.5.1. Mapa de albedo e emissividade

Depois do preenchimento das variáveis de cada lote, foram inseridas as informações de albedo e emissividade de cada variável. Na tabela de atributos no menu “selecionar atributos”, foi selecionada cada tipo de cobertura e criado mais dois campos para ser adicionado os valores de albedo e emissividade, conforme o quadro abaixo:

Tipo de Cobertura	Albedo	Emissividade
Não se aplica	0	0
Fibrocimento	0,34	0,9
Telha Cerâmica	0,53	0,9
Telha Metálica	0,57	0,25
Laje	0,26	0,9
Vegetação	0,18	0,96

**Quadro 12: Organização dos valores e Albedo e Emissividade.**

Assim foram gerados os mapas bases de albedo e de emissividade.

#### 4.1.5.2. Mapa de Altura das Edificações

Em seguida foi criado mais um campo na tabela de atributos, para ser gerado o mapa de altura das edificações através da variável número de pavimentos, para tal adotou-se como altura média de cada pavimento 3,0 metros.

#### 4.1.5.3. Mapa de Massa Construída

Para a confecção do mapa de massa construída total, foi criado um campo na tabela de atributos para ser adicionado o valor da área edificada, que foi calculada através da ferramenta “calcular geometria”. Em seguida foi criado mais um campo para que fosse adicionado o valor do perímetro das edificações e, dessa forma mais dois campos foram criados para utilizar as equações 1 e 2 contidas no item 2.5. Em seguida foi somada a massa construída de cada edificação contida dentro de cada região urbana.

Para a confecção do mapa de Massa Construída Relativa, utilizou-se os dados de massa construída total e esta foi dividida pela área (m<sup>2</sup>) de cada região urbana.

#### 4.1.5.4. Mapa Síntese de Potencial de Aquecimento

Para se chegar ao mapa final de Potencial de Aquecimento, a cada variável já levantada foi atribuído um peso, pois este modelo propõe a atribuição de pesos para cada uma das variáveis, que vai levar em conta o potencial de aquecimento ou resfriamento de cada uma delas. No quadro 13, podemos visualizar a distribuição dos pesos conforme as variáveis destacadas para esse estudo. Em seguida esses pesos foram somados estabelecendo a capacidade das áreas em se aquecer ou se manter frescas.

Variáveis e Pesos					
Emissividade	Peso	Albedo	Peso	Massa Construída (Kg)	Peso
Telha Metálica	5	Telha Metálica	1	0 - 25000	1
Telha Cerâmica	2	Telha Cerâmica	1	25001-50000	2
Fibrocimento	2	Fibrocimento	3	50001 – 100000	3
Laje	2	Laje	2	100001 – 400000	4
Asfalto	2	Asfalto	5	400001 – 870646,8	5
Vegetação	1	Vegetação	2		
Água	2	Água	2		
Taxa de Impermeabilização		Peso			

Impermeável	5
Permeável	1

**Quadro13 - Variáveis e Pesos .**

Fonte: Adaptado de Ferreira (2014)

Gartland (2010), explica que telhas metálicas podem chegar a uma temperatura de até 57,9° C sob o sol, com um albedo de 0,57 e estas, mesmo apresentando um albedo mais alto, alcançam uma temperatura elevada em função da baixa emissividade. Dessa forma uma telha metálica terá um peso muito maior (5), do que a vegetação (1). As superfícies com camada de asfalto receberão maior peso em função da sua alta capacidade de absorção de calor.

Ferreira (2014 p.59) afirma que o desenvolvimento modelo matemático proposto acima consiste em uma integração teórica, quantitativa e qualitativa, afim de, obter uma identificação de áreas potencialmente quentes ou frias, em função da disposição das variáveis mais representativas em sua capacidade de amenizar ou potencializar a formação de ilhas de calor.

Depois de somado os pesos, eles foram separados em intervalos qualitativos conforme o quadro14, dando origem ao mapa de Potencial de Aquecimento.

Soma dos Pesos	Potencial de Aquecimento
1 - 3	Baixo
4 - 6	Médio
7 - 10	Alto
< 11	Altíssimo

**Quadro 14 - Classificação dos pesos quanto ao Potencial de Aquecimento.**

Em seguida o mapa de Potencial de Aquecimento foi reclassificado em apenas duas classes, áreas propensas á formação de ilhas de calor e áreas não propensas à formação de ilhas de calor.

## 4.2 ELABORAÇÃO DO MAPEAMENTO TERMAL

A terceira etapa consistiu em um levantamento da temperatura de superfície através de imagens de satélite, objetivando uma comparação com o banco de dados do ambiente construído. Foram confeccionados mapas com diferentes datas de obtenção de imagem, selecionando para esse trabalho o de melhor qualidade, sem presença de nuvens e de data mais recente. Dessa forma, a imagem do satélite Landsat-8 (OLI e TIRS), datada em 12 de Janeiro de 2015, da Órbita/Ponto 217/75 obtida por meio do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey - USGS). O horário de obtenção da mesma é de aproximadamente 10 horas da manhã do horário local.

As bandas de 1 a 9 do *Landsat 8* tem resolução espacial de 30 metros, já as bandas 10 e 11 da faixa do infravermelho termal tem resolução espacial de 100 metros, mas são reajustadas para 30 metros para coincidir com a resolução das outras bandas. Dessa forma, Novo (2008) explica que uma imagem que detêm uma resolução de 30 metros, como é o caso do *Landsat 8*, não vai distinguir alvos em distâncias entre si menores que 30 metros. Isso deixa claro que haverá um grau de generalização no processo de mapeamento de temperatura de superfície. Ou seja, quanto menor a resolução espacial maior a capacidade de distinção de alvos muito próximos.

Após o registro no site do serviço geológico americano, foi feito o download das imagens em formato GEOTIFF disponíveis para a área de estudo levando em consideração a inexistência de nuvens na mesma. As imagens foram adicionadas no ambiente *Arcmap*, foram reprojatadas para o Hemisfério Sul utilizando a Projeção\ Datum WGS1984\ UTM \ zona 23S, utilizando o Projeter de Raster inserido no *ArcToolbox*.

Os fundamentos do sensoriamento remoto termal são embasados na termodinâmica clássica que apresenta equações que permitem estabelecer uma relação entre a radiância espectral presentes em imagens do satélite *Landsat8* com valores temperaturas, permitido assim o monitoramento termal de alguma região através da medida indireta de radiação.

Utilizando a ferramenta *raster calculator*, presente no software *ArcGis*, foram implementadas as equações (3) e (4) disponibilizadas por Santos et al (2014).

Em seguida foi feita a conversão de números digitais para radiância espectral no topo da atmosfera, utilizando a equação 3:

$$L\lambda = M_L * Q_{cat} + A_L \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

$L\lambda$  = Radiância expectral no topo da atmosfera (unidade: Watts/(m<sup>2</sup> srd μm));

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda;

$Q_{cal}$  = Número Digital (ND) do pixel;

$A_L$  = Fator aditivo reescalonado de radiância para a banda específica( Banda 10 e 11 = 0.10000

A equação 4 mostra a relação entre a radiância espectral e temperatura:

$$Trad = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

$Trad$  = Representa a temperatura de brilho no sensor ou temperatura radiante que não leva em consideração os aspectos da atmosfera terrestre em Kelvin, ou seja, a temperatura vista do satélite e não a que realmente está na superfície da terra;

$K_2$  = Constante de calibração 2 = 1321,08 (K)

$K_1$  = Constante de calibração 1 = 774,89 (K).

$L\lambda$  = a radiância espectral no topo da atmosfera em  $Watts/m^2srd \mu m$  que foi obtida através da equação 3.

Depois de gerado o mapa de temperatura de superfície, foi recortada a área de interesse, utilizando a ferramenta Extract by Mask presente no ArcToolbox, em seguida o mesmo foi reclassificado em 6 classes de distribuição de temperatura de superfície.

#### **4.2.1. Condições atmosféricas atuantes na data de aquisição da imagem Landsat 8.**

De acordo com as cartas sinóticas disponibilizadas pelo site da Marinha, no dia 12/01/2015, a área de estudo estava sob a influência de um sistema de alta pressão atmosférica, conseqüentemente ocasionando baixa velocidade do vento, baixa umidade relativa do ar, e ausência de precipitação, sendo assim têm-se uma maior concentração de materiais particulados na atmosfera, o que cria as condições ideais para a investigação do fenômeno ilhas de calor. De acordo com os estudos de Gartland (2010) o efeito da ilha de calor será muito mais intenso em dias calmos e claros, uma vez que mais energia solar é capturada durante dias claros, e os ventos mais brandos removem o

calor de maneira mais vagarosa, fazendo com que o fenômeno ilha de calor se torne mais intenso.

### **4.3 CORRELAÇÃO ESTATÍSTICA VARIÁVEL QUALITATIVA X QUANTITATIVA**

Para fins de validação estatística das informações qualitativas apresentadas pelo mapa de potencial de aquecimento e os intervalos reais quantitativos apresentados pelo mapa de temperatura de superfície optou-se por um modelo de correlação entre os dois mapas.

Além de estarmos trabalhando com variáveis de natureza diferente, ainda existe a disparidade na escala, pois o mapa de potencial apresenta uma escala local, altamente detalhada, enquanto o mapa de temperatura de superfície apresenta uma escala regional com um considerável grau de generalização. Assim se optou por essa correlação para se ter um grau de confiabilidade no modelo matemático utilizado, averiguando se os dois mapas apresentaram similaridades entre si.

Dessa forma foi criado um shapefile de pontos que foi adicionado em um projeto do *Arcgis* contendo o shapefile das 35 regiões urbanas, assim pontos aleatórios foram marcados nessas ruas. Em seguida foi adicionado o arquivo também em shapefile das informações geradas para o potencial de aquecimento. Assim cada ponto foi identificado quanto o seu potencial de aquecimento: baixo, médio, alto ou altíssimo. Essas informações foram colocadas na tabela de atributos. Para os intervalos de temperatura de superfície foi feita uma média conforme o quadro 15.

Intervalos de Temperatura de Superfície	Média	Potencial
24,6 – 28,2	26,4	Baixo
28,3 – 31,2	29,75	Médio
31,3 – 32,8	32,05	Alto
32,9 – 36,9	34,9	Altíssimo

**Quadro 15 – Intervalos de temperatura de superfície correspondentes ao potencial de aquecimento.**

Em seguida foi adicionado ao projeto o arquivo em raster contendo as informações de temperatura de superfície. Assim foi sendo preenchida a tabela de atributos de acordo com as informações de temperatura média de superfície onde cada ponto estava localizado. Em seguida foram gerados gráficos de acerto de erros para cada intervalo qualitativo de aquecimento.

Por fim, foi aplicado o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, que vai medir o grau de associação linear existente entre duas variáveis quantitativas  $x$  e  $y$ . Esse coeficiente é um índice adimensional com valores que situados entre 1 e -1. Quando a correlação entre as duas variáveis for máximo, isto é, todas as variáveis forem igualmente idênticas ( $x = y$ ), o coeficiente de correlação será igual a 1. E, se ao contrário disso, todas as variáveis não apresentar nenhuma correlação entre si, sendo totalmente independente (não linear), o coeficiente de correlação será igual à zero. Ainda se existir uma correlação negativa máxima entre as duas variáveis, ou seja, à medida que uma aumenta a outra diminui, tem-se um valor de correlação = -1.

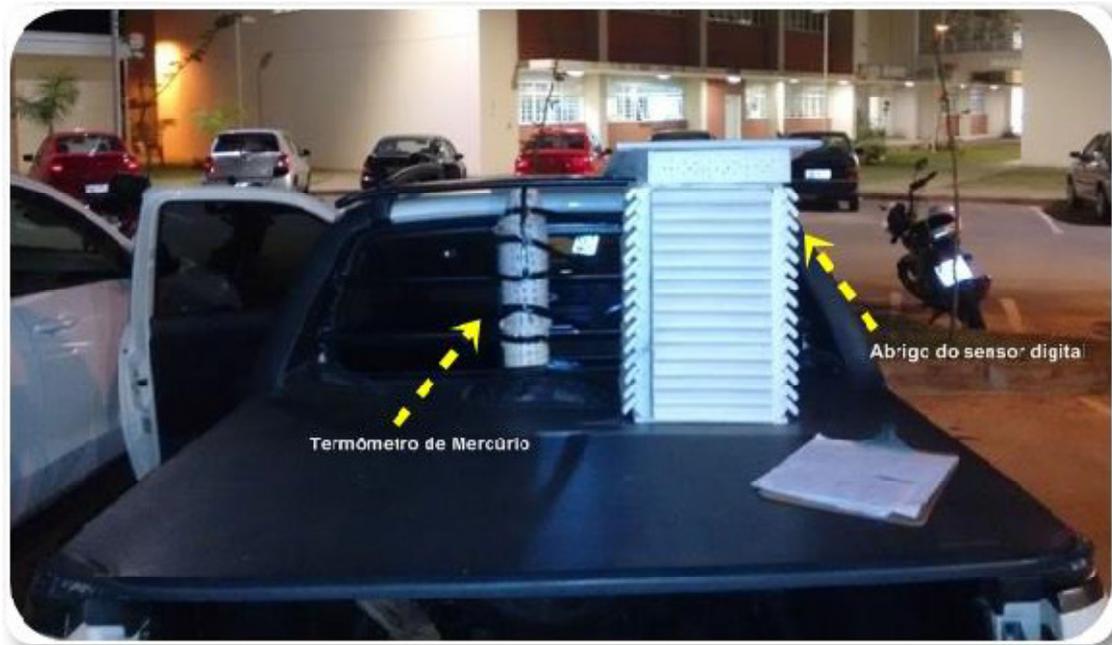
Dessa forma, as médias obtidas pelo mapa de temperatura de superfície representaram o eixo  $x$  e as médias obtidas pelo mapa de potencial de aquecimento representaram o eixo  $y$ , esses valores foram adicionados no software *Matlab*® 2015, onde equação de Person foi aplicada.

#### **4.4 TRABALHO DE CAMPO**

Para comprovação ou refutação da modelagem proposta, reconhecimento da área de estudo e validação dos dados de temperatura de superfície obtidos através do satélite é interessante a coleta de dados de temperatura do ar na área de pesquisa.

Para isso foi realizada a metodologia dos transectos móveis, utilizando um termômetro de mercúrio alojado dentro de um pequeno abrigo cilíndrico de isopor perfurado, que foi aprisionado à parte de trás da cabine de uma caminhonete, e também um sensor digital, de temperatura de uma estação meteorológica Oregon modelo WMR928NX em um abrigo de madeira pintado de branco. A necessidade do uso de um mini abrigo para o termômetro, para evitar a influência dos ventos. (Figura 14). Mesmo o veículo estando em velocidades inferiores de 30km/h a 40km/h, na qual o trabalho foi realizado. Esta metodologia é muito utilizada por Amorim (2005) nos estudos de ilhas de calor, e consiste em percorrer um trajeto no qual está inserida a área de estudo fazendo os registros de temperatura em lugares representativos em um intervalo de até 1 hora.

Dessa forma foram percorridos 13 km e foram medidos 13 pontos em um intervalo de 60 minutos. (mapa 48). Como a área de estudo compreende uma área extensa, e o trânsito é intenso no horário em que foram realizados os transectos (19 horas), não houve tempo hábil para percorrer toda a área de estudo.



**Figura 14 - Caminhonete com sensor e termômetro instalados.** Fotografia: Viana, Y. C. G.

Para registrar as maiores amplitudes térmicas é recomendado que o transecto seja realizado após o por do sol, quando as superfícies impermeabilizadas continuam a intensa liberação do calor armazenado.

E ainda sob as condições atmosféricas de tempo claro, calmo e estável. Seguindo essas premissas foram realizados dois transectos na área de estudo, o primeiro no dia 27/07/2016 e o segundo no dia 21/12/2016, ambos sob condições de tempo estável, sem nebulosidade e sob domínio de um sistema de alta pressão.

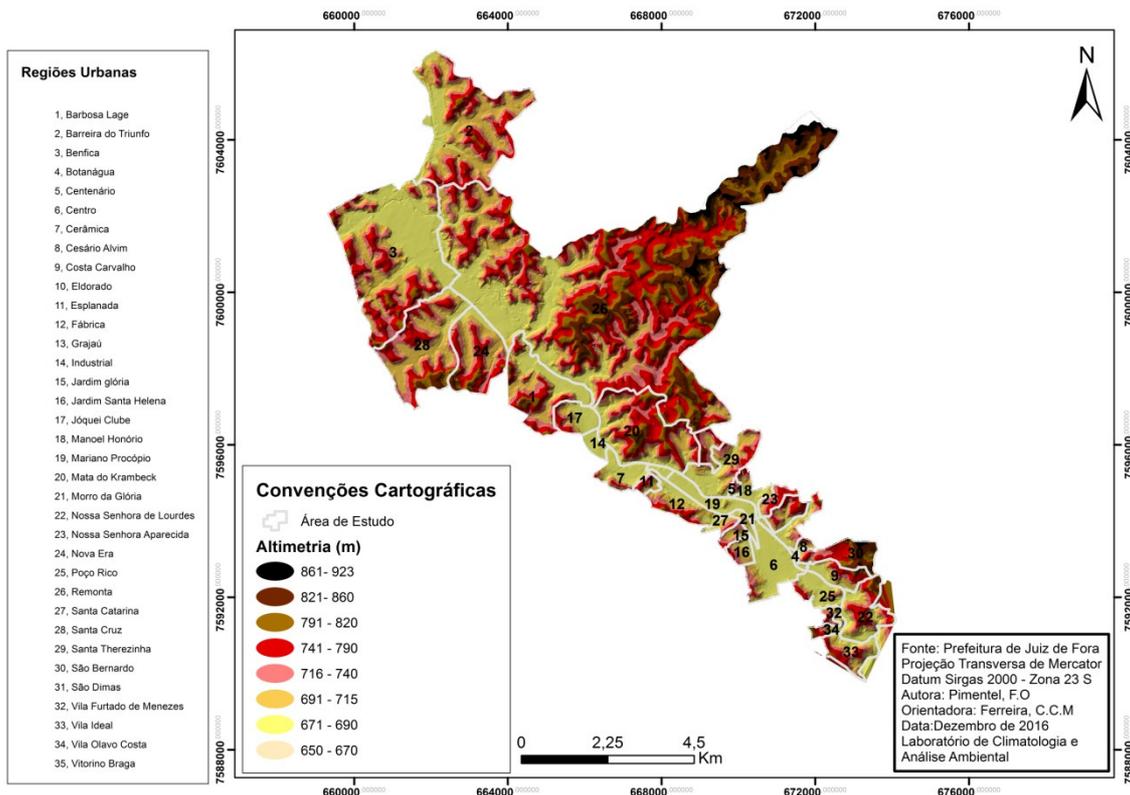
## **CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A seguir serão apresentados os mapas resultantes da investigação de cada variável que foi espacializada para fins de análise e discussão em função da capacidade de contribuição ou amenização dos efeitos do clima urbano.

O primeiro mapa é o de altimetria da área de estudo, variando de 650 metros a 923 metros. Essa variável tem importante influência na origem de diferenciados campos térmicos, seja pela influência na diminuição da temperatura do ar à medida que se aumenta a altitude, ou pela influência na existência da vegetação, uma vez que representam um obstáculo as ocupações humanas.

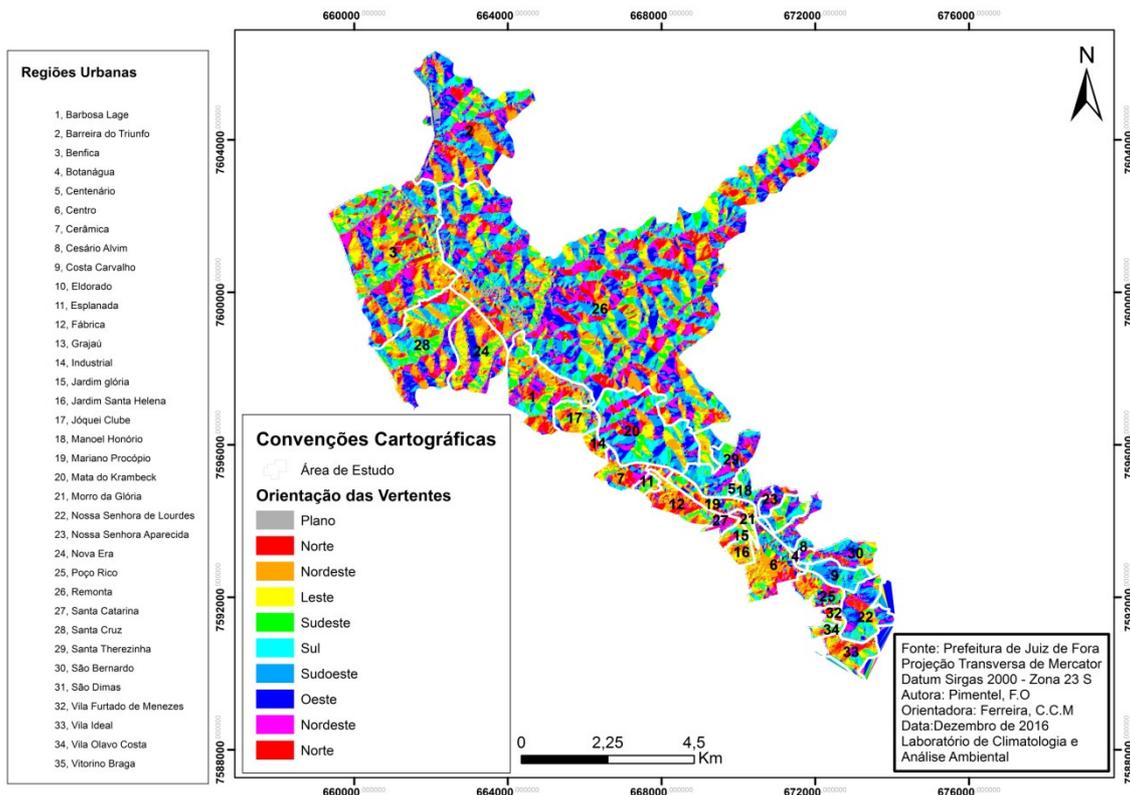
É sabido que os fragmentos de cobertura vegetal se conservam em áreas de relevo mais acidentado, como pode ser observado na área de estudo, uma vez que a ocupação em Juiz de Fora, como já foi ressaltada, se iniciou pelo vale do Rio Paraibuna e mais recentemente começou a se expandir rumo às encostas. Dessa forma a vegetação ali se manteve em parte, um pouco mais conservada, sendo fundamental para se evitar os movimentos de massa, além disso, a altitude também se torna um fator dificultador às atividades humanas nessas áreas. Portanto elas acabaram sofrendo intervenção em menor grau do que nas áreas planas ao longo dos vales, de ocupação bem mais antiga.

Comparando o mapa de altimetria com os de fragmentos de cobertura vegetal (mapa 38) nota-se que áreas mais elevadas serão as que ainda possuem algum tipo de vegetação. Grande parte da área de estudo vai estar localizada na área do vale do Rio Paraibuna, sendo estas as de menor valor altimétrico. A região centro quase que praticamente está toda numa área plana, o que levou a intensificação do adensamento urbano nessa área.



**Mapa 36 - Altimetria das 35 regiões urbanas.**

O mapa 37 corresponde à orientação das vertentes, e a figura 12 ilustra a frequência da distribuição das orientações. A distribuição das vertentes associadas com o movimento aparente do sol de leste para oeste cria diferentes condições no balanço de energia. Uma vez que gerando sombreamento das encostas, principalmente as voltadas para o sul, estando no Hemisfério Sul, estas serão as que receberão menor insolação. Ao contrário das vertentes voltadas para o norte, que receberão maior insolação. Na área de estudo há um predomínio das vertentes voltadas para o nordeste, seguida das vertentes voltadas para o leste, às voltadas para o norte foram às de menor frequência. Dessa forma não foi possível fazer uma correlação direta das orientações das vertentes com a temperatura de superfície.



Mapa 37– Distribuição da orientação das vertentes das 35 regiões urbanas.

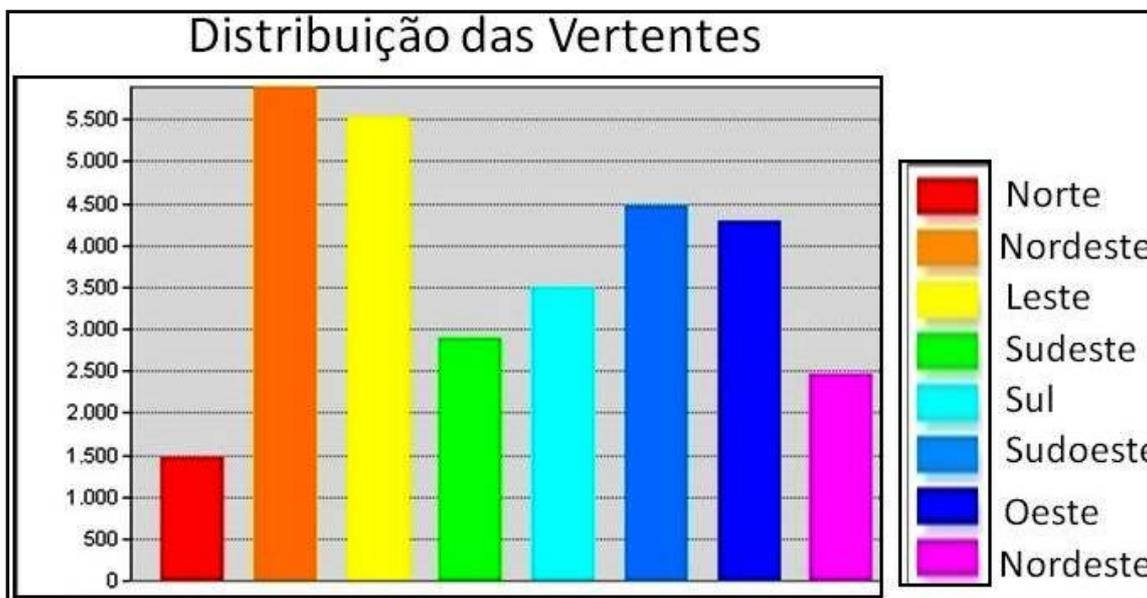


Figura 15 – Gráfico da distribuição das orientações das vertentes.

Sabendo que a vegetação tem grande capacidade de atenuação das características do clima urbano, sendo capaz de criar microclimas diferenciados, gerando as chamadas ilhas de frescor, foi utilizado nesta pesquisa um mapeamento dos fragmentos de cobertura vegetal disponibilizado por Barros (2015). Dessa forma foi recortado apenas os fragmentos que estavam localizados na área de interesse. O mapa 38 ilustra a distribuição dos fragmentos de vegetação ao longo das 35 regiões urbanas, e o corpo hídrico de maior representatividade na área de estudo correspondendo ao Rio Paraibuna,

contribuindo para geração de áreas de menor potencial de aquecimento. Os outros rios e córregos presentes na área de estudos foram canalizados, o que não irá influenciar na geração de microclimas. Podemos visualizar a quantidade de m<sup>2</sup> por ru também no quadro 15.

	REGIÕES URBANAS DE JUIZ DE FORA (Área de Estudo)	Área de Vegetação (m <sup>2</sup> )
1	Barbosa Lage	289.527,5
2	Barreira do Triunfo	919.795,2
3	Benfica	12.024,5
4	Botanágua	0
5	Centenário	0
6	Centro	88.078,7
7	Cerâmica	3.421,0
8	Cesário Alvim	1.419,1
9	Costa Carvalho	80.465,1
10	Eldorado	334,07
11	Esplanada	314,8
12	Fábrica	283.339,5
13	Grajaú	53.612,7
14	Industrial	0
15	Jardim Glória	7.111,1
16	Jardim Santa Helena	16.501,0
17	Jóquei Clube	376,3
18	Manoel Honório	8.730,9
19	Mariano Procópio	94.250,3
20	Mata do Krambeck	10.303.999,9
21	Morro da Glória	0
22	Nossa Senhora Aparecida	5.980,6
23	Nossa Senhora de Lourdes	247.836,7
24	Nova Era	5.599,3
25	Poço Rico	28.501,2
26	Remonta	11.716.429,8
27	Santa Catarina	8.123,38
28	Santa Cruz	23.898,2
29	Santa Therezinha	91.349,2
30	São Bernardo	429.718,4
31	São Dimas	0
32	Vila Furtado de Menezes	481,7
33	Vila Ideal	142.542,6
34	Vila Olavo Costa	10.610,9
35	Vitorino Braga	6.104,1

**Quadro 16 – Vegetação por região urbana.** Fonte : Barros (2015)

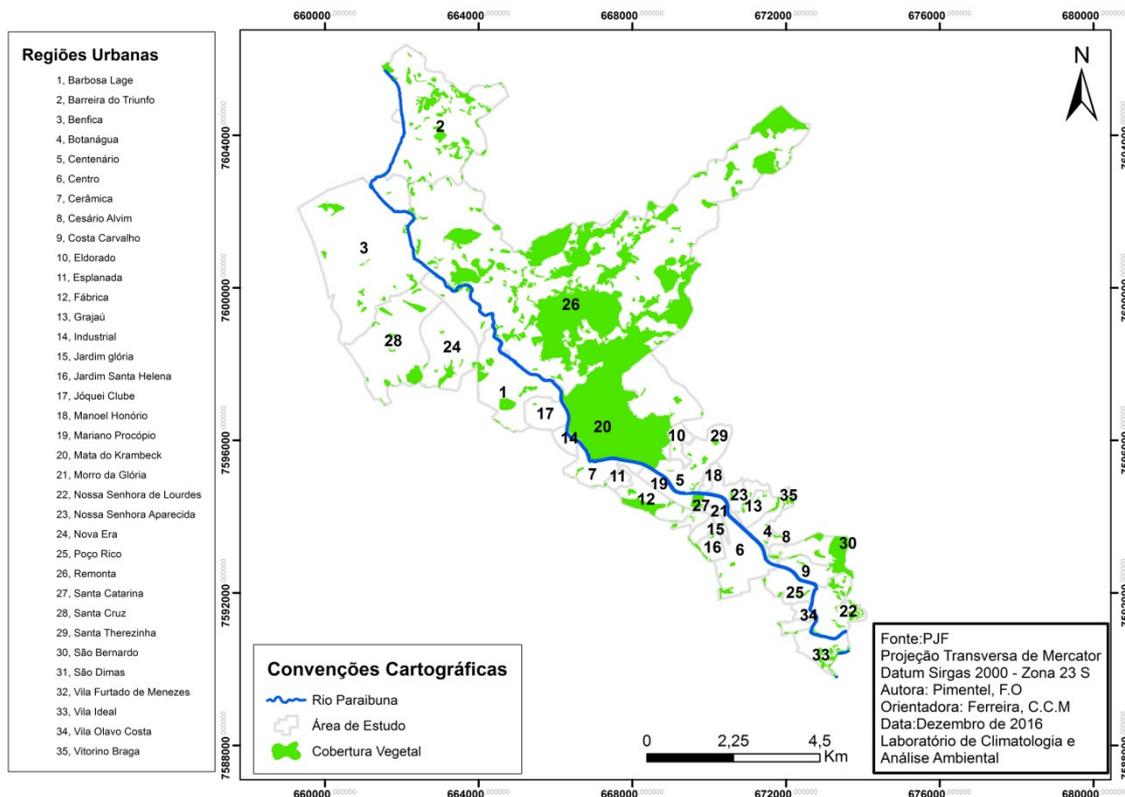
Na região urbana Centro os fragmentos mais representativos está localizado no Colégio dos Jesuítas e Colégio Academia, além do Parque Halfeld, uma área verde localizada no centro, que apesar de ser chamado de parque, não se enquadra nessa classificação.

Assis (2016) explica que o Parque Halfeld, com 12 mil m<sup>2</sup>, desde a sua criação, é um dos mais importantes símbolos de Juiz de Fora, pois está localizado entre as principais ruas da cidade: Halfeld, Santo Antônio e Av. Barão do Rio Branco, sendo considerado, além de ponto de encontro, espaço de lazer e cultural dos juiz-foranos, como o “centro político e religioso” da cidade, sendo de extrema importância para a comunidade juiz-forana devido a sua representatividade enquanto cobertura verde da Região Central, possuindo diversas espécies arbóreas e arbustivas, além do seu contexto histórico e por sua localização.

A região urbana Remonta vai ser a região que vai abrigar a maior quantidade de fragmentos de cobertura vegetal da área de estudo, pouco edificada se comparada às demais vai apresentar valores de temperatura de superfície mais baixos, exceto por algumas áreas de solos expostos.

A existência desses fragmentos vai coincidir com as áreas de menor potencial de aquecimento representadas no mapa 19 e será a área de menor intervalo de temperatura de superfície apresentadas no mapa 20.

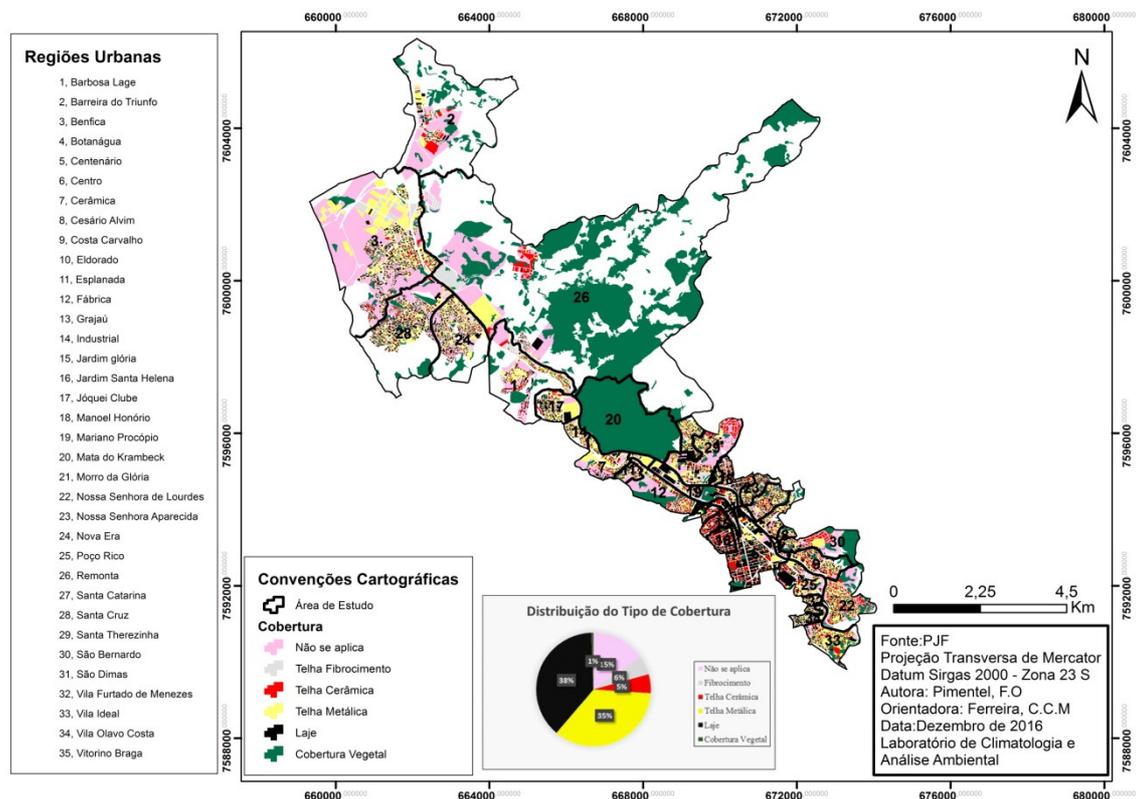
As regiões urbanas, Botanágua, Centenário, Industrial, Morro da Glória e São Dimas vão se destacar pela completa ausência de fragmentos de vegetação.



**Mapa 38– Fragmentos de Cobertura Vegetal e Corpos Hídricos distribuídos nas 35 regiões urbanas.**

O mapa 39 ilustra a distribuição dos tipos de cobertura de cada edificação existente na área de estudo. O Quadro 16 leva em consideração o número de lotes total e a quantidade de edificações sob cada cobertura. Dessa forma podemos visualizar que a maioria das edificações, cerca de 38% do total levantado, são de cobertura do tipo laje. Em seguida com 35 % das edificações são de cobertura metálica.

Cerca de 15% não se aplica, ou seja, são áreas com lotes vagos ou que não se aplica a nenhuma das categorias de cobertura. Com 6 % do total se refere à cobertura de fibrocimento, 5 % do tipo cerâmica e por fim 1 % se referindo à cobertura vegetal que apesar de representar a menor porcentagem de número de lotes, eles são de grandes dimensões, como pode ser observado na Região Urbana Remonta.



**Mapa 39 – Tipos de Cobertura das Edificações.**

Tipo de Cobertura	Número de Edificações
Não se aplica	5277
Fibrocimento	2007
Telha Cerâmica	1729
Telha Metálica	12140
Laje	13178
Cobertura Vegetal	237
<b>Total</b>	<b>34568</b>

**Quadro 16: Tipo de Cobertura e o número de edificações.**

O levantamento do tipo de cobertura de cada edificação deu origem aos mapas de albedo e de emissividade. Assim cada tipo de material utilizado na cobertura das edificações terá uma resposta térmica, devido a sua cor que influenciará na reflexão ou absorção da energia solar e as propriedades térmicas que irá influenciar na emissividade.

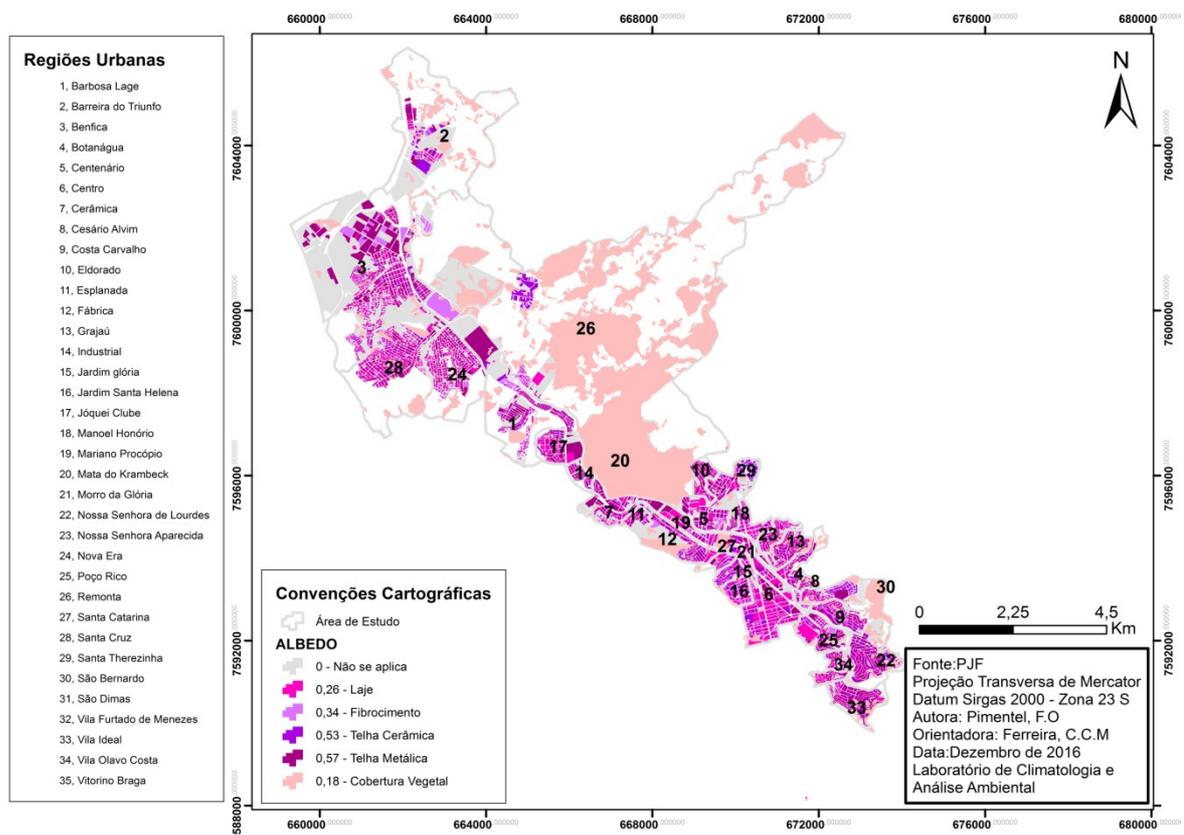
Vale ressaltar que as telhas metálicas vão apresentar elevado valor de albedo (0,57) devido a sua cor mais clara, porém vão apresentar baixíssimo valor de emissividade (0,05), portanto vão ter grande capacidade de emitir radiação para as áreas adjacentes.

Telhas metálicas foram encontradas com muita frequência em habitações populares de menor padrão construtivo, refletindo a vulnerabilidade socioeconômica nas ruas Nossa Senhora Aparecida, Vila Ideal, Nossa Senhora de Lourdes, Benfica e Poço

Rico. Nessas últimas duas regiões as telhas metálicas esteve muito presente na cobertura de grandes galpões de distribuição, oficinas e indústrias. Nesse sentido Gartland (2010) afirma que telhas metálicas podem chegar a uma temperatura de até 57,9° C sob o sol, alcançando temperaturas muito elevadas em função de sua baixa emissividade, contribuindo para um maior potencial de aquecimento e conseqüentemente desconforto térmico nessas regiões.

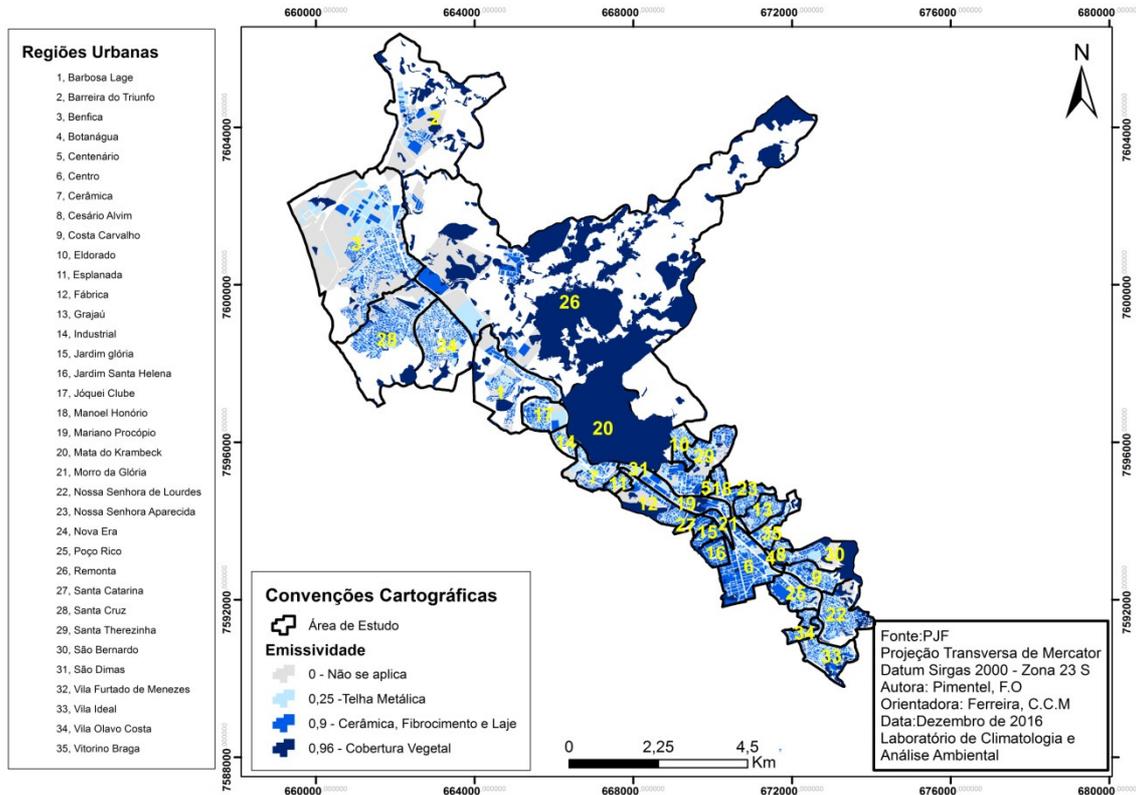
As coberturas de telha cerâmica vão apresentar albedo (0,53) e emissividade (0,9), sendo assim são consideradas coberturas frescas e mais adequadas para habitações em regiões tropicais, condicionando maior conforto térmico nessas áreas. Entretanto vão ser menos utilizadas nas edificações, estando presente com maior frequência em áreas mais horizontalizadas e regiões notadamente de maior poder aquisitivo, como no loteamento Quinta das Avenidas, localizado na ru Santa Terezinha, também vai ser comum na ru Morro da Glória, Jardim Glória, Jardim Santa Helena.

Finalizando, o tipo de cobertura de maior representatividade na área de estudo vai ser o laje, com 0,26 de albedo, apresenta a maior capacidade de absorção dentre os materiais levantados, porém apresenta menor capacidade de emissividade (0,9). No centro vai ter elevada utilização, principalmente em prédios e pavimentos.



Mapa 40 – Albedo das 35 regiões urbanas.

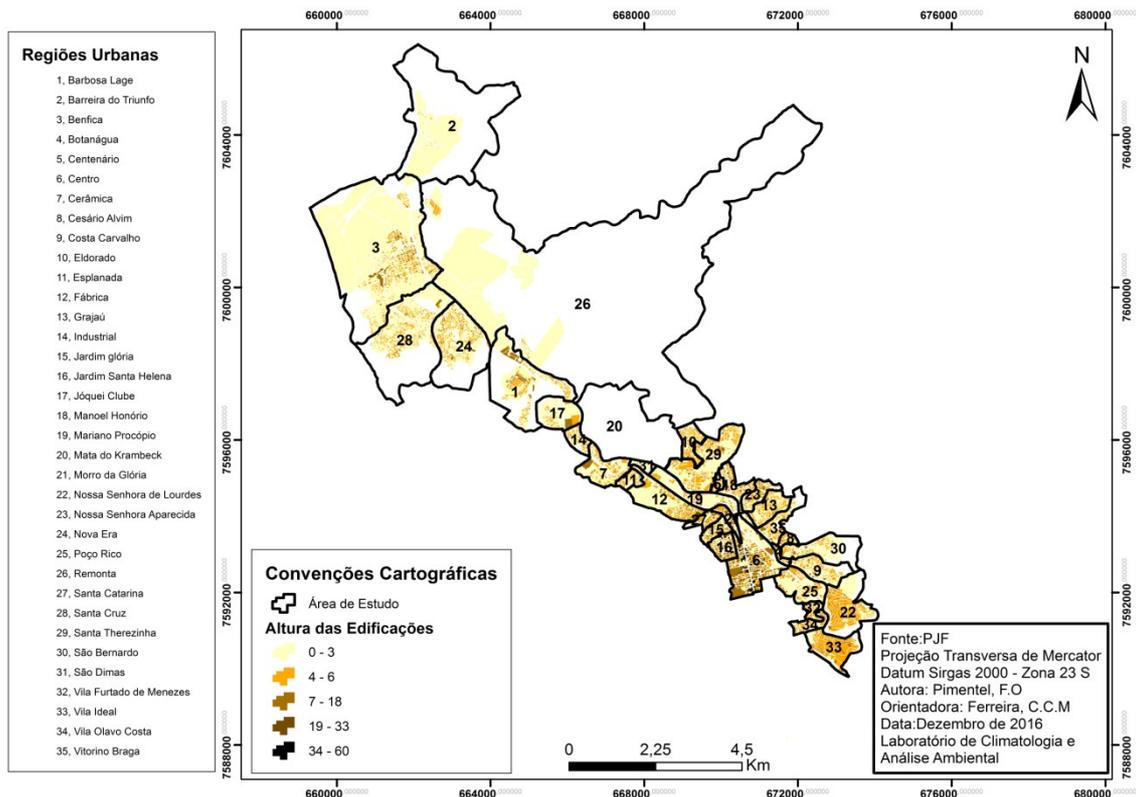
Os fragmentos de vegetação vão apresentar baixo valor de albedo (0,18), ou seja, elevado poder de absorção da energia solar incidente, mas em contrapartida vão apresentar elevado valor de emissividade (0,96), atenuando as temperaturas através da diminuição da incidência solar direta e aumentando a umidade relativa do ar através da evapotranspiração, condicionando maior conforto térmico aos seus arredores.



**Mapa 41 – Emissividade das 35 regiões urbanas.**

O próximo mapa apresentando se refere à altura das edificações, que foi gerado a partir do número de pavimento de cada edificação, assim quando analisado a distribuição da altura das edificações, podemos perceber que as edificações mais elevadas estão situadas na região central de Juiz de Fora, em função da elevada verticalização que essa região urbana sofre.

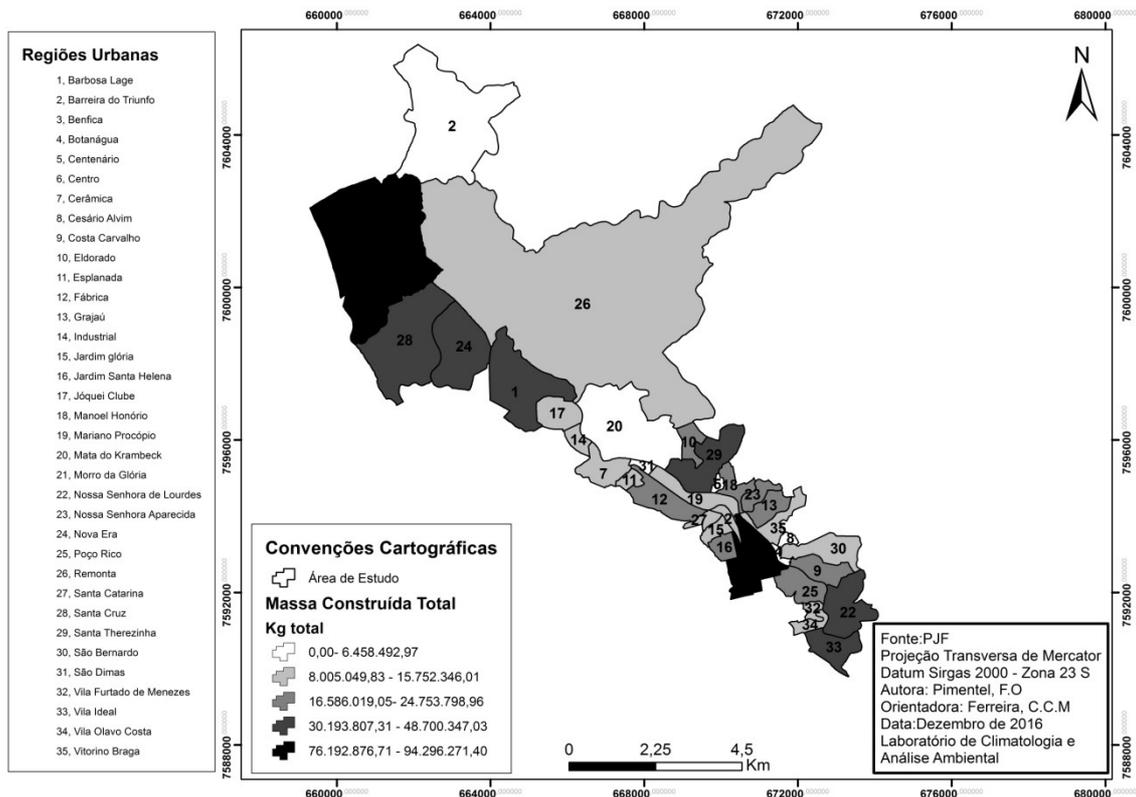
A altura das edificações vai interferir no fator de visão do céu, uma vez que quanto maior a altura menor vai ser a capacidade de visualização do céu e, conseqüentemente, maior aprisionamento da radiação, vindo a atuar como potencializador de aquecimento, principalmente operando como barreiras contra os ventos, ou minimizador quando se analisa o sombreamento que essas edificações podem ocasionar dependendo da hora do dia.



**Mapa 42 – Altura das Edificações das 35 regiões urbanas.**

Além de demonstrar a altura das edificações, a informação referente ao número de pavimentos de cada edificação ainda é capaz de explicitar a quantidade de massa construída, uma vez que as áreas de maior altura da edificação naturalmente irão apresentar também os maiores valores de massa construída. Dessa forma o próximo mapa 43 trará em kg a massa construída total de por região urbana utilizada na área de estudo. O mapa 43 mostra que a região central e a região Benfica são as regiões de maior valor total de massa construída refletindo o intenso adensamento de construção nessas ruas.

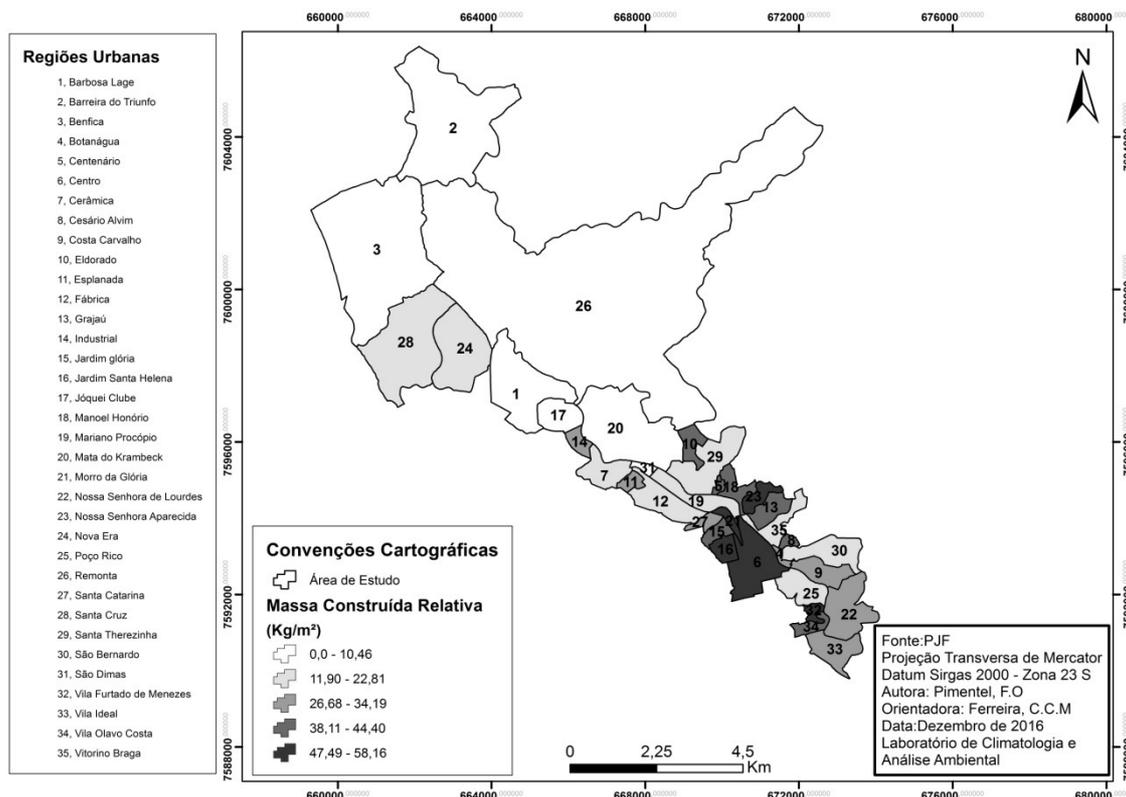
É comum nas regiões centrais para maior aproveitamento do solo urbano utilizar toda a área do lote para a edificação, o que contribui para o maior potencial de aquecimento dessas áreas atrelado a elevada verticalização. A intensificação da massa construída, como já foi apontada por Tso (1990), é responsável pela redução das perdas de calor por convecção gerando aumento acentuado de temperatura, contribuindo para formação das ilhas de calor centrais.



**Mapa 43 – Massa Construída Total das 35 regiões urbanas.**

O mapa de massa construída relativa (mapa 44) leva em consideração a relação massa construída total por região urbana dividida pela área em  $m^2$  da região urbana, evidenciando as regiões de menores áreas e maior quantidade de kg de massa construída. Sendo assim a Região Urbana Benfica, mesmo apresentando massa construída total elevada não ficou em evidência por apresentar também área territorial extensa. Sendo assim as regiões de grande área territorial como Barreira do Triunfo e Remonta apresentaram os menores índices de massa construída.

Em contrapartida a região urbana Centro por apresentar elevada quantidade de massa construída e área territorial menor mostrou os maiores índices, acompanhada da Região Urbana Jardim Santa Helena, Morro da Glória, Nossa Senhora Aparecida e Vila Furtado de Menezes.



**Mapa 44 – Massa Construída Relativa das 35 regiões urbanas.**

Resultante de todas as variáveis já discutidas é apresentado o mapa de potencial de aquecimento (mapa 45) que está distribuído em quatro classes qualitativas levando em consideração a capacidade de aquecimento conforme a combinação das variáveis analisadas.

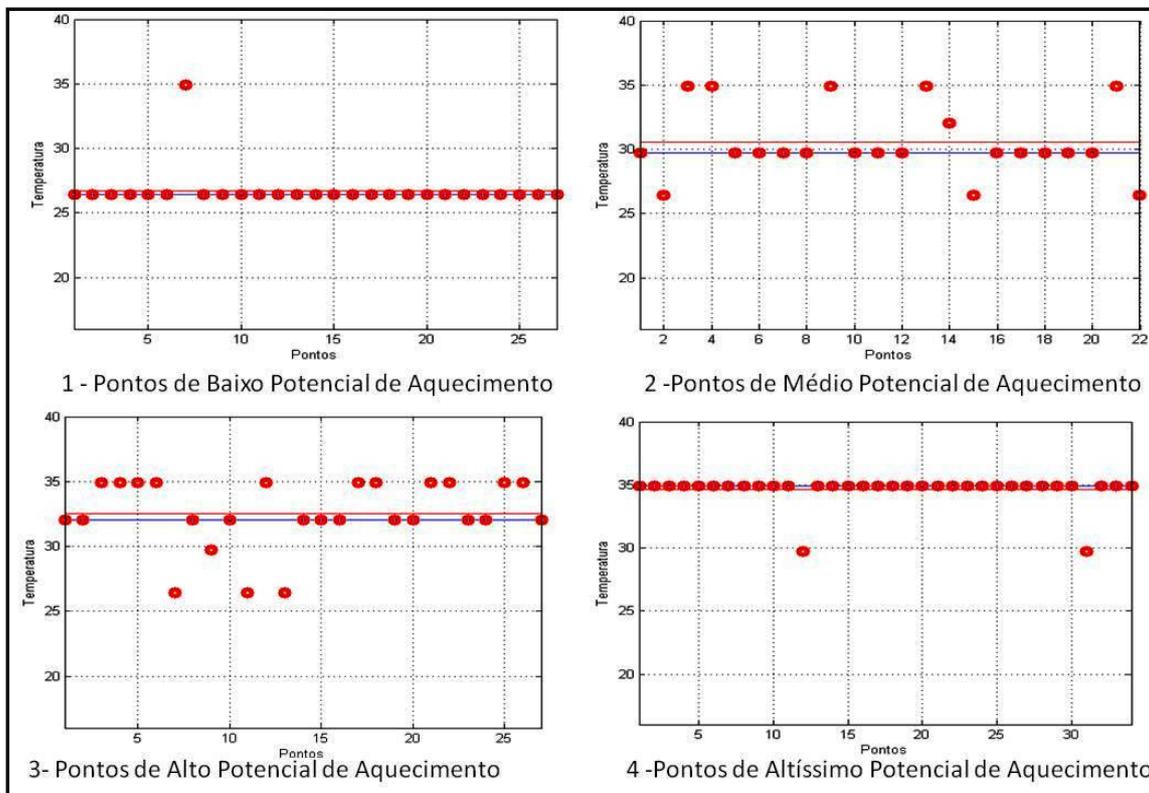
Para fins de correlação entre os dois mapas (mapa 43 e mapa 44) foi feito um teste de acertos que está apresentado no gráfico 4. Utilizando o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, para relacionar os dados de temperatura do mapa de Potencial de Aquecimento com os dados de Temperatura de Superfície obteve um aproveitamento de 0,83. Considerando que o coeficiente varia entre 1 e -1, e quanto mais próximo de 1 maior o grau de correlação, significa que o modelo proposto para a identificação de áreas potencialmente quente foi similar a realidade, demonstrando diferentes microclimas.

Para os 27 pontos aleatórios que identificaram as áreas com baixo potencial de aquecimento, apenas 1 não correspondeu no mapa de temperatura de superfície. Nos 22 pontos aleatórios que sobrepuseram às áreas de médio potencial de aquecimento o erro foi maior, 3 pontos apresentaram baixo potencial e outros 6 identificaram altíssimo potencial. Para os pontos de alto potencial de aquecimento, foi o intervalo que demonstrou maior erro de correlação, dos 27 pontos, apenas 12 corresponderam, 11 pontos identificados de alto potencial no mapa qualitativo se mostrou altíssimo no mapa

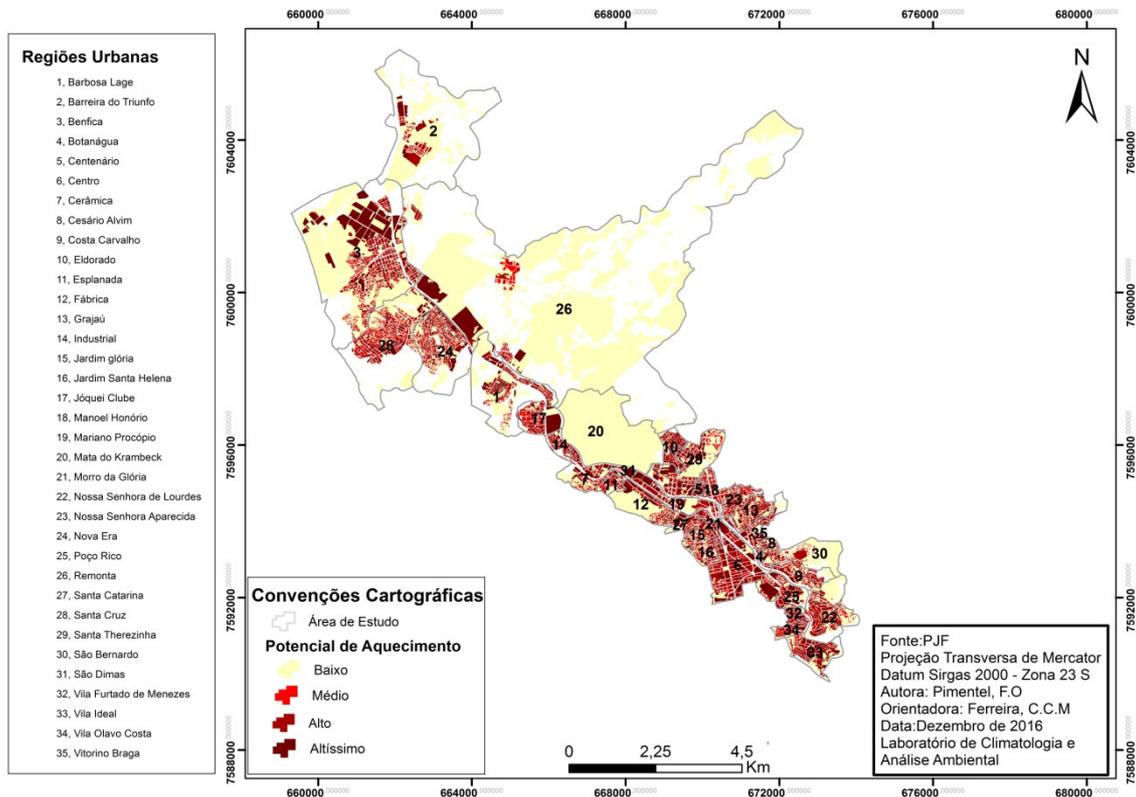
de temperatura de superfície, enquanto 1 se mostrou médio e os outros 3 se mostraram baixo.

Os 34 pontos incidentes sobre as áreas de altíssimo potencial de aquecimento, apenas 2 identificaram sendo de alto potencial no mapa de temperatura de superfície, demonstrando portanto menor erro nesse intervalo.

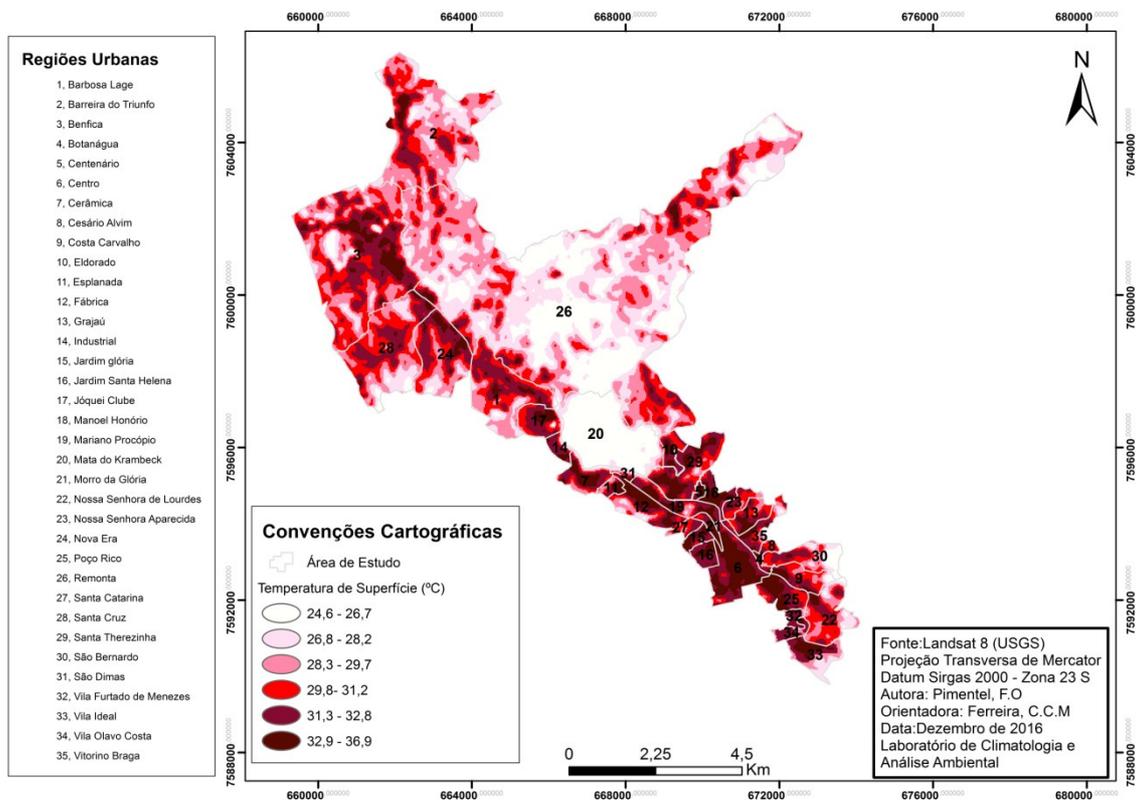
Os erros podem ser explicados pelo fato que a modelagem utilizada não leva em consideração as áreas de influências. Em contrapartida o mapa de temperatura de superfície utiliza algoritmos que fazem a mediana entre uma área de alta temperatura e uma área de baixa. Dessa forma no mapa de temperatura de superfície sempre terá as áreas de transição. No modelo proposto que deu origem ao mapa de potencial de aquecimento, não existem essas áreas medianas, a transição vai ser direta.



**Gráfico 4 – Distribuição dos pontos no Mapa de Potencial e Temperatura de Superfície**



**Mapa 45 – Potencial de Aquecimento**



**Mapa 46 – Temperatura de Superfície**

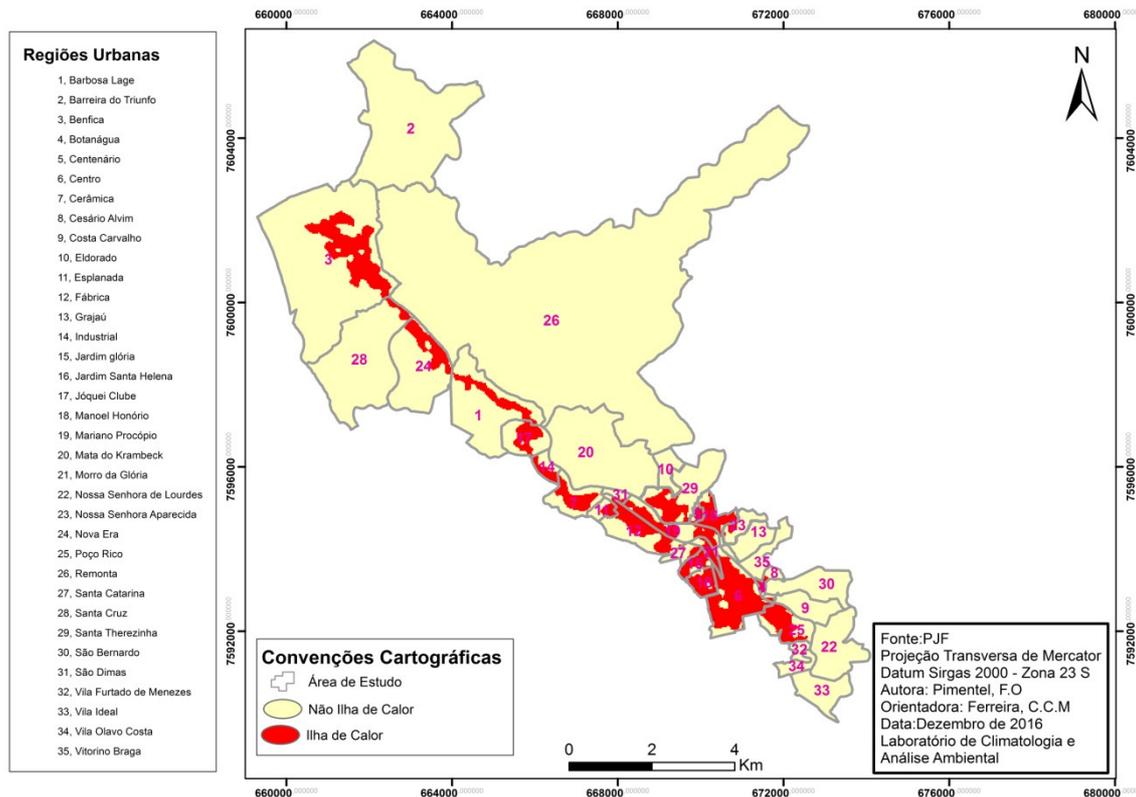
O resultado apresentado pelo mapa de temperatura de superfície vai mostrar que o comportamento da ilha de calor de superfície vai ser bem diferente do modelo proposto por Oke (1987) que demonstra a ilha de calor atmosférica. De fato o centro vai apresentar as temperaturas mais elevadas. As duas únicas áreas que irão apresentar diferencial térmico é referente ao Parque Halfeld e o fragmento de vegetação localizado no Colégio dos Jesuítas.

Porém, na medida em que se vai aproximando da periferia ela não diminui drasticamente, pelo contrário, ela se mantém elevada em algumas áreas. Essa diferença no comportamento da ilha de calor poderia ser explicada pelo fato de ser utilizada temperatura de superfície e não do ar, e também pela organização da periferia urbana brasileira, que também vai ser adensada se configurando como subcentros como é o caso da região urbana Benfica, sendo bem diferente da periferia das cidades estudadas pelo OKE (1986).

As áreas de menor temperatura apresentadas no mapa 46, claramente estarão associadas à presença de vegetação e também a áreas de menor potencial de aquecimento.

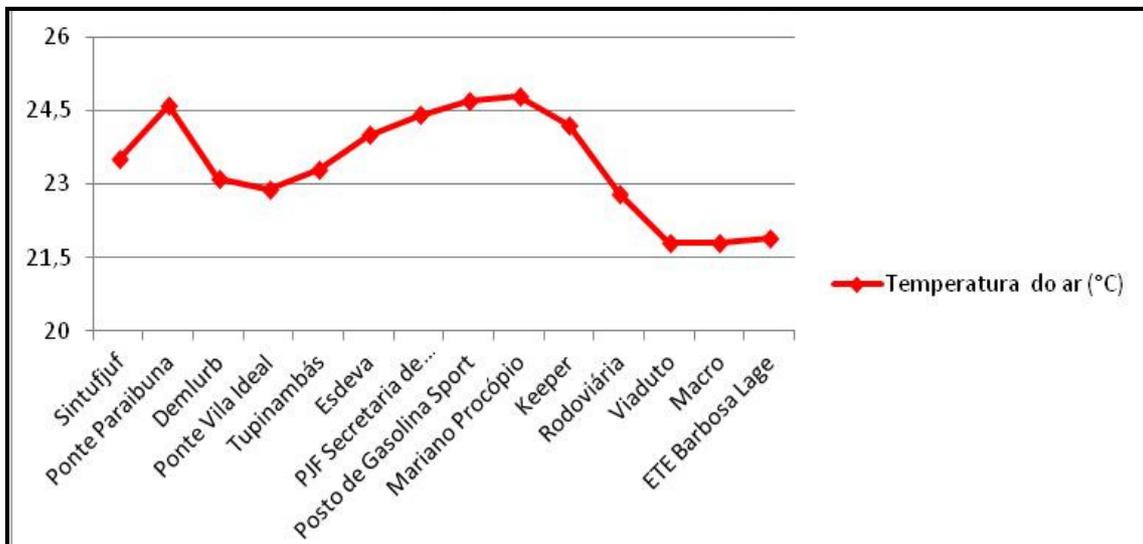
O mapa 47 ilustra qualitativamente as áreas propensas à formação de ilhas de calor, a região urbana Centro, devido ao adensamento, quase que na sua totalidade tem as condições necessárias a formação de ilhas de calor, devido a intensa massa construída, elevada verticalização o que reduz o fator de visão do céu, formando cânions urbanos, aprisionando o calor.

Observou-se um eixo de potencial formação de ilhas de calor ao longo da Avenida Juscelino Kubitschek, principal via de ligação da Região Urbana Centro ao Distrito Industrial, o que pode ser atribuído a intensa circulação de veículos tanto leves como pesados. Além disso, é nítida a intensa utilização de coberturas metálicas em grandes galpões dispostos às margens dessa importante via de escoamento.

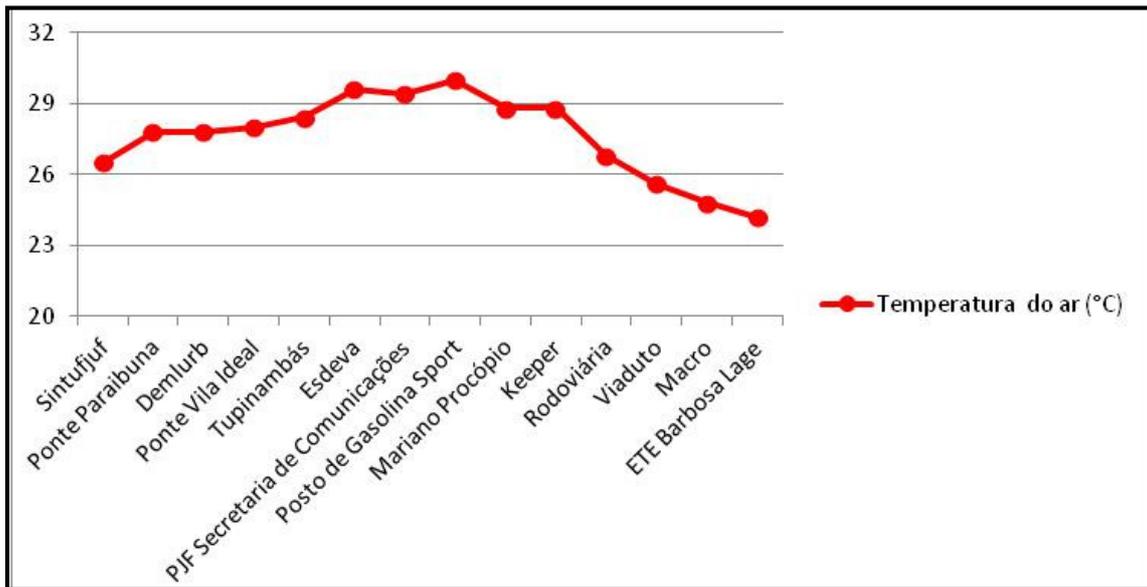


**Mapa 47 – Propensão à formação de Ilhas de Calor.**

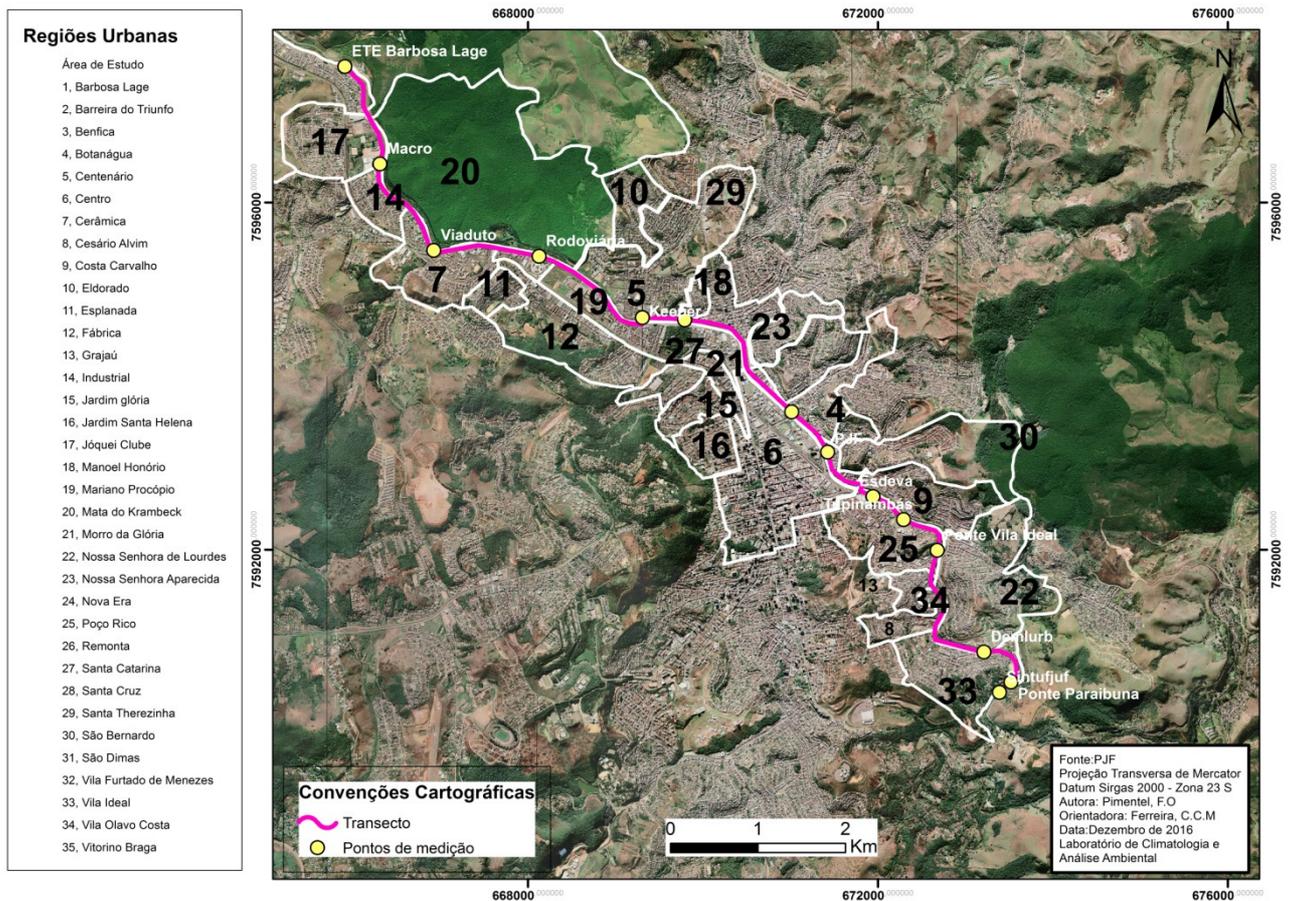
Por fim é apresentado o gráfico com o resultado dos transectos móveis, juntamente com o mapa 48, que mostra a distância percorrida e as localidades em que foi medida a temperatura do ar. Os transectos foram um recurso para reforçar o resultado apresentado pela modelagem matemática. Os transectos demonstraram que os pontos localizados próximos à região Central são os de maiores valores de temperatura do ar, o que vai diminuindo na medida em que se aproxima de áreas vegetadas como é o caso da Mata do Krambeck.



**Gráfico 5 - Transecto 27 de Julho de 2016.**



**Gráfico 6 - Transecto 21 de Dezembro de 2016.**



**Mapa 48 – Localização das medições nos transectos móveis.**

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se levarmos em consideração a classificação proposta por García (2008), organizada no Quadro 3 (pg. 40), mostra que acima de 6° C têm-se ilhas de calor classificadas de intensidade Muito Forte. Neste raciocínio o presente estudo veio confirmar a existência de intensas ilhas de calor de superfície em Juiz de Fora, pois de acordo com o mapa 46, foi encontrada uma amplitude térmica entre as áreas mais frias e mais aquecidas de 12,3° C. Notadamente durante o verão, já que a imagem de satélite data do mês de Janeiro.

Em relação à concentração das maiores temperaturas, a região central ficou em destaque, evidenciando os efeitos da urbanização, desencadeada pelos diferentes usos e ocupação da terra no meio urbano sob o clima local. A tendência dos grandes e médios centros é a diminuição da cobertura vegetal à medida que as áreas urbanas vão se expandindo. É sabido que a vegetação tem capacidade de atenuação das características do clima urbano, criando microclimas diferenciados e elas geram as chamadas ilhas de frescor. Apesar da intensidade das maiores temperaturas terem sido encontradas na região central, houve temperaturas elevadas distribuídas por toda a área de estudo.

A existência dos fragmentos de áreas verdes no meio urbano explicitou a influência na amenização das temperaturas, fato que deveria ser levado em conta pelos gestores do planejamento urbano do município, não somente como mero efeito paisagístico, mas no condicionamento do conforto térmico, o que permite promover qualidade de vida e uma maior eficiência energética.

O sensoriamento remoto através da utilização de imagens de satélites para o mapeamento termal de superfície intraurbano se mostrou mais um aliado para as investigações do fenômeno ilhas de calor. Pois vai permitir a realização de levantamentos de dados em áreas extensas, proporcionando análises temporais em um recorte espacial. E ainda almeja suprir a falta de dados em determinadas localidades, ou que até existem, mas não estão disponíveis para o uso da comunidade científica.

Porém a dificuldade em trabalhar com dados orbitais é que a escolha da data de obtenção dos produtos vai depender da ausência de nuvens na área de estudo. Exemplo ocorrido na realização dessa pesquisa, o mapeamento é de 2015, pois não foi encontradas imagens de boa qualidade para datas mais recentes. Além disso, existe a questão da escala, a qual se constitui em um obstáculo para uma análise mais detalhada, uma vez que, as imagens disponibilizadas gratuitamente ainda são de pequeno detalhamento, na escala de 1: 25.000.

O mapa de potencial de aquecimento foi construído com base em informações locais. Enquanto o mapa de temperatura de superfície faz generalizações com informações inferiores a 30 metros, o mapa de potencial leva em consideração informações com alto nível de detalhamento, na escala de 1:2000 (imagem aerofotográfica) e obtenção de dados locais na escala de 1:1 ( Google Street View). Porém mesmo com essa diferença considerável nos tipos de escalas, o resultado entre os mapas de potencial de aquecimento e o mapa de temperatura de superfície se mostrou correlato. Uma vez que o índice de correlação de Person apresentou uma equiparidade de 0,83, portanto satisfatório.

A utilização da modelagem matemática se mostrou eficiente no sentido em que foi capaz de integrar elementos presentes no meio urbano que de maneira nenhuma devem ser analisados separadamente. Como foi lucidamente ressaltado por Monteiro (2015) no enunciado 6. O modelo utilizado provou possuir consistência para ser adaptado a fim de ser replicado em diferentes cidades com especificidades térmicas além de ser viável a integração de outras informações e dados.

As variáveis escolhidas (massa construída, albedo, emissividade, fragmentos de vegetação) para compor o modelo matemático tiveram grande correspondência na criação de campos térmicos distintos. Nesse sentido ressalta-se a importância de políticas de planejamento na organização da ocupação urbana. Em áreas com alta densidade de ocupação deve se ter a preocupação com a manutenção ou criação de áreas verdes, aumentando o sombreamento, a própria adoção de coberturas mais frescas, são medidas que proporcionariam melhores níveis de conforto térmico a população.

Vale destacar que a utilização do Sistema de Informação Geográfica foi fundamental no processo de análise e geração dos mapas básicos, temáticos que facilitou a integração das informações de caráter quantitativo e qualitativo.

## CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.

AB´SABER, A. N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.

ALCOFORADO, M. J. ANDRADE, H. Clima e Saúde na Cidade. Implicações para o Ordenamento. 99-118, In Santana, P. et al. ed., **A cidade e a saúde**, Coimbra, 2007.

AMARAL, S. F; COSTA, M. L. P.M. A centralidade como questão no espaço urbano regional em cidades médias: o caso de Juiz de Fora, MG. **Anais dos Encontros Nacionais da Anpur**,2013.

AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, pg.65-82, 2005.

AMORIM, M. C. C. T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França).**Confins (Paris)**, v.7, p.1-16, 2009.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e Gestão do Espaço Urbano. **Mercator**, Ceará, p.71-90, dez. 2010.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de Calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol.6, p.57-78, Jun. 2010.

AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, A. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal.**Confins (Paris)**, v. 13, p. 1-18, 2011.

AMORIM, M.C.C. T. Análise da temperatura do ar e dos alvos: uma contribuição aos estudos de clima urbano. IN: SANT'ANNA NETO, J. L; AMORIM, M. C. C. T; SILVA, C. A (Orgs.). **Clima e Gestão do Território**. Paco editorial, Jundiaí, 2016.

ANACLETO, A. M. C. **Temperatura e sua medição**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, 2007.

ANGELO, J. R. **(Re) produção do espaço urbano de Juiz de Fora, MG e distribuição espacial da tuberculose**. Dissertação de Mestrado. Fiocruz, Rio de Janeiro, 2008.

ARAÚJO, C. M. A; FERREIRA, C. C. M. Percentual de Áreas Verdes Públicas em Juiz de Fora: Parques, Praças e Canteiros. **Revista de Geografia- Ppgeo**, v.6, n1, 2016.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.

ASSIS, D. C. **O Conforto Térmico Associado às Variáveis de Cobertura da Terra na Região Central de Juiz de Fora – MG**. Dissertação de Mestrado, UFJF, Juiz de Fora, 2016.

ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano no Município de Belo Horizonte na Perspectiva Têmporo-espacial**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

AMARAL, S. F; COSTA, M. L. P.M. A centralidade como questão no espaço urbano regional em cidades médias: o caso de Juiz de Fora, MG. **Anais dos Encontros Nacionais da Anpur**,2013.

AYOADE, J. O. **Introdução á Climatologia para os Trópicos**. 4ª edição, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BARROS,J. R; ZAVATTINI,J. A. Bases Conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator**,v.8,n.16,255-261,2009.

BARROS, K. A. R T. **Levantamento dos Fragmentos Florestais da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Ecologia da UFJF, Juiz de Fora, 2015.

BARBATO,L. F. T. O clima Tropical na história: relações de ambivalência. *Revista de Geografia Élisée*,v.4,n.1,p.68-90, Anápolis,2015.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Vozes, 1977.

BRITTO, M. C. **A Dinâmica da Violência: Análise Geográfica dos Homicídios Ocorridos em Juiz de Fora entre os anos de 1980 a 2012**. Dissertação de Mestrado, UFJF, Juiz de Fora, 2013.

CABRAL, P. **Breve História da Medição da Temperatura**. Laboratório de Metrologia-Instituto Eletrotécnico Português (IEP), Portugal, 1990.

CAVALCANTI, I F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. J; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, São Paulo 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Bluncher, 1999.

CORRÊA, R. L. **Região e Organização Espacial**. São Paulo, Ática, 2000.

COSTA, R. G. S; FERREIRA, C. C. M. Uma Análise da Vegetação Urbana nos Bairros Manoel Honório e Bairu, Juiz de Fora/MG.**Revista de Geografia- Ppgeo**, v.5,n6,2016.

COSTA, R. G. S. **Valores, Atitudes e Simbolismos: estudo da percepção dos frequentadores do Parque Mariano Procópio, Juiz de Fora, MG**. Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia, 2011.

DUARTE, A. L. M. **O Clima Urbano de Arouca - Da Teoria á Realidade**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto. Portugal, 2013.

FERREIRA, F. L.; PRADO, R.T.A. Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo,2003.

FERREIRA, C. C. M. Estudo do Comportamento Chuvoso em Juiz de Fora. **Revista Geonorte**, edição especial, p.953-963, Manaus, 2012.

FERREIRA, C. C. M. Modelo para Análise de Variáveis de Cobertura da Terra e a Identificação de Microclimas, em Centros Urbanos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, p.50-75, jan-jul, 2014.

FERREIRA, C. C. M; ASSIS, D. C. O mapeamento do albedo e análise de sua influência na caracterização de áreas urbanas. In: **Experimentos em Climatologia Geográfica**. 2014

FERREIRA, C. C. M. Probabilidade de ocorrência de veranicos no município de Juiz de Fora. **Anais do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000, v.1.

FIALHO, E. S. **Ilhas de Calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, Zona da Mata Mineira**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GARCIA, M. C. M. Una Propuesta de Terminologia Castellana em Climatologia Urbana. **Investigaciones Geográficas**, n 17, p. 89 -97, 1997.

GARCIA, F.F; ÁLVAREZ, D. R. Olas de calor e influencia urbana en Madrid y su área metropolitana. **Estudios Geográficos**,2008

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GEIGER, R. **The Climate Near The Ground**.Massachusetts University, Massachusetts,1950.

GERALDO, W. M. J. **A Reestruturação Urbana Pós-Fordista em Juiz de Fora**. Dissertação de Mestrado, UFF, Niterói, 2014.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. PNUD/FAO/IBDF – BRA/71/545, 1975.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GRIMMOND, C. S. B., 2006, Progress in measuring and observing the urban atmosphere.**Theoretical and Applied Climatology**, vol. 84, p. 3-22, 2006.

GRIMMOND, C.S.B., OKE, T.R. An evapotranspiration–interception model for urban areas.**Water Resources Research**, vol. 27, p. 1739-1755,1991.

GRIMMOND, C.S.B; OKE, T. R. Turbulent heat fluxes in urban areas: observations and a local scale urban meteorological parameterization scheme (LUMPS). **Journal Applied Meteorology**, vol. 41, p. 792–810, 2002.

GONZALES, M. E. P; RODRIGUEZ, M. P. G; ZABALLOS, A. G. Análises del Clima Urbano a partir de Imágenes de Satélite en el Centro Peninsular Español. **Anales de Geografía de la Universidad Complutense**, v.23 p.187-206, Espanha, 2003.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2001.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/>

IPPLAN/JF. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: IPPLAN, 2000.

JOHNSON, OKE, LYONS. Simulation of Surface Urban Heat Islands under “Ideal” Conditions at Night. Part 1: **Theory and Tests Against Field Data**.

LANDSBERG, H. E.. THE CLIMATE OF TOWNS. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 95-111, 1991. Tradução por AZEVEDO, R. T.

LIMA, A. P. Análise de impactos deflagrados pela precipitação em São Carlos/SP: uma abordagem através da mídia impressa. IN: SANT’ANNA NETO, J. L; AMORIM, M. C. C. T; SILVA, C. A (Orgs.). **Clima e Gestão do Território**. Paco editorial, Jundiaí, 2016.

LIU, W. T. H. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto**. 2 ed., Campo Grande: Uniderp, 2006.

LOPÉZ, A. O sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. **Territorium**, Lisboa, v.15, p.39-52, 2006.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1989.

MASCARÓ, L; MASCARÓ, J. **A Vegetação Urbana**. Porto Alegre: Hucitec, 2001.

MACHADO, P. J. O. Juiz de Fora: polarização e movimentos migratórios. **Geosul**, Florianópolis, v. 12, nº 23 p. 121-137, jan/jun, 1997.

MACHADO, P. J. O. **Diagnóstico Ambiental e Ordenamento Territorial: Instrumento para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa Chapéu D’Uvas - MG**. Tese de Doutorado, UFF, Niterói, 2012.

MARTINS, L. A. **A Temperatura do Ar em Juiz de Fora-MG: Influências do Sítio e da Estrutura Urbana**. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, Pós-Graduação em Geografia, 1996.

MASHIKI, M. Y. **Geoprocessamento na Identificação de Ilhas de Calor e Influência do Uso e Ocupação do Solo na Temperatura Aparente de Superfície de Botucatu/SP**. Dissertação de Mestrado, UNESP, Botucatu, 2012.

MASIERO, E; SOUZA, L. C. L. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 25-39, jul./set. 2013

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC(região metropolitana de Curitiba/PR). **RAÍGA**. n. 9, p. 25-35, 2005.

MENDONÇA, F. O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendências e desafios. In: MONTEIRO, C.A.F. & MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2013.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª ed., Viçosa: Editora UFV, 2007.

MONTAVÉZ, J. P; RODRIGUEZ, A; JIMENEZ, J.I. A study of the urban heat island of Granada. **International Journal of Climatology**, v.20 p.899-911,2000.

MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkion/Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997.

MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "clima urbano". **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 80-114, jan-jun, 1991.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, C.A. F. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia**, São Paulo: IGEOG/USP, n.1, 1971.

MONTEIRO, C.A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991. 241p.

MONTEIRO, C. A. F. A; SANT'ANNA NETO, J. L; MENDONÇA, F. A; ZAVATTINI, J. A. **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas, Editora: Alínea, 2015.

NAKATA, C. M; SOUZA, L. C. L; RODRIGUES, D. S. Geometria urbana e ilha de calor noturna: análise baseada em um modelo numérico. **Repositorium Minho**, n.8, junho, 2015.

NOVO E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed., São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2008.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano**. Curitiba, Editora: Humanitas, 2008.

OLIVEIRA, C. S; OLIVEIRA, D. E; ASSIS, D. C; FERREIRA, C.C.M. Diferenças térmicas ocasionadas pela alteração da paisagem natural em um cidade de porte médio-

Juiz de Fora, MG. **Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física**, Dourados, MS, 2010.

ORTIZ, G.F. **O Clima Urbano de Cândido Mota: Análise do Perfil Térmico e Higrométrico em Episódios de Verão**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia da Faculdade de Ciência e Tecnologias. Presidente Prudente, 2011.

OKE, T. R. City Size and the Urban Heat Island. **Atmospheric Environment**, vol.7, p.769-779. Great Britain, 1973.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Taylor & Francis e-Library. 2ª ed. Vancouver, 1987.

OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical and Applied Climatology**, Austria, p. 179-190, March, 2005.

OKE, T. R.; MAXWELL, G. B. Urban Heat Island Dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, v.9 p.1991-200, Great Britain, 1974.

TOLEDO, L. G.; OVALE, I. I. **Estatística Básica**. 2 edição, Atlas, 1981.

PÉDELABORDE, P. Introduction à l'étude scientifique du climat. Paris: SEDES, 1970.

PIMENTEL, F.O; GAIO, G.D; FERREIRA, C.C.M. Variação espacial da temperatura do ar em Juiz de Fora. **Anais do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Goiás, 2016.

PIRES, E. G; FERREIRA JÚNIOR, L.G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, 2015.

POLIZEL, J. L. **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba, SP**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5 ed., Uberlândia: Editora UFU, 2003.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001.

SANT'ANNA NETTO, J. L. Decálogo da Climatologia no Sudeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v1, n.1, p.43-60, 2005.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, p. 45-60, 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. As Matrizes da Construção da Climatologia Geográfica Brasileira. IN: MONTEIRO, C. A. F. A; SANT'ANNA NETO, J. L; MENDONÇA, F. A; ZAVATTINI, J. A. **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas, Editora: Alínea, 2015.

SANT'ANNA NETO, J. L.; AMORIM, M. C. C. T.; SILVA, C. A (Orgs.). **Clima e Gestão do Território**. Paco editorial, Jundiaí, 2016.

SANT'ANNA NETO, J. L.; RAMPAZZO, C. R. Geoindicadores urbanos para o estudo dos processos termodinâmicos do clima das cidades de pequeno e médio porte. IN: SANT'ANNA NETO, J. L.; AMORIM, M. C. C. T.; SILVA, C. A (Orgs.). **Clima e Gestão do Território**. p.7-32, Paco editorial, Jundiaí, 2016.

SANTOS, A. R. et al. **Sensoriamento Remoto no ArcGis 10.2.2 Passo a Passo: Processamento de Imagens Orbitais** – Volume 1. Alegre: Caufes, 2014.

SOUZA, S. B.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **Raega**, v.26, p.75-99. Departamento de Geografia, UFPR, 2012.

SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEIKE, E. T. **Experimentos em Climatologia Geográfica**. UFGD, Dourados, 2014.

SILVA, C. A. Estudos e Técnicas de pesquisa de Clima Urbano com foco no subsistema físico-químico, novos instrumentos, novas possibilidades. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; AMORIM, M. C. C. T.; SILVA, C. A (Orgs.). **Clima e Gestão do Território**. p.7-32, Paco editorial, Jundiaí, 2016.

SILVA, R. A. **S.Geografia e habitação social: A política habitacional e os expedientes da (re) produção da cidade capitalista em Juiz de Fora – MG**. Dissertação de Mestrado, UFJF, Juiz de Fora, 2014.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. In: *Traité de climatologie biologique et medicale*, Paris, 1934. Tradução de Conti, J.B. **Revista do Departamento de Geografia**, 2006.

SOUZA, A. M. M. R. **O Clima Urbano do Porto**: Contribuição para a definição de estratégias de planejamento e ordenamento do território. Tese de Doutorado. Flup, Porto, outubro de 1993.

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

STEWART, I. D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. **International Journal of Climatology**, 2010.

STEWART, I.; OKE, T. Classifying urban climate field sites by “Local climate zones”: the case of Nagano, Japan. In: **The seventh International Conference on Urban Climate**. Japan, 2009.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. Os climas na cidade de São Paulo. Departamento de Geografia. FFLCH-USP. **GEOUSP**, n. 4, 2001, 199 p.

TASCA L. **As Contradições e Complementaridades nas Leis Urbanas de Juiz de Fora: dos planos aos projetos de intervenções**. Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Modelagem da ilha de calor urbana para cidade pequena (Rancharia-SP) a partir de imagens do satélite Landsat 7 e de medidas da temperatura do ar. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, João Pessoa, 2015.

TSO, C. P. et al. An improvement to Energy Balance Model for Urban Thermal Environment Analysis. **Energy and Buildings**, n. 14, p. 143-152, 1990.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima e Planejamento Urbano na cidade de Jales- SP**. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geografia da Faculdade de Ciência e Tecnologias. Presidente Prudente, 2011.

USGS. **Serviço Geológico dos Estados Unidos**. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>> Acesso em: Janeiro de 2016.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, PB, março, 2006.

VELOSO, H. P.; GOES FILHO, L. **Fitogeografia brasileira, classificação fisionômica ecológica da vegetação neotropical**. Projeto RADAMBRASIL. IBGE, Salvador, 1983.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M.C.C. T. Caracterização do Clima Urbano em Teodoro Sampaio- SP. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, 20 (2): 19-42, dez. 2008

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal Remote Sensing of Urban Climates. **Elsevier Science Journals**, p.370-384, dez.2002.

VOOGT, J. A. Urban Heat Island, Causes and consequences of global environmental change. **Encyclopedia of Global Environmental Change**, vol. 3, pp.660-666,2002

ZAVATINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque e a Noção de Ritmo Climático. **Revista Geografia**. Rio Claro, v. 23, n. 3, p. 5-24, 1998.

ZAVATTINI, J. A. O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, 2000.

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica** teoria e prática de pesquisa. Campinas: Alínea, 2013.