

CAMPOS TÉRMICOS URBANOS: ESTUDO DE CASO NA ZONA SUL DA CIDADE DE JUIZ DE FORA-MG, A PARTIR DE UM MODELO GEOESPACIAL

URBAN THERMAL FIELDS: A CASE STUDY IN THE SOUTH ZONE OF THE CITY OF JUIZ DE FORA-MG, FROM A GEOSPACIAL MODEL

MICHAELA CAMPOS E SILVA

Universidade Federal de Juiz de Fora/ICH – Rua Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário
São Pedro – Juiz de Fora – MG-CEP: 36036-900
E-mail: michaelacampos2010@gmail.com

THIAGO ALVES DE OLIVEIRA

Universidade Federal de Juiz de Fora/ICH – Rua Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário
São Pedro – Juiz de Fora – MG-CEP: 36036-900
E-mail: thiagooliveirageo2014@yahoo.com.br

YAN CARLOS GOMES VIANA

Universidade Federal de Juiz de Fora/ICH – Rua Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário
São Pedro – Juiz de Fora – MG-CEP: 36036-900
E-mail: yan.vianna@ufjf.edu.br

CÁSSIA DE CASTRO MARTINS FERREIRA

Universidade Federal de Juiz de Fora/ICH – Rua Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário
São Pedro – Juiz de Fora – MG-CEP: 36036-900
E-mail: cassia.castro@ufjf.edu.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
Novembro/2018
Data de Aprovação:
Dezembro/2018

Resumo

O artigo objetivou analisar o campo térmico em três regiões urbanas da cidade de Juiz de Fora-MG, com tipos de uso e ocupação diferenciados. A metodologia utilizada foi o modelo geoespacial de potencial térmico, baseado na análise das variáveis de cobertura da terra e geoambientais, proposto por Ferreira (2014). O modelo utilizado trabalha com 5 classes de potencial de aquecimento, desde o baixíssimo potencial de aquecimento ao altíssimo potencial. A partir da aplicação do

modelo áreas de maior adensamento se caracterizaram com alto potencial de aquecimento e áreas no qual prevaleceram a cobertura vegetal um baixo potencial de aquecimento, estes resultados foram confirmados pelo mapeamento da temperatura de superfície.

Palavras-chave: clima urbano, temperatura de superfície, modelo geoespacial.

Abstract

The article aimed to analyze the thermal field in three urban regions of the city of Juiz de Fora-MG, with different types of use and occupation. The methodology used was the geospatial model of thermal potential, based on the analysis of the variables of land cover and geoenvironmental, proposed by Ferreira (2014). The model used works with 5 classes of heating potential, from the extremely low heating potential to the very high potential. Since the application of the model higher density were characterized with high heating potential and areas which the vegetation cover prevailed a low heating potential, these results were confirmed by the surface temperature mapping.

Keywords: urban climate, surface temperature, geospatial model.

1- Introdução

O processo de urbanização no Brasil ocorreu de maneira rápida e desigual, bem como destituído de perspectivas de planejamento, o desenvolvimento das cidades resultou na formação de espaços com consideráveis disparidades socioeconômicas e de elevada degradação socioambiental (MENDONÇA, 2003).

Devido às transformações realizadas pelo homem na cidade, o ritmo e magnitude da produção e armazenamento de calor são profundamente alterados e diferenciados daquele da zona rural (BRANDÃO, 1996). As instalações industriais, a circulação de veículos automotores, a retirada da cobertura vegetal, o revestimento dos solos e a pavimentação de vias de circulação, as modificações na topografia são algumas das interferências no sítio original, que alteram o balanço energético e o balanço hídrico da cidade e acabam por gerar ambientes climáticos, que podem ser, inconvenientes ao pleno desempenho das funções urbanas (BRANDÃO, 1996).

Dessa forma, a cidade gera, um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, a qualidade do ar, aos impactos pluviais e outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes (MONTEIRO, 1976).

Diversos estudos, como Amorim (2015), que investigou as ilhas de calor na cidade de Presidente Prudente, constataram que na cidade onde os estudos foram realizados as intensidades e magnitudes do fenômeno dependem da combinação das características geoambientais e urbanas dos diferentes sítios e dos sistemas atmosféricos atuantes.

A formação do clima urbano e a definição das anomalias térmicas no espaço urbano estão muito atreladas aos diferentes tipos de uso da terra, bem como dos diferentes tipos de cobertura. Para a análise das diferenças de temperatura do ar na área urbana devem ser levados em conta alguns fatores, como: a geometria urbana, a topografia e o sítio urbano, a rugosidade, o albedo, a emissividade, a massa construída, e como fatores de atenuação das temperaturas do ar e de superfície devem ser levados em conta a vegetação e os corpos hídricos (PIMENTEL, 2017).

Com relação à geometria urbana, Pimentel (2017, p. 53) aponta que

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.

Quando ocorre a presença de edificações enfileiradas ao longo de ambos os lados de uma via esta disposição caracteriza a formação de um cânion urbano. Eles podem ser medidos pela relação entre a altura das edificações e a largura da via. Os cânions são importantes, pois atuam

na canalização dos ventos, no sombreamento da superfície, na retenção da radiação e assim como na maior retenção de poluentes, pois dificultam sua dispersão, favorecendo a acumulação nestes ambientes. Normalmente conformam microclimas com temperaturas do ar mais elevadas (OKE, 1981),

A rugosidade está relacionada com a variação das alturas dos edifícios e superfícies horizontais, relacionando-se também com a circulação dos ventos (SANT'ANNA NETO e RAMPAZZO, 2016).

Segundo Fialho (2009) a topografia e o sítio urbano vão influenciar no balanço de energia em escala local, nesse sentido a orientação e a inclinação das vertentes, bem como a posição geográfica vão atribuir diferentes características térmicas a esses ambientes. Logo vertentes orientadas para o Norte no Hemisfério Sul, recebem mais radiação solar, quando comparadas com as demais orientações.

As variações nos tipos de uso e ocupação da superfície vão repercutir em uma diversidade de materiais que irão compor a superfície urbana, nesse sentido no espaço urbano podem ser encontrados diferentes condições de albedo e emissividade. O que repercutirá nas temperaturas de superfície e do ar urbanas, pois quanto menor o albedo e emissividade, maior será o potencial daquela superfície em aquecer e assim aquecer o ar do seu entorno (ASSIS, 2016).

A massa construída interfere na temperatura da superfície e do ar, pois provoca um “desequilíbrio do balanço de energia, pois é responsável pela estocagem de grande parte da radiação solar incidente, podendo ser potencializada pelos diferentes tipos de materiais utilizados nas construções” (PIMENTEL, 2017, p. 61).

Destacamos ainda a vegetação e os corpos hídricos como importantes para a atenuação das temperaturas de superfície e do ar. No caso da vegetação, Rocha et al (2011), apontam que a retirada e conseqüente diminuição das áreas verdes e dos corpos hídricos nas cidades, diminuem os processos de evapotranspiração e, portanto, elevam o ganho de calor sensível.

Na tentativa de estabelecer um modelo que permitisse integrar dados de superfície, dados climáticos e uma análise geoespacial, Ferreira (2014) trabalhou com um modelo geoespacial, no qual integrou um conjunto de mapas temáticos associados a uma matriz de notas, dadas em função do potencial térmico de cada variável. Destacando a influência dos fatores de uso e ocupação da terra e geoambientais na configuração do campo térmico das cidades. Este modelo permitiria “[...] criar simulações, cenários prospectivos e classificar a área em unidades” (FERREIRA, 2014, p.58).

Pimentel (2017) analisou o comportamento térmico de 35 regiões urbanas da cidade de Juiz de fora, no qual aplicou o modelo Geoespacial baseado em Ferreira, (2014), no qual estabeleceu um conjunto de variáveis que poderiam influenciar na temperatura do ar, indicando a capacidade daquele ambiente e seu potencial de aquecimento. Depois validou o modelo, com investigações de campo utilizando dados de estações de superfície e imagens termais. Concluindo a existência de ilhas de calor de superfície tendo uma amplitude térmica de 12,3° C.

Vianna (2018) utilizou e adaptou o modelo de potencial térmico, baseado em Ferreira (2014) para a cidade de Ubá-MG, levantou as variáveis que influenciam na alteração da temperatura do ar, como albedo, emissividade, massa construída, vegetação, impermeabilização, topografia e fator de visão do céu, para executar o mapa de potencial térmico. Usou os dados de temperaturas do ar, noturno e diurno, e temperaturas de superfícies para validar a resposta encontrada na aplicação do modelo. Constatando a presença de uma ilha de calor no interior da cidade com intensidade superior a 6°C sob a influência da MTA, além de destacar uma boa resposta com relação ao uso do modelo para identificar áreas potencialmente mais quentes ou frias.

Desta forma o presente trabalho objetivou analisar a partir do modelo Geoespacial as áreas com maior potencial de aquecimento, e verificar seu resultado a partir do mapeamento da temperatura de superfície.

2.2- Caracterização das regiões urbanas

No presente estudo foram analisadas 3 regiões urbanas da Zona Sul da cidade de Juiz de Fora (Figura 1), são elas Santa Luzia, Ipiranga e São Geraldo. Dessa forma, as Regiões urbanas (Rus) constituem-se, como uma unidade de planejamento, sendo o conceito de unidade espacial atualmente usado pela Prefeitura de Juiz de fora (PJF, 2004).

Segundo Tasca (2010, p. 69) com relação à região Sul, “as áreas mais próximas ao centro apresentam ocupação mais adensada, tornando-se menos compacta à medida que se avança para os limites do município”. Os dados populacionais dessas regiões urbanas corroboram com a colocação de Tasca (2010), pois as RUs mais próximas ao centro, no caso Santa Luzia e Ipiranga, são bem mais populosas que a região urbana São Geraldo (Tabela 1).

Tabela 1
Evolução da população nas Regiões Urbanas- 1991-2010

Região urbana	Censo 1991	Contagem 1996	Censo 2000	Censo 2010
Santa Luzia	11922	12818	13737	14100
Ipiranga	12640	13222	14872	16045
São Geraldo	830	1059	2087	4227

Fonte: Prefeitura de Juiz de Fora-PJF; Organizado pelos autores

As três regiões urbanas têm características residenciais, porém a RU Santa Luzia e Ipiranga apresentam-se mais adensadas em função de uma ocupação mais antiga em relação à outra RU (São Geraldo), a RU São Geraldo apresenta uma concentração de conjuntos habitacionais, principalmente ligados ao programa “Minha Casa Minha Vida”, o que repercutiu em um aumento populacional nos últimos anos (Tabela 1).

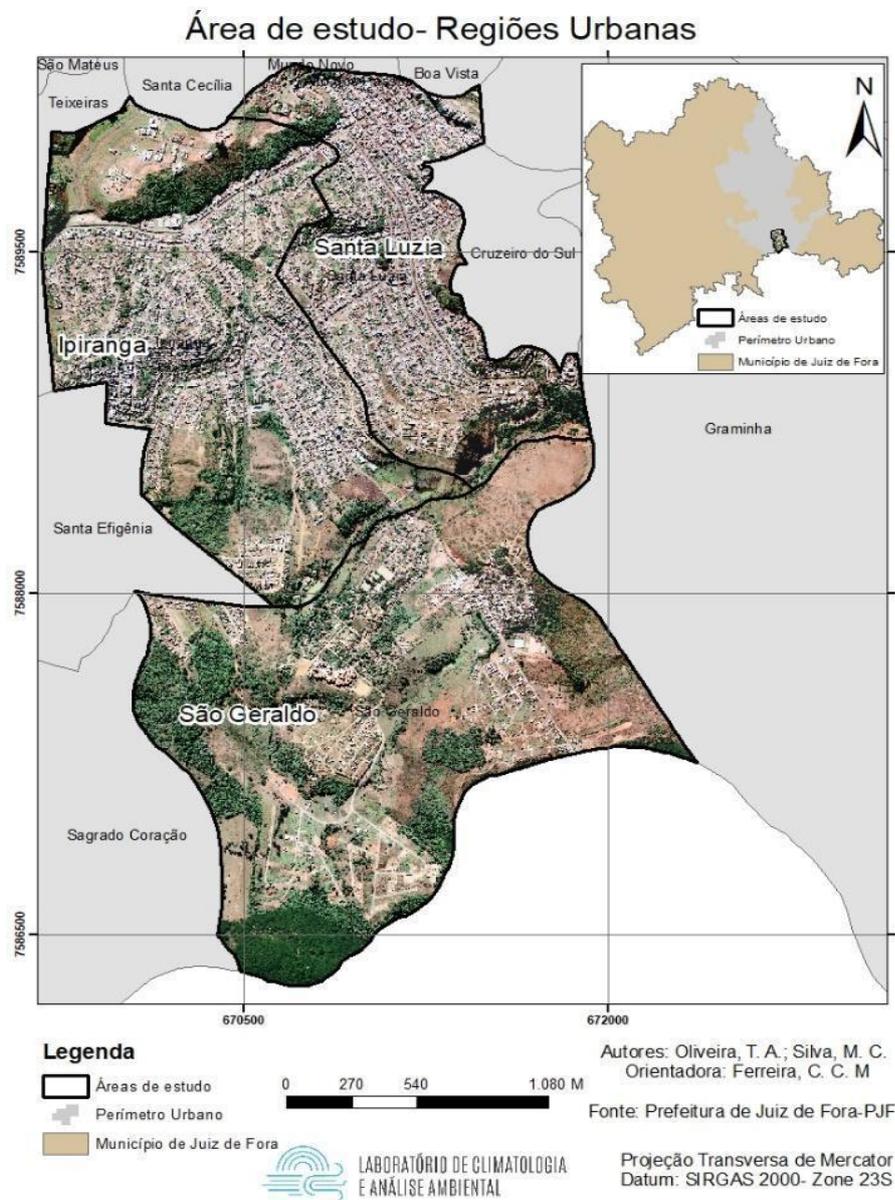


Figura 1: Área de estudo regiões urbanas: Santa luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora-MG.

Fonte: Organizado pelos autores.

3-Materiais e métodos

A metodologia do trabalho consistiu em 5 etapas, que serão discriminadas a seguir.

A primeira etapa baseou-se no levantamento bibliográfico acerca das discussões inerentes ao clima urbano e às metodologias empregadas neste trabalho, dentre elas destaca-se Oke (1981), Monteiro (2003), Gartland (2010), Ferreira e Assis (2014), Ferreira (2014), Assis (2016), Pimentel (2017), Vianna (2018).

A segunda parte foi realizado um levantamento de dados geoespaciais referentes a cada lote das regiões urbanas analisadas, sendo os dados trabalhados em ambiente do *Arc Gis 10.2.2*.

Os dados foram cadastrados na tabela de atributos dos respectivos arquivos de *shapes*, com informações referentes ao tipo de cobertura, utilizando a mesma classificação utilizada por Pimentel (2017) e ao número de pavimentos, no qual foram colocados o número exato de pavimentos do lote, sem contar terraços, coberturas e sobrelojas (Figura 2).

Com o auxílio do *Google street view* cada lote foi cadastrado, e no caso de ruas em que o *street view* não registrou a imagem a nível da rua, o levantamento foi feito em campo, com a base de lotes impressa em papel, os dados foram anotados seguindo a mesma estrutura, e posteriormente foram repassados para a tabela de atributos.



Figura 2: Levantamento de dados a partir do *Street View*. Fonte: Google Earth Pro- Organizado pelos autores

Após o levantamento das informações dos 7240 lotes que compõem a área de estudo, iniciou-se a terceira fase do trabalho, na qual foram construídos os mapas básicos e os mapas temáticos, sendo eles os mapas de altimetria, orientação das vertentes, albedo, emissividade, altura das edificações, vegetação e corpos hídricos.

Ainda nessa fase, para a confecção dos mapas de altimetria e orientação de vertentes foi utilizado o levantamento de curvas de nível realizado pela Prefeitura de Juiz de Fora-PJF com equidistância de 5 metros. A altimetria foi gerada pela ferramenta *tin create* no grupo de ferramentas do *3d Analyst*. O mapa de orientação das vertentes foi confeccionado a partir da ferramenta *Aspect*.

Os mapas de albedo e emissividade foram feitos a partir de uma classificação baseada em valores estabelecidos na tabela de atributos de cada lote, conforme Pimentel (2017), nesse momento, os lotes foram selecionados pela ferramenta *Select by attributes* de acordo com cada tipo de cobertura, e em outros 2 campos da tabela de atributos os dados de albedo e emissividade foram atribuídos, pela ferramenta *field calculator*.

O mapa de altura das edificações levou em conta o número de pavimentos da construção presente em cada lote, sendo que adotou-se uma altura média de 3,0m para cada pavimento.

O mapa de vegetação teve como base o levantamento de vegetação de Araújo (2014) e Barros (2015) além de uma vetorização manual das áreas com vegetação rasteira, pastagem e solo exposto, não contempladas nos mapeamentos anteriores, a vetorização se deu a partir da imagem de aerolevanteamento realizado pela Prefeitura de Juiz de Fora- PJF em 2007 e imagens do *Google Earth*, datadas de 2016 e 2017, para atualização dos dados.

De posse dos mapas temáticos de albedo, emissividade, impermeabilização do solo, altura das edificações e cobertura vegetal, prosseguiu-se para a quarta fase, a construção do mapa de potencial de aquecimento. Cada mapa temático foi transformado em raster a partir da ferramenta de conversão *polygon to raster*, com pixel de 1m, para que estes pudessem posteriormente ser reclassificados, a partir da ferramenta *reclassify*. Adotando a metodologia proposta por Ferreira (2014, p.60), “todos os mapas foram classificados em 5 classes, posteriormente, foram associados valores numéricos de acordo com o grau de influência no comportamento da temperatura”. Conforme apresentado nos Quadro 1, 2, 3 e 4 adaptados de Vianna (2018).

Quadro 1:

Variáveis e pesos no potencial de aquecimento para o albedo e a emissividade.

Albedo e Emissividade				
Tipo de Cobertura				
	ALBEDO	PESO	EMISSIVIDADE	PESO
Fibrocimento	0,34	3	0,9	2
Telha Cerâmica	0,53	2	0,9	2
Telha Metálica	0,57	2	0,25	5
Laje	0,35	3	0,9	2
Pavimentação				
Asfalto	0,12	5	0,95	1
Pedra Lascada	0,33	3	0,95	1
Vegetação				
Vegetação Arbórea	0,2	5	0,98	1
Vegetação Rasteira	0,16	5	0,9	2
Solo Exposto	0,35	3	0,9	2
Água	0,1	5	0,95	1

Fonte: Adaptado de Vianna (2018), organizado pelos autores.

Quadro 2:

Variáveis e pesos no potencial de aquecimento para a impermeabilização.

Impermeabilização	Peso
Construído/ Impermeável	5
Calçamento de Pedra/	4
Permeável	0

Fonte: Adaptado de Vianna (2018), organizado pelos autores.

Quadro 3:

Variáveis e pesos no potencial de aquecimento para a altura das edificações.

Altura das edificações	Peso
1m a 3m	1
3,1m a 9m	2
9,1m a 18m	3
18,1m a 33m	4
33,1m a 60 mm	5

Fonte: Adaptado de Vianna (2018), organizado pelos autores.

Quadro 4:

Variáveis e pesos no potencial de aquecimento para a vegetação e a água

Vegetação e Água	Peso
Água	-3
Vegetação Arbórea	-3
Vegetação Rasteira	1
Solo Exposto	4

Fonte: Adaptado de Vianna (2018), organizado pelos autores.

Com os mapas temáticos reclassificados, a partir da ferramenta *raster Calculator* foi gerado o *raster* com a soma do potencial de aquecimento para a área de estudo, conforme estabelecido por Ferreira (2014, p. 61)

É gerado um mapa síntese, que representa o grau que o ambiente físico/ construído tem de influenciar na temperatura, denominado mapa de pesos, no qual, com a soma de todos os mapas, quanto maior for o peso, maior será as condições do ambiente em produzir temperaturas mais elevadas e quanto menor, as temperaturas tenderiam a ser mais baixas (FERREIRA, 2014, p. 61).

Na quinta fase prosseguiu-se com o mapeamento da temperatura de superfície, a aquisição das imagens foi realizada a partir do site *Earth Explorer*, vinculado ao Serviço Geológico dos Estados Unidos- USGS (Sigla em inglês), a partir disso, foram utilizadas equações para a obtenção dos valores de temperatura de superfície. As equações foram trabalhadas a partir da ferramenta *raster Calculator*, disponibilizadas por Santos et al (2014).

$$L\lambda = M L * Q \text{ Cal} + A L \quad (\text{Equação 1})$$

$L\lambda$ = Radiância Espectral no topo da atmosfera

$M L$ = Fator de multiplicação reescalado da reflectância para a banda 10 no valor de 0.00033420

$Q \text{ Cal}$ = Número digital do pixel

$A L$ = Fator aditivo reescalado da radiância para a banda 10 no valor de -0,1.

$$\text{Trad} = K2/\ln (K1/Ly+1) \quad (\text{Equação 2})$$

Trad = Temperatura de brilho de sensor ou temperatura radiante (K)

$K1$ e $K2$ = representam as constantes de calibração das imagens, $K1= 666 \text{ W/ m}^2 \text{ srm}$

L_y = a radiância espectral no topo da atmosfera em 666 W/ m² srm

Após o resultado das duas primeiras equações, foi subtraído 273 do valor final para fazer a conversão de Kelvin para Graus Celsius (°C). A imagem utilizada é datada no dia 22/12/2018 e obtida através do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey-USGS), sendo que para Juiz de Fora-MG o imageamento ocorre por volta das 10 horas da manhã, no horário local.

4-Resultados e discussão

A análise realizada a partir do levantamento dos dados de cobertura das edificações (Quadro 5), demonstra que na área estudada os tipos Laje e Telha Metálica aparecem respectivamente entre as coberturas mais utilizadas. Conforme destacado por Pimentel (2017) a telha metálica, devido às suas características de albedo e emissividade, tem maior capacidade de emitir radiação para as áreas adjacentes, e no caso da Laje, esta armazena calor com mais facilidade, dentre os tipos de cobertura analisados.

Quadro 5

Tipos de cobertura e o número de lotes.

Região Urbana	Não se aplica	Fibrocimento	Telha Cerâmica	Telha Metálica	Laje
Sta. Luzia	409	173	356	919	809
Ipiranga	911	249	172	912	1110
S. Geraldo	495	38	180	148	358

Fonte: Organizado pelos autores.

Na (Figura 3) é possível notar a proporção dos tipos de cobertura dentre as Regiões Urbanas analisadas, sendo possível a partir disso, na (Figura 4), observar o albedo dessas coberturas. Dessa forma, deve-se destacar que mesmo tendo um elevado albedo, as telhas metálicas têm uma baixa emissividade o que influencia no seu potencial de armazenamento do calor. Segundo Gartland (2010) estas sob radiação solar incidente podem atingir entre 50 e 70°C.

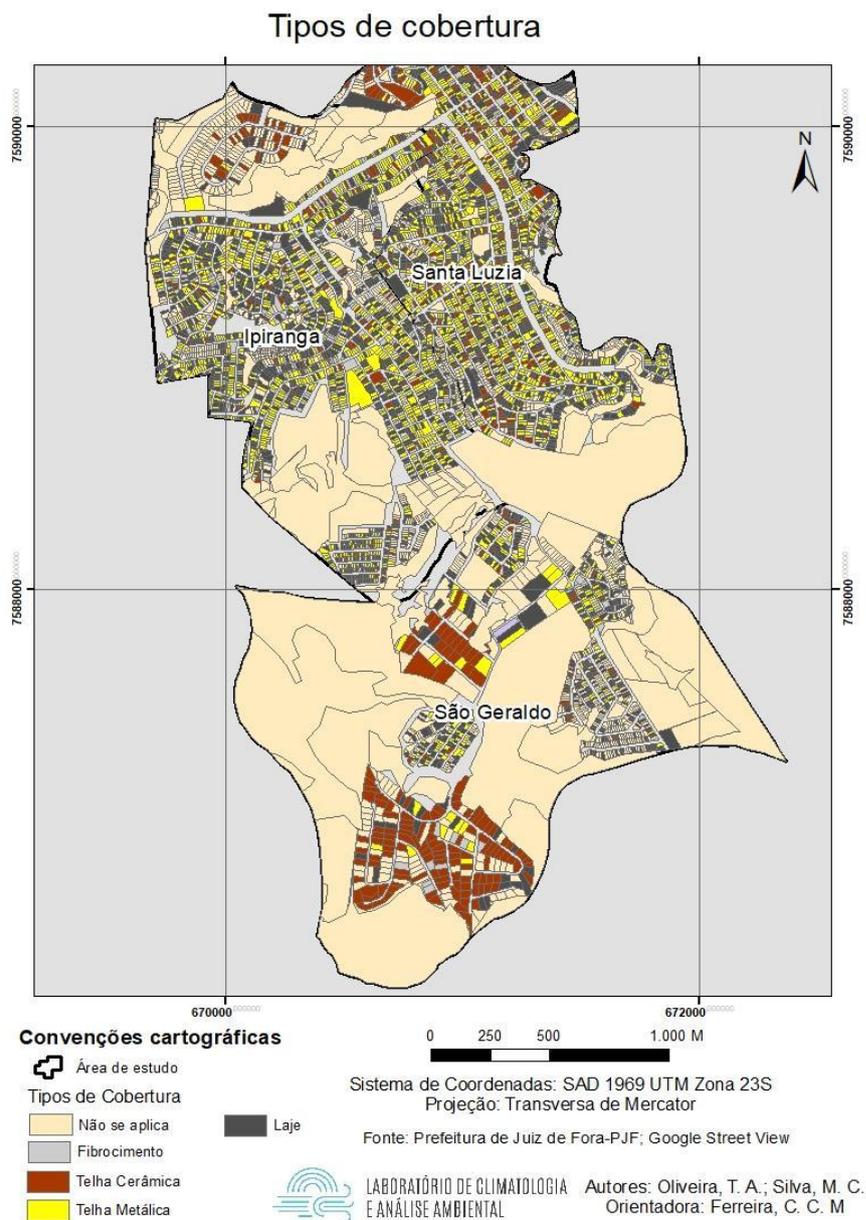


Figura 3: Espacialização dos tipos de cobertura nas Rus Santa luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora-MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

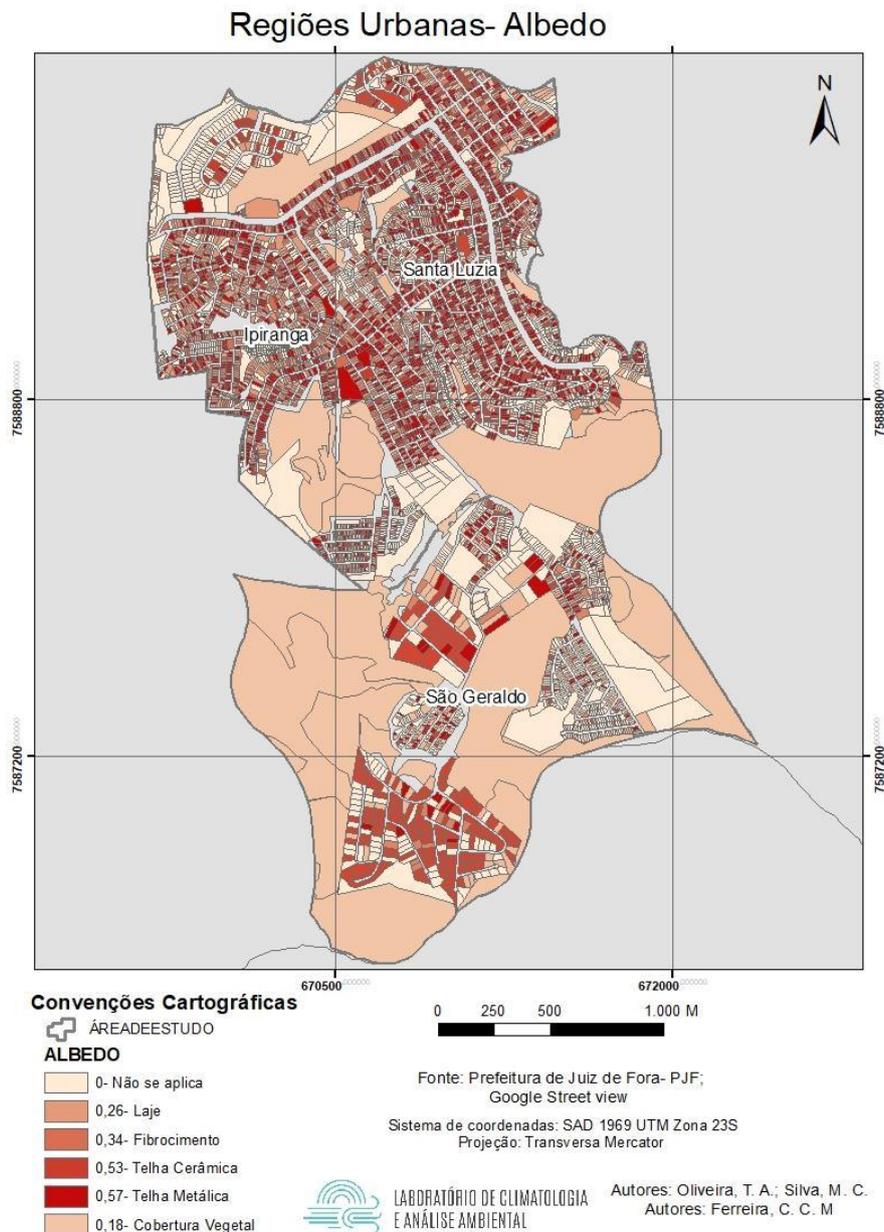


Figura 4: Mapa de albedo para as Rus Santa Luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora-MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Com relação às áreas permeáveis e/ou vegetadas, através da Tabela 2 é possível notar a porcentagem de área permeável por região urbana, sendo que estão foram consideradas além da cobertura vegetal, a porções de solo exposto bem como lagos/ represas. A Região Urbana São Geraldo tem a maior proporção de área permeável, ou sem construções, com 69,8%, seguida pela RU Ipiranga, com 35,1%, e Santa Luzia, com apenas 18,4%.

Tabela 2

Área permeável por região urbana

Região Urbana	% de área permeável
Santa Luzia	18,4
Ipiranga	35,1
São Geraldo	69,8

Fonte: Organizado pelos autores.

Nas Figuras 5 e 6 estão diferenciados os tipos de cobertura da terra por Região Urbana, sendo que a Região Urbana São Geraldo tem a maior proporção de área vegetada, dentre as RU's analisadas, com 55% de sua área total cobertas por vegetação rasteira e arbórea, o que repercute em mais de 50% da área caracterizadas com baixíssimo e baixo potencial de aquecimento (Figuras 8 e 9). Além disso encontram-se 14,1% da área com solo exposto, sendo que estas porções se comportam com um médio potencial de aquecimento (Figura 8) e registram temperaturas de superfície mais elevadas (Figura 10).

Na RU Ipiranga os 35,1% de área permeável estão divididos principalmente entre a cobertura vegetal, no entanto estas representam apenas 28,4% da área total. No caso da RU Santa Luzia, esta tem a menor área permeável, sendo que apenas 15% da área é coberta por vegetação rasteira/arbórea, devido a este caráter de ocupações mais adensadas, foi a RU que apresentou maior porcentagem de classes médio alto e altíssimo potencial de aquecimento (Figura 9) e com isso, temperaturas de superfície mais elevadas.

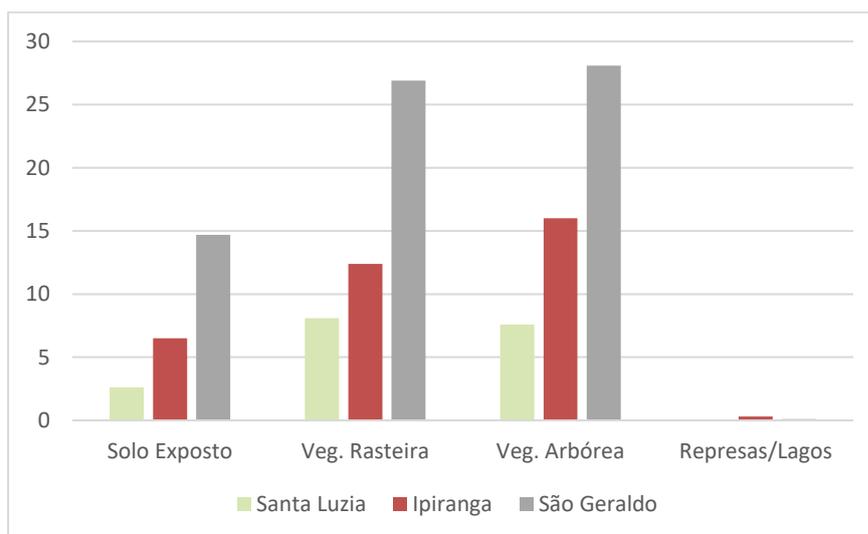


Figura 05: Porcentagem dos tipos de cobertura da terra por RU. Fonte: Organizado pelos autores.

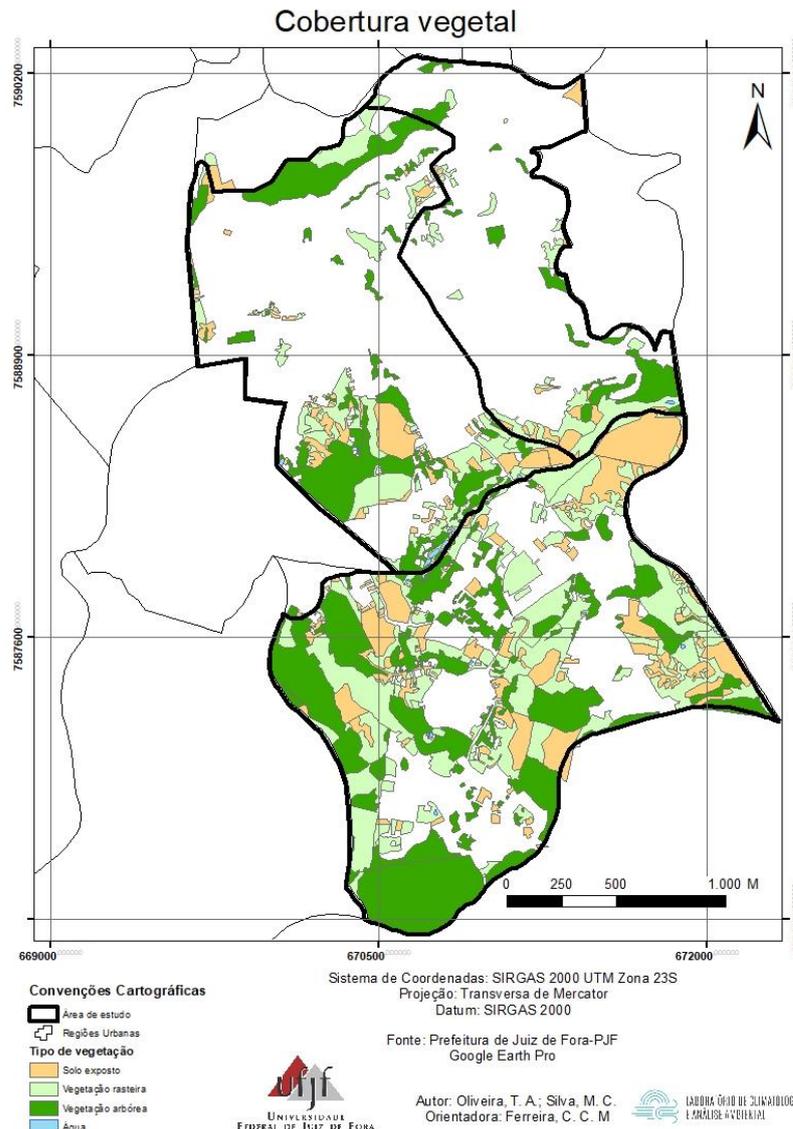


Figura 06: Cobertura vegetal nas Rus Santa Luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora- MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Por se tratar de Regiões Urbanas residenciais, na maior parte da área observa-se edificações inferiores a 10 metros ou que não ultrapassem os 3 pavimentos. Há um baixo percentual de edifícios nas RU's Santa Luzia e Ipiranga, mas na RU São Geraldo verifica-se uma maior concentração, principalmente associados a conjuntos habitacionais do Minha Casa Minha Vida.

Com relação à altura das edificações (Figura 7), pode-se destacar que nas RU's Santa Luzia e Ipiranga mesmo tendo construções mais horizontais, estas ocupam, em grande medida, a totalidade dos lotes, quando que na RU São Geraldo, os lotes são maiores, sendo assim, preservam-se ainda áreas permeáveis e com presença de vegetação (Figuras 1 e 6).

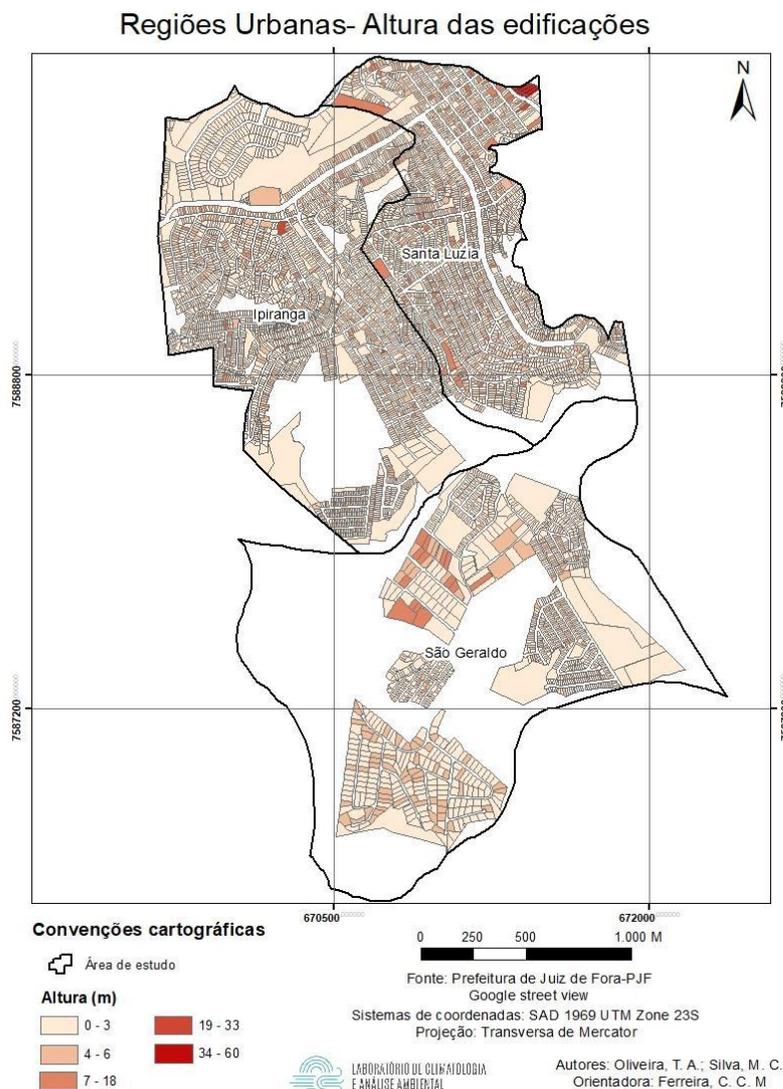


Figura 07: Altura das edificações nas Rus Santa luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora-MG.
Fonte: Organizado pelos autores.

Como pode ser observado nos mapas de tipos de cobertura, albedo e altura das edificações (Figuras 3, 4 e 6), apresentam uma grande diversidade de materiais em superfície. Nas porções de ocupação mais adensada nota-se uma concentração de áreas com potencial de aquecimento mais elevado (Figura 10), principalmente médio e alto potencial, a classe altíssimo potencial não teve grande expressão espacial, isso em função dos bairros serem predominantemente residenciais e apresentar uma baixa verticalização (Figura 8).

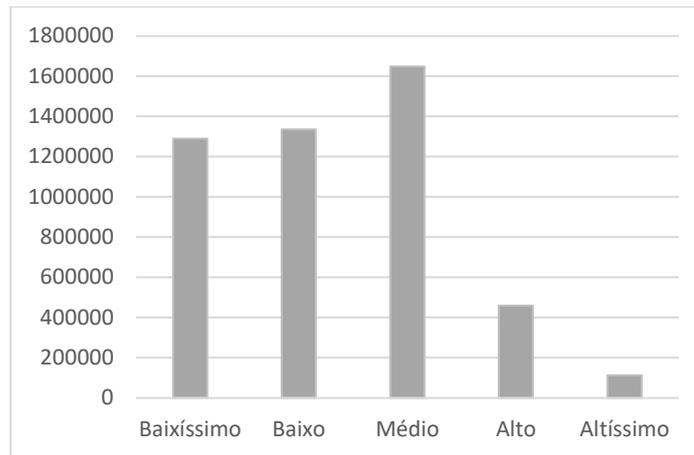


Figura 08: Número de pixels por classe na área de estudo. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Na RU Santa Luzia, tem-se o maior adensamento urbano, e a menor proporção de cobertura vegetal, representando proporcionalmente a Região Urbana com maior número de pixels nas classes de médio, alto e altíssimo potencial de aquecimento, como pode ser visto nas Figuras 09 e 10.

A Região Urbana Ipiranga tem uma maior proporção de pixels nas classes baixíssimo e baixo em comparação com a RU Santa Luzia, em função de maiores áreas permeáveis e ou vegetadas, no entanto as classes médio, alto e altíssimo ainda representam mais de 60% da área total (Figura 09).

No caso da Região Urbana São Geraldo, as ocupações são menos adensadas, predominando proporcionalmente o baixíssimo e baixo potencial de aquecimento, sendo que as porções com alto e altíssimo potencial de aquecimento ficaram por conta dos edifícios e conjuntos habitacionais, mais verticalizados, que somam menos de 10% da área total. Enquanto que as porções com médio potencial de aquecimento representaram pouco mais de 30 % da área, se concentrando em áreas de ocupação residencial horizontalizada e vertentes com vegetação rasteira esparsa e ou solo exposto (Figuras 9 e 10).

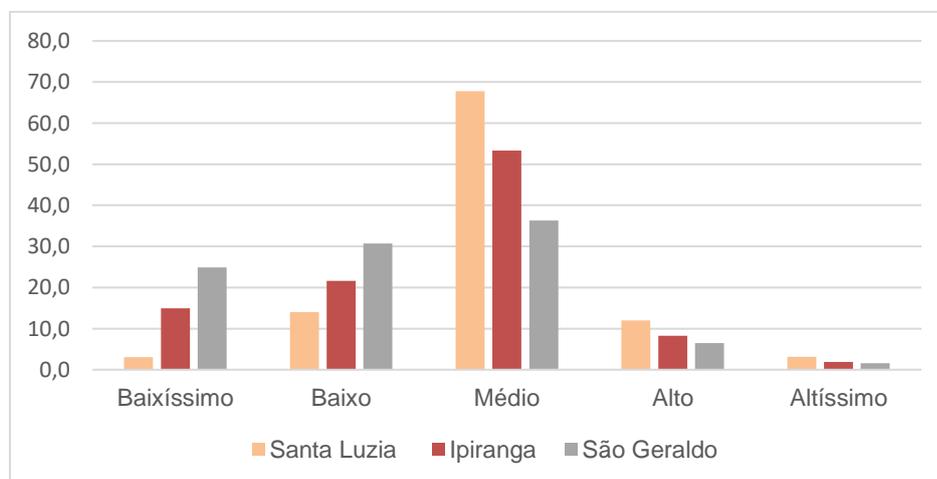


Figura 09: Porcentagem das classes de potencial de aquecimento por Região Urbana. **Fonte:** Organizado pelos autores.

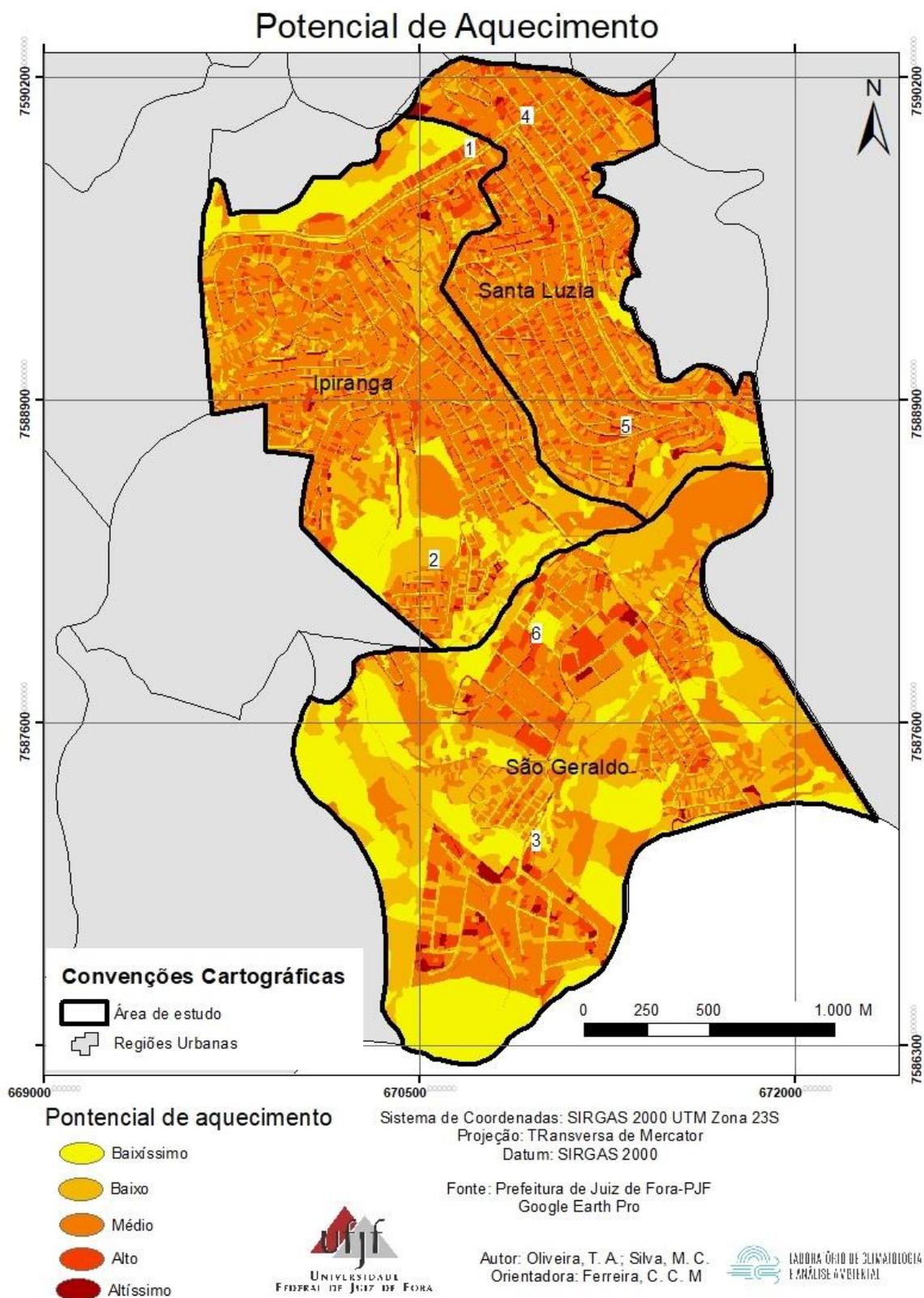


Figura 10: Mapa de potencial de aquecimento, nas Rus Santa Luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora-MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Ao analisarmos os dados de temperatura de superfície (Figura 11), e os dados do mapa de potencial de aquecimento (Figura 10), foi identificado nas Regiões Urbanas Santa Luzia e Ipiranga

as maiores temperaturas de superfície, atingindo os valores máximos de 31,2°C. Devido a elevada circulação de veículos e de pessoas, alta densidade populacional, caracterizando como uma RU residencial alternando porções com uso comercial, além de uma baixa presença de cobertura vegetal. No entanto, na RU Ipiranga alguns setores compreendem áreas vegetadas, que respondem com baixíssimo e baixo potencial de aquecimento e com temperaturas de superfície mais amenas.

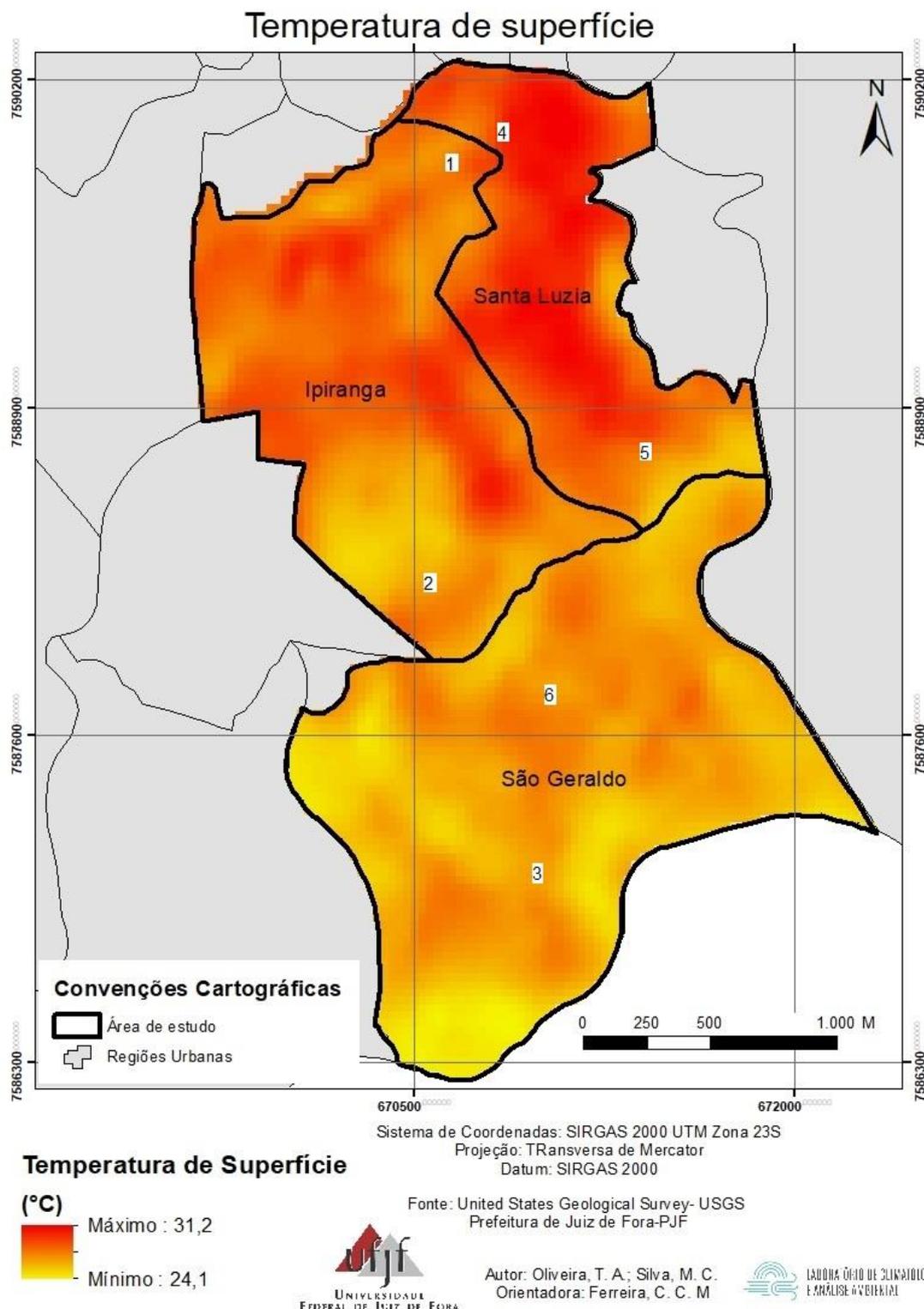


Figura 11: Mapeamento da temperatura de superfície, para as Rus Santa Luzia, Ipiranga e São Geraldo, cidade de Juiz de Fora-MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

No caso da RU São Geraldo as porções com a temperatura de superfície mais elevadas ficaram por conta das áreas ocupadas pelas edificações mais verticalizadas (Figura 12) além das áreas com vegetação rasteira esparsa e/ou solo exposto. Nas porções com maior cobertura vegetal, verifica-se as áreas com temperatura de superfície mais baixa, inferior a 27°C (Figura 10).

Na Figura 12 é possível observar alguns alvos que foram fotografados em campo e apontados como fotografias 1, 2, 3, 4, 5, 6 (Figuras 13, 14, 15, 16) no mapa de temperatura de superfície (Figura 11) e no mapa de potencial de aquecimento (Figura 10).

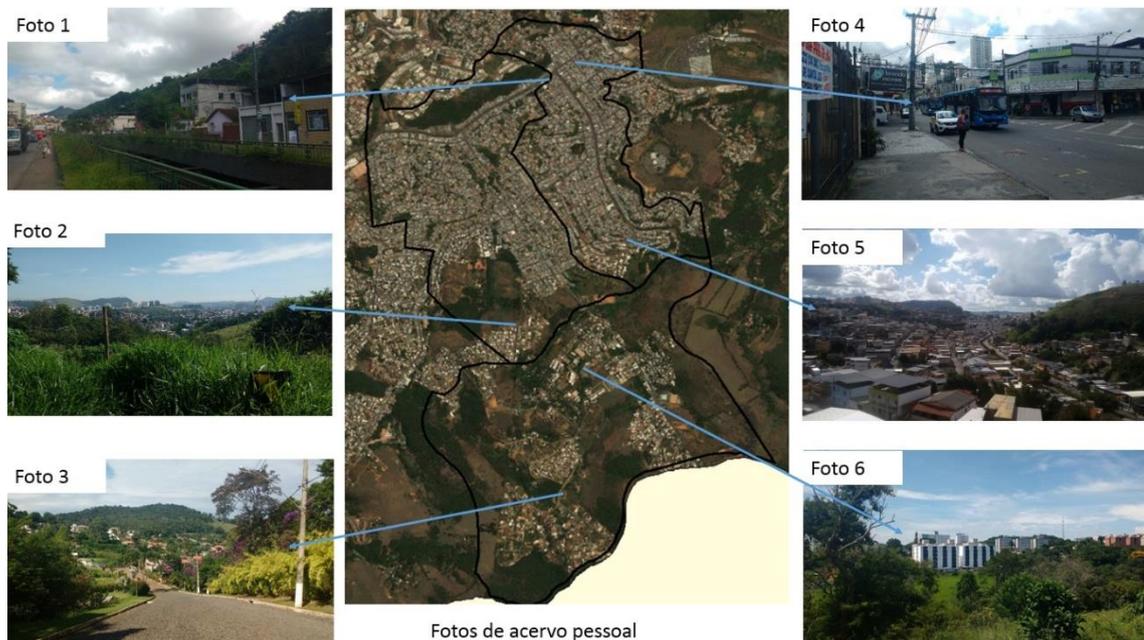


Figura 12: Localização das fotografias de campo na área de estudo; **Fonte:** Organizado pelos autores.

No ponto 1 (Figura 13), tirada na avenida Ibitiguiaia, é possível observar um fragmento de mata posicionado na vertente, este influencia no arrefecimento das temperaturas de superfície naquela porção, da mesma forma que no ponto 2, tirada na RU Ipiranga, é possível notar a presença de vegetação e no mapa de temperatura de superfície respondendo com temperaturas mais baixas (Figura 11).

Ponto 1

Ponto 2



Figura 13: Fotografia 1: Av. Ibitiguaia, na Ru Santa Luzia; e Fotografia 2: Área com vegetação rasteira na RU Ipiranga. **Fonte:** Acervo pessoal, organizado pelos autores.

Em ambos os pontos, 1 e 2, é possível observar a relação entre o potencial de aquecimento e o mapeamento termal, no caso do ponto 1, a presença de vegetação a direita da avenida (pelo sentido de tomada da foto), bem como a inexistência de construção engendrou um baixíssimo potencial de aquecimento (Figura 10), e no mapa de temperatura de superfície (Figura 11) esse ponto atinge valores mais baixos, comparados ao restante da área de estudo, atingindo os 30°C.

No ponto 3 (Figura 14) representa um loteamento “Fazendinhas do Ipiranga” com um uso relacionado a granjas, na região urbana São Geraldo, tem uma menor densidade de ocupação, menor circulação de veículos e pessoas, e nesse sentido apresenta temperaturas de superfície mais baixas (Figura 11), bem como potencial de aquecimento baixo e médio em alguns pontos (Figura 10).

Ponto 3



Figura 14: Loteamento “Fazendinhas do Ipiranga” na RU São Geraldo. **Fonte:** Acervo pessoal, organizado pelos autores.

Os pontos 4 e 5 (Figura 15) registram a região urbana Santa Luzia, no ponto 4, destaque para Av. Ibitiguaia onde se concentram atividades comerciais, bem como intenso fluxo de veículos e pessoas repercutindo em temperaturas de superfície mais elevadas (Figura 11). No ponto 5 destaque para a ocupação mais adensada na mesma RU, Santa Luzia, localizada numa vertente de orientação Leste/ Nordeste e nesse sentido pode ter influenciado junto com o próprio adensamento urbano para as temperaturas de superfície mais elevadas (Figura 11).



Figura 15: Fotografia 04: RU Santa Luzia, Rua Ibitiguaiá, área comercial e Fotografia 05: Área mais adensada da RU Santa Luzia. **Fonte:** Acervo pessoal, organizado pelos autores.

Na RU, Santa Luzia, os pontos 4 e 5 (Figura 15) correspondem a porções em que a ocupação urbana tem um maior adensamento, evidenciando uma concentração de pontos com médio e alto potencial de aquecimento (Figura 10). Nesse sentido, os valores de temperatura de superfície encontrados foram mais elevados, superando os 30°C em superfície (Figura 11).

No ponto 6 (Figura 16), é possível notar algumas verticalizações, associado a conjuntos habitacionais populares, representando no mapa de potencial de aquecimento (Figura 10) com médio e alto potencial, e paralelamente a isso ainda são encontradas granjas de uso rural com a preservação da cobertura vegetal e que responderam ao modelo com baixo potencial de aquecimento e temperaturas de superfície mais baixas.

Ponto 06



Figura 16: Área ocupada por um Conjunto Habitacional Popular e outra porção de cobertura vegetal associada a uma área ocupada por granjas, na RU São Geraldo. **Fonte:** Acervo pessoal, organizado pelos autores.

4.1- Relação entre o potencial de aquecimento e a temperatura de superfície

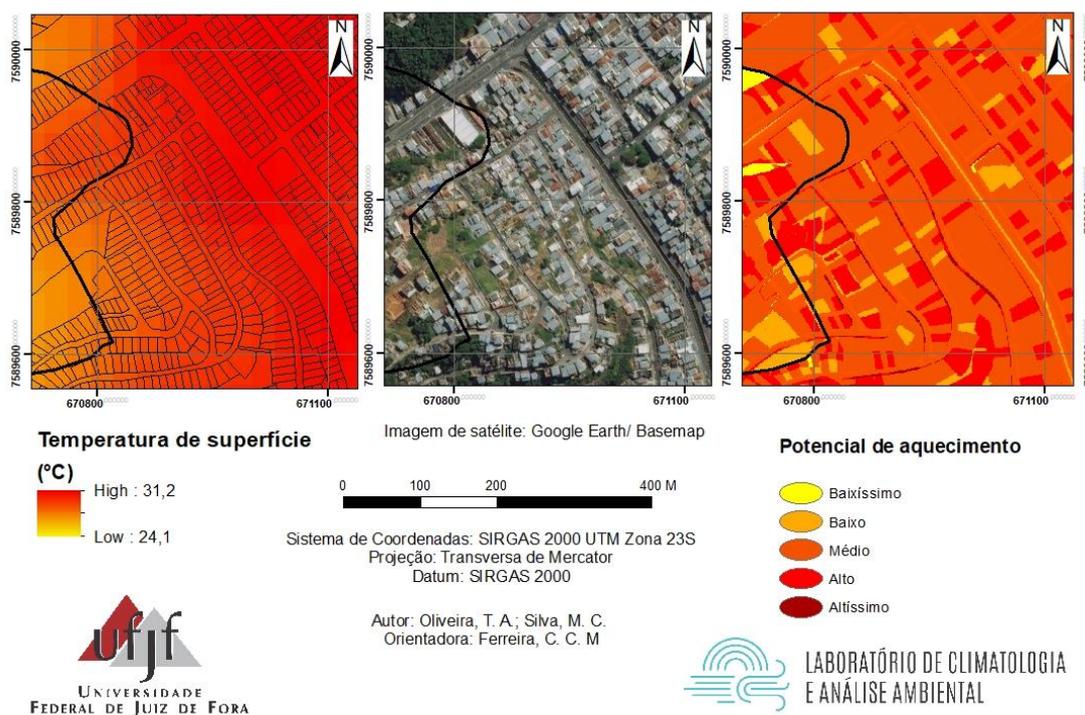


Figura 17: Potencial de aquecimento e temperatura de superfície na RU Santa Luzia, da cidade de Juiz de Fora-MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Na Figura 17, observa-se um comparativo entre o potencial de aquecimento e a imagem termal, é possível notar que os pontos caracterizados como médio e alto potencial de aquecimento responderam às temperaturas de superfície mais elevadas, principalmente nas porções com maior adensamento construtivo.

Na RU Ipiranga (Figura 18), concentram-se principalmente edificações com um uso residencial, que utilizam sobretudo a laje ou a telha metálica como cobertura (Tabela 06). Dessa forma um adensamento de construções e ruas movimentadas na posição central do recorte da Figura 18 demonstra um adensamento de pixels nas classes médio e alto potencial de aquecimento, associado ao comportamento mais elevado da temperatura de superfície, superando os 31°C.

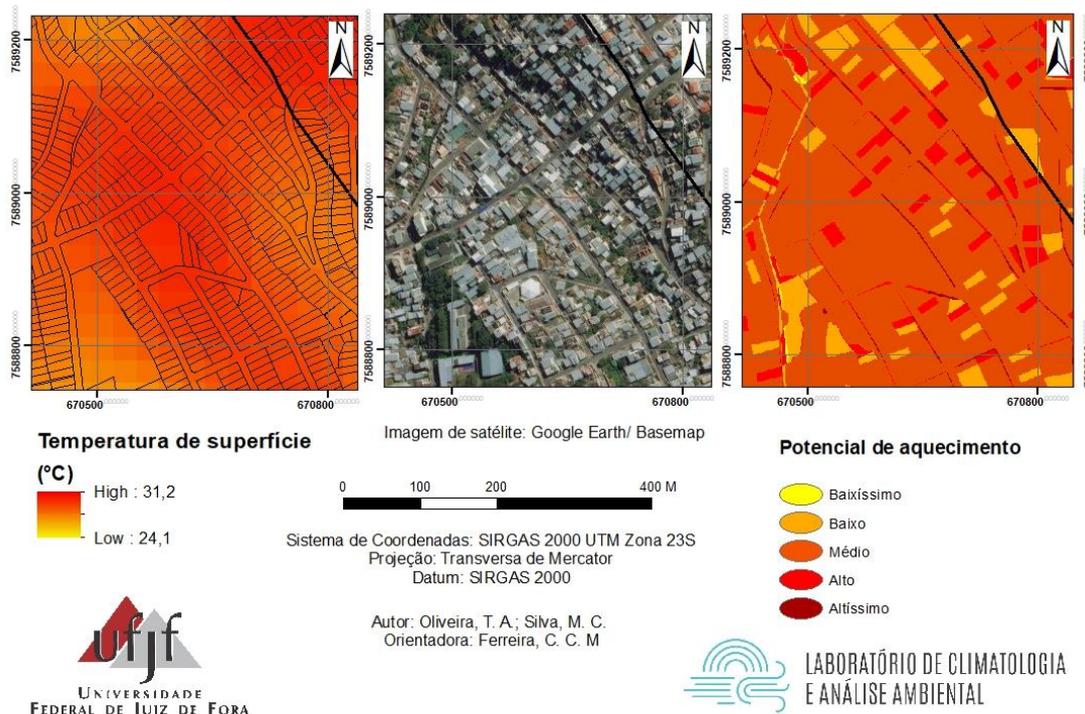


Figura 18: Potencial de aquecimento e temperatura de superfície na RU Ipiranga, cidade de Juiz de Fora-MG. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Na Região Urbana São Geraldo é possível notar que a retirada da vegetação para a abertura de um loteamento fechado repercutiu no comportamento da temperatura de superfície (Figura 19), sendo que o novo uso da terra gerou porções com um médio potencial de aquecimento. No entanto, como nessa RU os lotes são maiores e com um menor adensamento de construções a temperatura de superfície, se comparada às outras regiões urbanas, no foi inferior a 30°C.

Cabe ainda destacar que na porção representada pela Figura 19 as áreas com cobertura vegetal arbórea se comportaram com a menor temperatura de superfície da porção representada (Figura 8 e 17).

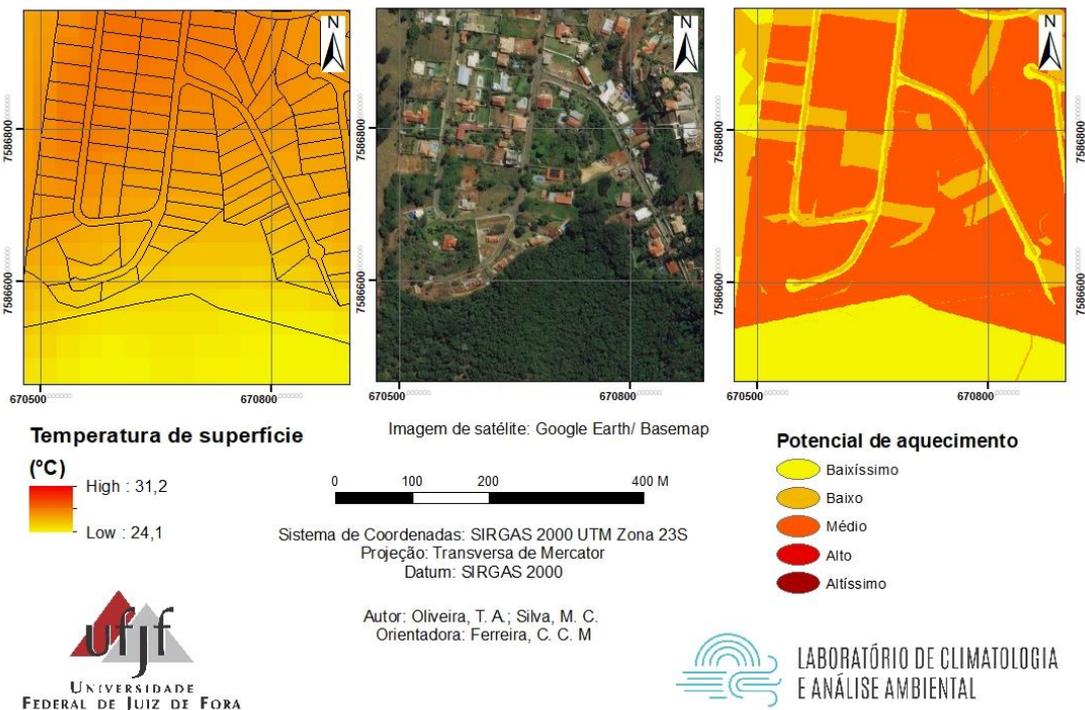


Figura 19: Potencial de aquecimento e temperatura de superfície na RU São Geraldo, na cidade de Juiz de Fora-MG.
Fonte: Organizado pelos autores.

5- Considerações finais

A metodologia proposta permitiu identificar as áreas com alto potencial de aquecimento a partir das variáveis de superfície e essas áreas responderam com temperatura de superfície mais elevadas, demonstrando a correspondência entre o modelo e a temperatura de superfície derivada de uma imagem termal.

As áreas com presença de vegetação arbórea se comportaram como áreas mitigadoras da temperatura de superfície, tanto no modelo, com baixo potencial de aquecimento, como no mapeamento termal, com temperaturas de superfície mais baixas, no entanto as áreas de solo exposto, estiveram entre as áreas responderam com temperaturas de superfície mais elevadas.

As áreas mais adensadas, como a RU Santa Luzia, com maior massa construída, maior verticalização e fluxo de veículos automotores e menor presença de cobertura vegetal tiveram um maior número de pixels nas classes de médio, alto e altíssimo potencial de aquecimento, assim como registraram as maiores temperaturas de superfície.

Além disso, deve-se atentar para a influência da vegetação no arrefecimento das temperaturas, na área de estudo a supressão desta em detrimento de uma ocupação urbana repercutiu em potenciais de aquecimento mais elevados, bem como temperaturas de superfície mais elevadas.

Referências bibliográficas

- ASSIS, D. C. **O comportamento térmico associado às variáveis de cobertura da terra na região central de Juiz de Fora-MG**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.
- FERREIRA, C. C. M. Modelo para análise das variáveis de cobertura da terra e a identificação de microclimas, em centros urbanos. **Revista Brasileira de Climatologia**, V.14, p.50-75, 2014.
- FERREIRA, C. C. M.; ASSIS, D. C. O mapeamento do albedo e análise de sua influência na caracterização de microclimas de áreas urbanas. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (Orgs.) **Experimentos em climatologia geográfica**. Editora UFGD: Dourados, 2014.
- FIALHO, E. S. **Ilha de Calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na Zona da mata Mineira**. Tese de doutorado (em Geografia Física), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, 2009.
- PIMENTEL, F. O. **Clima Urbano: o uso de modelos geoespaciais na investigação do conforto térmico em Juiz de Fora-MG**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017. PJJ: PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Juiz de Fora Sempre**: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG: FUNALFA Edições, 2004.
- MONTEIRO, C. A.F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo Contexto, 2. Ed. 2013.
- SANT'ANNA NETO, J. L.; RAMPAZZO, C, R. Geoindicadores urbanos para o estudo dos processos termodinâmicos do clima de 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**, Jundiaí: Paco Editorial, 2016.
- SANTOS, A. R.; EUGÊNIO, F. C.; SOARES, V. P.; MOREIRA, M. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; BARROS, K. O. **Sensoriamento remoto no ArcGis 10.2.2-** Passo a passo: processamento de imagens orbitais. Alegre: CAUFES, V.1, 2014.
- VIANNNA, Y. C. G. **Modelagem e identificação de ilhas de calor em Ubá**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.